

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
МИНИСТЕРСТВО ЗДРАВООХРАНЕНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ «БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ ИНФОРМАТИКИ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ»
ГОСУДАРСТВЕННОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ «БЕЛОРУССКАЯ
МЕДИЦИНСКАЯ АКАДЕМИЯ ПОСЛЕДИПЛОМНОГО ОБРАЗОВАНИЯ»

МЕДЭЛЕКТРОНИКА–2018
СРЕДСТВА МЕДИЦИНСКОЙ ЭЛЕКТРОНИКИ
И НОВЫЕ МЕДИЦИНСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ

СБОРНИК НАУЧНЫХ СТАТЕЙ
XI МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ
КОНФЕРЕНЦИИ

(Минск, Республика Беларусь, 5–6 декабря 2018 года)

УДК 621.38:61
ББК 32.85+51
М42

М42 **Медэлектроника–2018.** Средства медицинской электроники и новые медицинские технологии : сб. науч. ст. XI Междунар. науч.-техн. конф. (Минск, Республика Беларусь, 5–6 декабря 2018 года). – Минск : БГУИР, 2018 – 285 с.
ISBN

В сборнике опубликованы результаты научных исследований и разработок в области медицинской техники и новых медицинских технологий, реализации прогрессивных методов и средств диагностики и терапии, научно-технические достижения в создании приборов, аппаратуры, инструментов и медико-технических комплексов.

Сборник рассчитан на ученых, инженеров и врачей, работающих в областях научных исследований, разработки, производства, реализации и эксплуатации медицинской техники и новых медицинских технологий, а также на студентов медико-технических специальностей высших учебных заведений.

УДК 621.38:61
ББК 32.85+51

ISBN

© УО «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники», 2018

Сердечно приветствуем участников и гостей

XI Международной научно-технической конференции «Средства медицинской электроники и новые медицинские технологии» («Медэлектроника-2018»).

Решение важнейшей задачи человечества – обеспечение здоровья, достойного качества жизни людей и их долголетия – лежит на стыке многих областей знаний и требует объединения усилий ученых, врачей, инженеров разных стран. Ещё один шаг к такому объединению – настоящая конференция.

Желаем участникам конференции плодотворной работы и успехов в создании и освоении новых технологий медицины XXI века.

Программный и организационный комитеты
XI Международной научно-технической конференции
«МЕДЭЛЕКТРОНИКА-2018».

ПРОГРАММНЫЙ КОМИТЕТ

Сопредседатели:

Богуш В.А., д.ф.-м.н., профессор, ректор Белорусского государственного университета информатики и радиоэлектроники, Беларусь;

Ниткин Д.М., д.м.н., ректор Белорусской медицинской академии последипломного образования, Беларусь;

Кульчицкий В.А., д.м.н., профессор, академик НАНБ, Заместитель директора по научной работе ГНУ «Институт физиологии НАН Беларуси», Беларусь.

Члены программного комитета:

Воропай Е.С., д.ф.-м.-н., профессор, Белорусский государственный университет, Беларусь;

Герасименко М.А., д.м.н., профессор, директор ГУ «Республиканский научно-практический центр травматологии и ортопедии», Беларусь;

Дик С.К., к.ф.-м.н., доцент, первый проректор, Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, Беларусь;

Достанко А.П., д.т.н., профессор, академик НАНБ, Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, Беларусь;

Камышников В.С., д.м.н., профессор, зав. кафедрой, Белорусская медицинская академия последипломного образования, Беларусь;

Киселев М.Г., д.т.н., профессор, зав. кафедрой, Белорусский национальный технический университет, Беларусь;

Кратенок В.Е. к.м.н. заведующий лабораторией, РНПЦ Медицинских технологий, информатизации, управления и экономики здравоохранения, Беларусь;

Кугейко М.М., д.ф.-м.н., профессор, зав. кафедрой, Белорусский государственный университет, Беларусь;

Лихачев С.А., д.м.н., профессор, зав. неврологическим отделом РНПЦ неврологии и нейрохирургии, Беларусь.

Лихачевский Д.В., к.т.н., доцент, декан факультета компьютерного проектирования, БГУИР, Беларусь;

Маскевич С.А., д. ф.-м.н., профессор, директор, МГЭИ им. А.Д. Сахарова, Беларусь;

Мрочек А.Г., д.м.н., профессор, академик НАН Беларуси, директор, РНПЦ "Кардиология", Беларусь;

Осипов А.Н., к.т.н., доцент, проректор по научной работе, Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, Беларусь.

Рубникович С.П., д.м.н., профессор, заведующий кафедрой ортопедической стоматологии и ортодонтии с курсом детской стоматологии БелМАПО;

Руденок В.В., д.м.н., профессор, проректор по международным связям, Белорусский государственный медицинский университет, Беларусь;

Сачек М.М. д.м.н., доцент, директор, РНПЦ медицинских технологий, информатизации, управления и экономики здравоохранения, Беларусь;

Сиваков А.П., д.м.н., профессор, зав. кафедрой, Белорусская медицинская академия последипломного образования, Беларусь;

Смычек В.Б., д.м.н., профессор, директор НИИ медико-социальной экспертизы и реабилитации МЗ РБ, Беларусь;

Тузиков А.В., д. ф.-м. н., профессор, член-корреспондент НАН Беларуси, генеральный директор, Объединенный институт проблем информатики НАНБ, Беларусь;

Sontea V.,Dr-Ing., Prof., Head of the Department Microelectronics and Semiconductor Devices, Director of the International Center for Microelectronic Systems Engineering and Biomedical Devices, Technical University of Moldova, Moldova.

ОРГАНИЗАЦИОННЫЙ КОМИТЕТ

Руководители:

Дик С.К., первый проректор, к.ф-м.н., доцент, БГУИР;

Осипов А.Н., проректор по научной работе, к.т.н., доцент, БГУИР.

Члены комитета:

Бондарик В.М., к.т.н.; **Давыдов М.В.**, к.т.н.; **Камлач П.В.**, к.т.н.; **Кашицкий Э.С.**, к.м.н.;

Котухов А.В., **Кузнецов Д.Ф.**, **Лихачевский Д.В.**, к.т.н., **Мадвейко С.И.**, к.т.н.,

Меженная М.М., к.т.н., **Ревинская И.И.**, **Сиваков А.П.**, д.м.н., **Ситник Г.Д.**, к.м.н.;

Смирнов В.Л., **Шичко Л.А.**

ОРГАНИЗАТОРЫ КОНФЕРЕНЦИИ

Министерство образования Республики Беларусь

Министерство здравоохранения Республики Беларусь

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники

Белорусская медицинская академия последипломного образования

СОДЕРЖАНИЕ

АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ КРИОТЕРАПИИ НА ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ МЕМБРАН ЛИМФОЦИТОВ У ПАЦИЕНТОВ С РЕВМАТОИДНЫМ АРТРИТОМ И.В. ПУХТЕЕВА, Н.В. ГЕРАСИМОВИЧ, Л.А. МАЛЬКЕВИЧ, А.А. МАХАНЁК, М.Л. ЛЕВИН	12
ОПТИКО-ЭЛЕКТРОННЫЕ КОМПЬЮТЕРНЫЕ КОМПЛЕКСЫ «ХРОМОСОМА», «ХРОМОСОМА-FISH» ДЛЯ МАСОВЫХ ЦИТОГЕНЕТИЧЕСКИХ ОБСЛЕДОВАНИЙ НАСЕЛЕНИЯ В ПОСТ-ЧЕРНОБЫЛЬСКИЙ ПЕРИОД В.И.ИВАНОВ, Н.И.ИВАНОВ, А.Н.ЛАЗАРЧИК	15
НОВЫЕ АЭРОКОСМИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ ИССЛЕДОВАНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ И КЛИМАТА С.А. ЛЫСЕНКО, С.Л. ОЩЕПКОВ	19
ВНЕДРЕНИЕ МЕТАБОЛОМНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В МЕДИЦИНСКУЮ ПРАКТИКУ: ВЭЖХ ПРИ ИЗУЧЕНИИ АМИКИСЛОТНОГО СПЕКТРА МОЧИ КАК МЕТОД ПОИСКА БИОМАРКЕРОВ КАМНЕОБРАЗОВАНИЯ В МОЧЕВЫХ ПУТЯХ Т.М. ЮРАГА, Н.А. ГРЕСЬ, В.С. КАМЫШНИКОВ, А.А.СИВАКОВ	23
ПЛАТФОРМА СКРИНИНГОВОГО ОБСЛЕДОВАНИЯ СЛУХА У ДЕТЕЙ РАННЕГО ШКОЛЬНОГО ВОЗРАСТА НА ОСНОВЕ СМАРТФОНА М.И. ВАШКЕВИЧ ¹ , О.Г. ХОРОВ ² , А.А. ПЕТРОВСКИЙ ¹	25
ИК СПЕКТРОСКОПИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРЫ ИСХОДНЫХ МАТРИЦ НА ОСНОВЕ ПОЛИЭТИЛЕНА И ПОЛИПРОПИЛЕНА ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ БИОСПЕЦИФИЧЕСКИХ СОРБЕНТОВ Е.В. КОРОЛИК, М.В. ГОЛЬЦЕВА, В.А. ЖУКОВСКАЯ, Г.Г. ЛУБНЕВСКАЯ, А.А. ИВАНОВ .	28
АНАЛИЗ СТРУКТУРЫ И СВЯЗЫВАЮЩЕЙ СПОСОБНОСТИ ОСНОВНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ БЕЛКОВ ПЛАЗМЫ КРОВИ ПАЦИЕНТОВ С ДИСЛИПИДЕМИЕЙ МЕТОДАМИ ИК СПЕКТРОСКОПИИ И ФЛУОРЕСЦЕНТНОГО ЗОНДИРОВАНИЯ Е.В. КОРОЛИК, А.А. ИВАНОВ, Н.И. ИНСАРОВА, В.Г. ЛЕЩЕНКО, А.Э. ДИКЕВИЧ, А.К. КОРОЛИК, В.В.КИРКОВСКИЙ	32
УСТРОЙСТВО ДЛЯ КОЛИЧЕСТВЕННОЙ ОЦЕНКИ И МОНИТОРИНГА ПОТООТДЕЛИТЕЛЬНОЙ ФУНКЦИИ КОЖИ ЧЕЛОВЕКА А.М. СТАСИШИНА, М.В. ДАВЫДОВ, С.С. СТЕБУНОВ, А.В. ВОРОБЕЙ	36
ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ПРАКТИКЕ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ СТУДЕНТОВ-МЕДИКОВ М.А. ШЕЛАМОВА, Н.И. ИНСАРОВА, В.А. МАНСУРОВ	40
ЦЕЛЕНАПРАВЛЕННОЕ ИЗМЕНЕНИЕ АКТИВНОСТИ ПОЛОВЫХ ХРОМОСОМ БИОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ СВЧ ИЗЛУЧЕНИЯ П.Д. КЛИМЕНКО, В.В. БАРАНОВ, И.М. БЕРТЕЛЬ, М.Д. КЛИМЕНКО, А.И. ЛЕВИН	43
МЕТОДИКА БЕСШОВНОГО СОЕДИНЕНИЯ СОСУДОВ А.Л. МАКОВСКИЙ.....	45
ЛЕЧЕНИЕ ЭНДОПЕРИОДОНТИТА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ ИНФРАКРАСНОЙ ОБЛАСТИ СПЕКТРА Ю.Л.ДЕНИСОВА, Н.И. РОСЕНИК.....	48
ФОРМИРОВАНИЕ У ЧЕЛОВЕКА НАВЫКА ТОЧНОГО ВОСПРОИЗВЕДЕНИЯ ЗАДАННЫХ ДВИЖЕНИЙ ЦЕНТРОМ ТЯЖЕСТИ ТЕЛА В.А. ДУБОВСКИЙ, Г.А. РОЗУМ, В.В. САВЧЕНКО	51
АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ ПОДГОТОВКИ НАУЧНЫХ РАБОТНИКОВ ВЫСШЕЙ КВАЛИФИКАЦИИ ПО ПРИОРИТЕТНЫМ СПЕЦИАЛЬНОСТЯМ В СФЕРЕ ИНФОРМАЦИОННО-КОММУНИКАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ Н.А. НИКОНЕНКО, А.К. СУТУРИН.....	54

ПРОБЛЕМЫ МИКРОКЛИМАТА В ЖИЛЫХ ПОМЕЩЕНИЯХ	
П.В. ДЕЙНЕКО	58
ПОЛИМЕРНЫЕ ВОЛОКНИСТЫЕ ЭЛЕКТРЕТНЫЕ МАТЕРИАЛЫ — ИННОВАЦИОННЫЕ СРЕДСТВА ФИЛЬТРАЦИИ МНОГОФАЗНЫХ СРЕД ОТ ДОЛГОЖИВУЩИХ РАДИОНУКЛИДОВ	
А.В. ЗУБАРЕВА, А.Г. КРАВЦОВ, М.В. ТУМИЛОВИЧ.....	59
ЛЕЧЕБНО-ДИАГНОСТИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ РАННЕГО ВЫЯВЛЕНИЯ И ТЕРАПИИ БОЛЕЗНЕЙ ОРГАНОВ ДЫХАНИЯ, ОТЯГОЩЕННЫХ ДЫХАТЕЛЬНОЙ И СЕРДЕЧНОЙ НЕДОСТАТОЧНОСТЬЮ, СИНДРОМОМ АПНОЭ-ГИПОПНОЭ	
А.В. ВОЛОТОВСКАЯ, Е.И. ДАВИДОВСКАЯ, О.Б. ЗЕЛЬМАНСКИЙ.....	62
НЕМЕДИКАМЕНТОЗНЫЕ МЕТОДЫ ЛЕЧЕНИЯ АРТЕРИАЛЬНОЙ ГИПЕРТОНИИ	
Г. А. МИХЕЙЧИК, К. В. РОСЛЯКОВ, КОЗЛОВ И.Г., ДАВЫДОВ М.В., ОСИПОВ А.Н.....	67
АЛГОРИТМ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ РЕЖИМАМИ РАБОТЫ ИНФРАКРАСНОЙ КАБИНЫ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ МОНИТОРИНГА ФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПОЛЬЗОВАТЕЛЯ	
М.М. МЕЖЕННАЯ, В.Ю. ДРАПЕЗА, М.Х.-М. ТХОСТОВ, Н.С. ДАВЫДОВА, М.В. ДАВЫДОВ	71
ОРГАНИЗАЦИЯ ПОВЫШЕНИЯ КВАЛИФИКАЦИИ СПЕЦИАЛИСТОВ САНАТОРНО- КУРОРТНОГО КОМПЛЕКСА РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ НА БАЗЕ ГРОДНЕНСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО МЕДИЦИНСКОГО УНИВЕРСИТЕТА	
В.А.СНЕЖИЦКИЙ, Н.В.МАЗУР, Л.А.ПИРОГОВА, Г.Н. ХОВАНСКАЯ	75
УЛУЧШЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ КАЧЕСТВА АЦП ПРИ РАБОТЕ В РЕЖИМЕ ЧЕРЕДОВАНИЯ ЗАСЧЕТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРОЦЕДУРЫ КАЛИБРОВКИ	
В.С. ШЕКУНОВ, С.П. УРБАНОВИЧ, ДАВЫДОВ М.В.	77
СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА КЛИМАТОГЕОГРАФИЧЕСКИХ ОСОБЕННОСТЕЙ КУРОРТНЫХ ЗОН БЕЛАРУСИ	
О.Л. БОГДАНОВИЧ, А.Н. КРАСОВСКИЙ, С.А. ЛЫСЕНКО	80
НЕИНВАЗИВНЫЙ АНАЛИЗАТОР КРОВИ В ЭКСТРЕННОЙ ДИАГНОСТИКЕ И ЛЕЧЕНИИ	
Т.Ю. САВИЦКАЯ, Т.А. ЯСТРЕБОВА, А.О. ЗАРОВСКАЯ, Е.П. ШМЕРКО	84
НОВЫЕ МЕТОДЫ ПСИХОДИАГНОСТИКИ И ПСИХОМЕТРИИ ПРИМЕНЯЕМЫЕ В САНАТОРНО-КУРОРТНОЙ ПРАКТИКЕ	
Н.В. МАЗУР, С.В. МИХАЛЬЧИК	86
ФРАКЦИОННАЯ СО ₂ -ЛАЗЕРНАЯ КОРРЕКЦИЯ ГИПЕРТРОФИЧЕСИХ И АТРОФИЧЕСКИХ РУБЦОВ КОЖИ АППАРАТОМ «ЭвоМАТРИКС»	
Е.Н. МАЙСЕНЯ, Н.М. ЯКОВЕЦ, Е.В. ГУЛЕВИЧ.....	88
ОСОБЕННОСТИ ВНЕДРЕНИЯ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ РАБОТЫ МАШИННОГО ПАРКА СТАНЦИИ СКОРОЙ МЕДИЦИНСКОЙ ПОМОЩИ	
М.А. МАСНЫЙ	91
БИОКЛИМАТИЧЕСКИЕ РЕСУРСЫ САНАТОРИЯ «ЖЕМЧУЖИНА»	
А.А. НОВАЦКАЯ, С.Т. ЗАРЕЦКАЯ, А.В. ФЕДЮК, М.М. ЖМИНДА, Н.В. МАЗУР	95
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДИАМЕТРА ВИДИМЫХ СОСУДОВ БУЛЬБАРНОЙ КОНЪЮНКТИВЫ ГЛАЗА	
В.А. ФИРАГО, А.И. КУБАРКО	98
УСТАНОВКА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ АКУСТИЧЕСКОЙ КАВИТАЦИИ В СУСПЕНЗИЯХ КЛЕТОК И ИМИТАТАХ БИОЛОГИЧЕСКИХ СТРУКТУР	
А.В. КОТУХОВ, А.М. СКОПЦОВ, В.С. МИНЧУК, Н.В. ДЕЖКУНОВ	102
КОМПЬЮТЕРНАЯ СИСТЕМА ДЛЯ ПСИХОЛОГИЧЕСКОЙ РАЗГРУЗКИ СОТРУДНИКОВ ОРГАНИЗАЦИИ	
И.Г. ШУПЕЙКО, А.Ю. ЯЦКЕВИЧ, А.Н.ЕЖОВ	107

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БИОКЛИМАТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ ЛАНДШАФТНОГО ЗАКАЗНИКА «ОЗЁРЫ» В ОЗДОРОВЛЕНИИ И САНАТОРНО-КУРОРТНОМ ЛЕЧЕНИИ. Н.В. МАЗУР, Л.А.ПИРОГОВА, Т.Л.НИКИТЮК, Э.С. КАШИЦКИЙ, А.В.ПУТИЛО, А.М.КУПРАШЕВИЧ, В.А.КУРАТЧИК.....	110
ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ МИНЕРАЛЬНОЙ ЛЕЧЕБНО-СТОЛОВОЙ ВОДЫ «ДАРИДА» НА ПАЦИЕНТОВ С МЕТАБОЛИЧЕСКИМ СИНДРОМОМ Г. Н. ХОВАНСКАЯ, Н. В. МАЗУР, Д.В.НЕВЕРОВИЧ.....	112
ВЛИЯНИЕ ОБЩЕЙ ГАЗОВОЙ КРИОТЕРАПИИ НА АКТИВНОСТЬ ПРОВОСПАЛИТЕЛЬНЫХ ЦИТОКИНОВ У ПАЦИЕНТОВ РЕВМАТОИДНЫМ АРТРИТОМ Л.А. МАЛЬКЕВИЧ, А.И.УСТИНОВА, С.М.КОШИНА	116
ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРИ АТОПИЧЕСКОМ ДЕРМАТИТЕ У ДЕТЕЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ФИТОКОРРЕКЦИИ Н.А. ОГРЕНИЧ, И.М. МАЛОЛЕТНИКОВА, М.А. МАЛЬШКО, А.Н. ОГРЕНИЧ.....	120
МЕТОДИКА И АППАРАТНО-ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС БИОЛОГИЧЕСКОЙ ОБРАТНОЙ СВЯЗИ ДЛЯ КОРРЕКЦИИ СОСТОЯНИИ ЦЕНТРАЛЬНОЙ НЕРВНОЙ СИСТЕМЫ А.П. КЛЮЕВ, П.П. КОРОЛЕВИЧ, Т.В. ДОКУКИНА, Н.Н. МИСЮК, А.Н. ОСИПОВ	124
РАСПРОСТРАНЕНИЕ МИНЕРАЛЬНЫХ ВОД В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ Н.В. МАЗУР.....	127
ИССЛЕДОВАНИЕ НАНОРАЗМЕРНЫХ МИЦЕЛЛ ИЗ СОПОЛИМЕРОВ – НОСИТЕЛЕЙ ФОТОСЕНСИБИЛИЗАТОРОВ Т.Е. ЗОРИНА, И.Е. КРАВЧЕНКО, Л.В. БАРАН, ¹ С. БИСВОЗ, В.П. ЗОРИН.....	130
ЗАЩИТА ДАННЫХ В МЕДИЦИНСКИХ СИСТЕМАХ НА ОСНОВЕ РАСПРЕДЕЛЕННОГО ГОМОМОРФНОГО КОДИРОВАНИЯ С. Б. САЛОМАТИН	134
ДИАГНОСТИЧЕСКАЯ ЗНАЧИМОСТЬ БИОХИМИЧЕСКИХ МАРКЕРОВ ПРЕДИКТОРОВ АЛЛЕРГИЧЕСКИХ РЕАКЦИЙ Н.В. НАСИБЯНЦ	140
СОВРЕМЕННЫЕ ОЗДОРОВИТЕЛЬНЫЕ ПРОГРАММЫ САНАТОРИЯ «ОЗЁРНЫЙ» А.М. КУПРАШЕВИЧ, В.А. КУРАТЧИК, Г.В. ЯКУБЕНКО, Т.Л. НИКИТЮК, Д.В. КОСТЯНЕЦКИЙ, Н.В. МАЗУР, Г. Н. ХОВАНСКАЯ	143
СОВРЕМЕННЫЕ МЕДИЦИНСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ НА ПРИМЕРЕ АППАРАТА «ДИМ-1» Н.В. НАСИБЯНЦ, П.Т. ЖУРКО, О.М. СОЛОВЕЙ, Е.А. ВОРОБЬЕВА.....	145
ИЗОТОПЫ РАДОНА И ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРИ ВОДОЛЕЧЕНИИ В САНАТОРИИ «РАДОН» С.Н.СОКОЛОВСКАЯ, КАРПИШЕВИЧ Л.Г., МИНЬКО Н.П., ПОНОМАРЕВ В.А.	148
СОЧЕТАННОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ РАДОНОТЕРАПИИ С ОЗОНОТЕРАПИЕЙ И КАРБОКСИТЕРАПИЕЙ В ПРОФИЛАКТИКЕ И ЛЕЧЕНИИ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ НАРУШЕНИЙ ПРИ МЕТАБОЛИЧЕСКОМ СИНДРОМЕ. КАРПИШЕВИЧ Л.Г., МИНЬКО Н.П., БЕРДОВСКАЯ И.А., ПОНОМАРЕВ В.А., ПИРОГОВА Л.А., МАЗУР Н.В.	154
МЕТОД АНАЛИЗА РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ПОРФИРИНОВЫХ ФОТОСЕНСИБИЛИЗАТОРОВ МЕЖДУ КОМПОНЕНТАМИ СЫВОРОТАМИ КРОВИ ЖУКОВ К.А., БОРИСОВ К.Н., ЯКОВЕЦ И.В., ЗОРИН В.П.....	158
ВЛИЯНИЕ ХИМИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ АРИЛЗАМЕЩЕННЫХ ПОРФИРИНОВ НА ПРОЦЕССЫ ИХ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ С β -ЦИКЛОДЕКСТРИНАМИ БОРИСОВ К.Н., ЖУКОВ К.А., ЯКОВЕЦ И.В., ЗОРИН В.П.....	161
ОЦЕНКА ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ СТАТОКИНЕТИЧЕСКОЙ УСТОЙЧИВОСТИ ДОСТУПНЫМИ ИГРОВЫМИ СИСТЕМАМИ ВИРТУАЛЬНОЙ РЕАЛЬНОСТИ	

И.П. МАРЬЕНКО, С.А. ЛИХАЧЕВ, М.П. МОЖЕЙКО, М.В. ЮРЧЕНКО, Н.А. СУША, Е.С. ИВАНИЦКИЙ, А.В. КАЧАНОВСКИЙ	162
ПРИМЕНЕНИЕ МАГНИТНОЙ СТИМУЛЯЦИИ ПРИ ЗАБОЛЕВАНИЯХ ОРГАНОВ МОЧЕПОЛОВОЙ СИСТЕМЫ В УСЛОВИЯХ САНАТОРИЯ	
СЫСОЙ Т.С., ЯКУБОВИЧ Н.А.	164
ВОЗМОЖНОСТИ ВЕРИФИКАЦИИ МЕТОДА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВНУТРЕННЕГО ДИАМЕТРА ВИДИМЫХ СОСУДОВ БУЛЬБАРНОЙ КОНЪЮНКТИВЫ ГЛАЗА ЧЕЛОВЕКА С ПОМОЩЬЮ МЕТОДА МОНТЕ-КАРЛО	
Д.А. СМУНЕВ	168
ОПРЕДЕЛЕНИЕ КАПИЛЛЯРНОГО ДАВЛЕНИЯ ТКАНЕЙ ПЕРИОДОНТА ПРИ ПРОТЕЗИРОВАНИИ ДЕФЕКТОВ ЗУБОВ И ЗУБНЫХ РЯДОВ	
С.П. РУБНИКОВИЧ, Л.А. ДЕНИСОВ, Ю.Л. ДЕНИСОВА	171
ИССЛЕДОВАНИЕ КАЧЕСТВА ВИНТОВОГО СОЕДИНЕНИЯ В СИСТЕМЕ «ДЕНТАЛЬНЫЙ ИМПЛАНТАТ-АБАТМЕНТ» ПРИ ЦИКЛИЧЕСКИХ НАГРУЖЕНИЯХ	
С.П. РУБНИКОВИЧ, С.В. ПРЯЛКИН, В.Н. БУСЬКО	173
МЕТОД ЦИФРОВОЙ ДИАГНОСТИКИ ОККЛЮЗИИ ЗУБОВ У СТОМАТОЛОГИЧЕСКИХ ПАЦИЕНТОВ	
С.П. РУБНИКОВИЧ, А.И. МАЙЗЕТ, И.Н. БАРАДИНА	175
ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МЕСТНЫХ АНТИСЕПТИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ПРИ ЛЕЧЕНИИ ВОСПАЛЕНИЯ ТКАНЕЙ ДЕСНЫ И СЛИЗИСТОЙ ОБОЛОЧКИ ПОЛОСТИ РТА У ПАЦИЕНТОВ С НЕСЪЕМНЫМИ ОРТОДОНТИЧЕСКИМИ АППАРАТАМИ	
С.П. РУБНИКОВИЧ, Е.В. КУЗЬМЕНКО, Я.И. ТИМЧУК, В.А. АНДРЕЕВА	179
ПРИМЕНЕНИЕ КОМПОЗИТНО-АРМИРОВАННОЙ КУЛЬТЕВОЙ ШТИФТОВОЙ ВКЛАДКИ ПРИ ПРОТЕЗИРОВАНИИ ПОЛНОГО ДЕФЕКТА КОРОНКОВОЙ ЧАСТИ ЗУБА.	
А.Д. ФИСЮНОВ, С.П. РУБНИКОВИЧ	182
ЦИФРОВАЯ ДИАГНОСТИКА ЗВУКОВЫХ ЯВЛЕНИЙ У ПАЦИЕНТОВ С ЗАБОЛЕВАНИЯМИ ВИСОЧНО-НИЖНЕЧЕЛЮСТНОГО СУСТАВА	
С.П. РУБНИКОВИЧ, И.Н. БАРАДИНА, А.И. МАЙЗЕТ, Д.М. БОРОДИН, В.Т. МИНЧЕНЯ ...	187
ПРИМЕНЕНИЕ УЛЬТРАЗВУКА ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ ОСТЕОИНТЕГРАЦИИ ДЕНТАЛЬНЫХ ИМПЛАНТАТОВ	
С.П. РУБНИКОВИЧ, И.С.ХОМИЧ	190
ОЦЕНКА РЕНТГЕНОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА ЭНДОДОНТИЧЕСКОГО ЛЕЧЕНИЯ ПОСЛЕ ПРИМЕНЕНИЯ СТОМАТОЛОГИЧЕСКОГО УЛЬТРАЗВУКОВОГО АППАРАТА ОТЕЧЕСТВЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА «DENT-35» ПО ДАННЫМ КОНУСНО-ЛУЧЕВОЙ КОМПЬЮТЕРНОЙ ТОМОГРАФИИ	
С.П. РУБНИКОВИЧ, Ю.А. КОСТЕЦКИЙ	194
ВИДЕОАНАЛИЗ ДВИЖЕНИЙ В ОЦЕНКЕ ПРОИЗВОЛЬНОГО КОНТРОЛЯ ВЕРТИКАЛЬНОЙ ПОЗЫ ПРИ НЕЙРОДЕГЕНЕРАТИВНЫХ ЗАБОЛЕВАНИЯХ	
И.С. ГУРСКИЙ, С.А. ЛИХАЧЁВ, А.Г. БУНЯК, В.В. ВАЦИЛИН, Ю.Н. РУШКЕВИЧ, И.П. МАРЬЕНКО	199
МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ РЕЗУЛЬТАТОВ КОМПЬЮТЕРНОГО ТЕСТИРОВАНИЯ	
П.В.КАМЛАЧ, А.Г. КАПИТАНЧУК, Ф.Ф.СЕЛИВЕРСТОВ, В.И.КАМЛАЧ, И.И. РЕВИНСКАЯ, Д.П. КУНИЧНИКОВ	203
ПРИБОР ДЛЯ РЕГИСТРАЦИИ ПАРАМЕТРОВ ВНЕШНЕГО ДЫХАНИЯ	
И.И. РЕВИНСКАЯ, П.В. КАМЛАЧ, П.П. КОРОЛЕВИЧ, В.И. КАМЛАЧ, С.И. МАДВЕЙКО, А.Г. КАПИТАНЧУК, Д.П. КУНИЧНИКОВ	206

КОМПЛЕКСНОЕ ЛЕЧЕНИЕ ПАЦИЕНТОВ С БОЛЕЗНЯМИ ПЕРИОДОНТА В СОЧЕТАНИИ С ЗУБОЧЕЛЮСТНЫМИ АНОМАЛИЯМИ С ПРИМЕНЕНИЕМ ВАКУУМ-УФО-ТЕРАПИИ	
С.П. РУБНИКОВИЧ, Ю.Л. ДЕНИСОВА, Л.А. ДЕНИСОВ	208
МАГНИТОФОТОТЕРАПИЯ В НОРМАЛИЗАЦИИ МИКРОЦИРКУЛЯТОРНОГО СОСТОЯНИЯ ТКАНЕЙ ПЕРИОДОНТА	
С.П. РУБНИКОВИЧ, Ю.Л. ДЕНИСОВА, Я.И. ТИМЧУК, А.И. МАЙЗЕТ	211
ЛАЗЕРНО-ОПТИЧЕСКАЯ ДИАГНОСТИКА МИКРОЦИРКУЛЯЦИИ ПЕРИОДОНТА ПРИ ДЕФЕКТАХ ТВЕРДЫХ ТКАНЕЙ ЗУБОВ	
С.П. РУБНИКОВИЧ, Ю.Л. ДЕНИСОВА	213
ЭФФЕКТЫ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ НАНОСТРУКТУРИРОВАННЫХ ФОТОСЕНСИБИЛИЗАТОРОВ НА ОСНОВЕ ПОЛИМЕТИНОВЫХ КРАСИТЕЛЕЙ С БЕЛКАМИ ПЛАЗМЫ КРОВИ	
И.И. ХЛУДЕЕВ, М.П. САМЦОВ, Н.В. БЕЛЬКО, С.К. ДИК	215
ВОЗМОЖНОСТИ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ СТАБИЛОГРАФИИ В ОЦЕНКЕ ПРОИЗВОЛЬНОГО ПОЗНОГО КОНТРОЛЯ У ПАЦИЕНТОВ С БОЛЕЗНЬЮ ПАРКИНСОНА ПРИ ОТБОРЕ К ОПЕРАТИВНОМУ ЛЕЧЕНИЮ И НА ФОНЕ ГЛУБОКОЙ СТИМУЛЯЦИИ МОЗГА	
С.А. ЛИХАЧЕВ, И.П. МАРЬЕНКО, А.Г. БУНЯК	218
СОСТОЯНИЕ КОГНИТИВНЫХ ФУНКЦИЙ ПО ДАННЫМ АКУСТИЧЕСКИХ ВЫЗВАННЫХ ПОТЕНЦИАЛОВ P300 В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ЭФФЕКТИВНОСТИ КОНТРОЛЯ АРТЕРИАЛЬНОГО ДАВЛЕНИЯ ПРИ АРТЕРИАЛЬНОЙ ГИПЕРТЕНЗИИ	
Т. С. ПАВЛОВСКАЯ, С. А. ЛИХАЧЕВ, Э. К. СИДОРОВИЧ, Г. И. ОВСЯНКИНА, А. В. АСТАПЕНКО	220
МЕТОД БИОАКУСТИЧЕСКОЙ КОРРЕКЦИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ УСТРОЙСТВА КОМПЬЮТЕРИЗИРОВАННОГО «СИНХРО-С»	
ЗОБНИНА Г.В, ОВСЯНКИНА Г.И.	223
ПРИМЕНЕНИЕ ПОРТАТИВНОЙ ПОЛИСОМНОГРАФИИ В СКРИНИНГЕ РЕСПИРАТОРНЫХ НАРУШЕНИЙ ПРИ МИАСТЕНИИ	
О.В. ГАЛИЕВСКАЯ, Т.Г. ГВИЩ, С.А. ЛИХАЧЕВ, Ю.Н. РУШКЕВИЧ	225
ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ ДЛИТЕЛЬНОГО ЭЭГ-МОНИТОРИНГА В ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОЙ ДИАГНОСТИКЕ ЭПИЛЕПТИЧЕСКИХ ПРИПАДКОВ И ПСИХОГЕННЫХ НЕЭПИЛЕПТИЧЕСКИХ ПРИСТУПОВ.	
ВЕЕВНИК Е. В., ЛИХАЧЁВ С. А., СВИНКОВСКАЯ Т. В., МАЛЬГИНА Е. В.	227
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СОВРЕМЕННЫХ ОДНОМЕСТНЫХ БАРОАППАРАТОВ БЛКС 303 МТ В МНОГОПРОФИЛЬНОЙ КЛИНИКЕ	
Г.Д. СИТНИК, В.И. КОЗЫРО, В.Ф. МЕЛЬНИК, А.Г. ФЕДОРОВ.....	229
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВЫСОКОКЛАССНЫХ КРЕСЕЛ С ФУНКЦИЕЙ 3Д МАССАЖА В САНАТОРНО-КУРОРТНОЙ ПРАКТИКЕ	
Г.Д. СИТНИК, Г.В.ЗОБНИНА, И.Е. ЛУКОШКО, Г.А ПЕТЛИЦКИЙ, М.Е. ТАРАСОВА, Ю.И. ЛУКОШКО ³	231
ЛАЗЕРОПУНКТУРА В КОМПЛЕКСНОМ ЛЕЧЕНИИ У ПАЦИЕНТОВ С ИШЕМИЧЕСКОЙ БОЛЕЗНЬЮ СЕРДЦА	
Л.В.ПОДСАДЧИК, А.П.СИВАКОВ, С.М.МАНКЕВИЧ, Т.И. ГРЕКОВА.....	234
ОПТИМИЗАЦИЯ ЛЕЧЕНИЯ ПСИХОСОМАТИЧЕСКИХ РАССТРОЙСТВ МЕТОДАМИ РЕФЛЕКСОТЕРАПИИ	
С.М. МАНКЕВИЧ, А.П. СИВАКОВ, В.А. ЛУКАШЕВИЧ, Л.В. ПОДСАДЧИК, Т.И. ГРЕКОВА	235
ПРИМЕНЕНИЕ УДАРНО-ВОЛНОВОЙ РЕФЛЕКСОТЕРАПИИ В ЛЕЧЕНИИ МИОФАСЦИАЛЬНЫХ БОЛЕВЫХ СИНДРОМОВ	
Т.И. ГРЕКОВА, А.П. СИВАКОВ, С.М. МАНКЕВИЧ, Л.В.ПОДСАДЧИК.....	238

УСТОЙЧИВОСТЬ АНОДНОГО ОКСИДА АЛЮМИНИЯ К ИОНИЗИРУЮЩИМ ИЗЛУЧЕНИЯМ	
С.А. БИРАН, Д.А. КОРОТКЕВИЧ, А.В. КОРОТКЕВИЧ, В.А. ПЛЕШКИН.....	240
ОЦЕНКА ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ КОЖНОЙ МИКРОГЕМОДИНАМИКИ МЕТОДАМИ ДОППЛЕРОВСКОЙ ФЛОУМЕТРИИ И СПЕКЛ-МЕТРИИ	
Н.Д. АБРАМОВИЧ, С.К. ДИК, Л.А. ВАСИЛЕВСКАЯ, И.И. ХЛУДЕЕВ	243
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ ФЛЮКТУИРУЮЩИХ ТОКОВ В КЛИНИЧЕСКОЙ ПРАКТИКЕ	
А.П. СИВАКОВ, Л.В.ПОДСАДЧИК, С.М. МАНКЕВИЧ, Т.И. ГРЕКОВА.....	248
РЕАЛИЗАЦИЯ ПРОГРАММНО-АППАРАТНОЙ ПЛАТФОРМЫ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕСПРОВОДНОЙ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ МЕДИЦИНСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ	
В.Ф. АЛЕКСЕЕВ, Д.В. ЛИХАЧЕВСКИЙ, Г.А. ПИСКУН, А.В. АГЕЕВ.....	250
ПРОГРАММНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ОЦЕНКИ ТЕПЛОВОГО РЕЖИМА СРЕДСТВА МЕДИЦИНСКОЙ ЭЛЕКТРОНИКИ	
В.Ф. АЛЕКСЕЕВ, Д.В. ЛИХАЧЕВСКИЙ, Г.А. ПИСКУН.....	255
СПОСОБ ОПРЕДЕЛЕНИЯ МАССОВЫХ КОНЦЕНТРАЦИЙ АЭРОЗОЛЕЙ	
М.М.КУГЕЙКО, С.А. ЛЫСЕНКО	258
ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ СЕЗОННОСТИ НА ТЕХНОГЕННОЕ И АНТРОПОГЕННОЕ ЗАГРЯЗНЕНИЯ КОМПОНЕНТОВ БИОСФЕРЫ г. МИНСКА МЕТАЛЛАМИ МЕТОДОМ ЛАЗЕРНОГО АТОМНО-ЭМИССИОННОГО СПЕКТРАЛЬНОГО АНАЛИЗА	
ПАТАПОВИЧ М.П., БУЛОЙЧИК Ж.И., МИНЬКО А.А., ЗАЖОГИН А.П.	262
ОРГАНИЗАЦИЯ ОБУЧЕНИЯ МИКРОКОНТРОЛЛЕРНЫМ СИСТЕМАМ СТУДЕНТОВ СПЕЦИАЛЬНОСТИ «МЕДИЦИНСКАЯ ЭЛЕКТРОНИКА»	
П.В. КАМЛАЧ, В.И. КАМЛАЧ, И.И. РЕВИНСКАЯ, Д.П. КУНИЧНИКОВ, А.Г. КАПИТАНЧУК.....	267
ПРИНЦИПЫ РАЗРАБОТКИ АППАРАТУРЫ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ВОЗДЕЙСТВИЯ НА БИОЛОГИЧЕСКИЕ ОБЪЕКТЫ НИЗКОЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ИМПУЛЬСНОГО МИКРОВОЛНОВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ С БОЛЬШОЙ ПИКОВОЙ МОЩНОСТЬЮ	
А.В. РУБАНИК, А.П. СИВАКОВ.....	269
ПРИМЕНЕНИЕ ПОЛУПРОВОДНИКОВОГО ХИРУРГИЧЕСКОГО ЛАЗЕРНОГО АППАРАТА В ХИРУРГИЧЕСКОЙ СТОМАТОЛОГИИ И ЧЕЛЮСТНО-ЛИЦЕВОЙ ХИРУРГИИ	
И.Г. ЛЯНДРЕС, А.П. ШКАДАРЕВИЧ, С.К. ДИК, И.А. КАКШИНСКИЙ, Т.Б ЛЮДЧИК, О.М. БАЗЫК-НОВИКОВА, Т. ГУРБАНОВ	271
THE INTELLECTUAL ANALYSIS OF THE STATE OF COGNITIVE AND PHYSICAL DEVELOPMENT OF CHILDREN ON MODERN BIOTECHNOLOGICAL EQUIPMENT	
А.М. TURGUNOV, Q.R. ZAKHIROV, В.А.SHAROVA	275
ФОРМИРОВАНИЕ И СВОЙСТВА ЭЛАСТИЧНЫХ ЭЛЕКТРОДОВ НА ОСНОВЕ ПОРИСТЫХ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ МЕМБРАН ДЛЯ ЭЛЕКТРОПОРАЦИИ	
А.В. БОНДАРЕНКО, В.А. ЯКОВЦЕВА, И.В. СЫСОЕВА, М. БАЛУКАНИ, П. НЕНЗИ, Р. КРЕШЕНЦИ, П. МАРРАЧИНО, Ф. АПОЛЛОНИО, М. ЛИБЕРТИ, А. ДЕНСИ, С. КОЛИЗЗИ.....	279

УДК 576:577:615.8

АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ КРИОТЕРАПИИ НА ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ МЕМБРАН ЛИМФОЦИТОВ У ПАЦИЕНТОВ С РЕВМАТОИДНЫМ АРТРИТОМИ.В. ПУХТЕЕВА¹, Н.В. ГЕРАСИМОВИЧ¹, Л.А. МАЛЬКЕВИЧ², А.А. МАХАНЁК³, М.Л. ЛЕВИН³¹УО «Международный государственный экологический институт им. А.Д. Сахарова» Белорусского государственного университета, Республика Беларусь²Учреждение образования «Белорусский государственный медицинский университет», Республика Беларусь³Государственное научное учреждение «Институт тепло- и массообмена имени А.В. Лыкова НАН Беларуси», Республика Беларусь

Аннотация. В работе изучено влияние кратковременного низкотемпературного воздействия на изменение показателей, отражающих физико-химическое состояние мембран лимфоцитов крови больных артритом. Установлено, что при ревматоидном артрите, происходят изменения текучести липидного компонента биологических мембран клеток организма.

Предполагается, что применение аэрокриотермического воздействия на фоне комплексного медикаментозного лечения, определяющегося индивидуальными особенностями и течением основного и сопутствующих заболеваний, способствует активации коррекции соматоформных вегетативных дисфункций.

Ключевые слова: криотерапия, ревматоидный артрит, лимфоциты периферической крови, плазматическая мембрана, пирен.

Abstract. In this paper presents the influence of short-term low temperature effect on changing indicators reflecting the physic and chemical state of the blood cells in the body. It has been established that in rheumatoid arthritis, changes of structure and properties of biological membranes of cells, especially their microviscosity, reflecting the structural and functional state of the plasma membranes of cells.

It is expected that the application of low temperature impact on the background of the traditional complex treatment, individual characteristics of amplification and over basic and related diseases, promotes activation of the correction somatoform autonomic dysfunction.

Keywords: cryotherapy, rheumatoid arthritis, lymphocytes of peripheral blood, plasmatic membrane, pyren.

Введение

В настоящее время возрос интерес к криотерапии, а криогенный метод получил признание и распространение в различных областях медицины не только вследствие высокой клинической эффективности, но и в связи с появлением новых технических возможностей генерации холода.

Ревматоидный артрит — это заболевание, находящееся в фокусе внимания ревматологов всего мира в течение десятилетий. Это связано с большим медицинским и социальным значением этой болезни. Ее распространенность достигает 0,5–2% от общей численности населения в промышленно развитых странах [1,2]. У больных ревматоидным артритом наблюдается уменьшение продолжительности жизни по сравнению с общей популяцией на 3–7 лет [3]. Трудно переоценить колоссальный ущерб, наносимый этим заболеванием обществу за счет ранней инвалидизации пациентов, которая при отсутствии своевременно начатой активной терапии может наступать в первые 5 лет от дебюта болезни. [1].

Методика эксперимента

В исследовании принимало участие 15 человек (12 мужчин и 3 женщины) с ревматоидным артритом. Критериями включения в исследование лиц в качестве контрольной группы (20 человек) являлись отсутствие анамнестических данных об заболевании ревматоидным артритом, биохимический и общий анализы крови.

Пациенты после общего осмотра и при отсутствии противопоказаний направлялись для прохождения курса общей газовой криотерапии в криокапсуле «КРИОМЕД-20/150-01» (производитель Российская федерация). Температура в процедурной кабине во время прохождения процедуры криотерапии поддерживалась -130 С.

Объектом исследования являлись лимфоциты периферической крови человека.

Забор крови для исследований производили натошак после 12-часового голодания в одно и то же время суток (утром) пункцией локтевой вены (самотеком). Для исследования кровь отбирали в пластиковые пробирки по 10 мл (в качестве антикоагулянта использовался EDTA). Лимфоциты выделяли согласно стандартной методике [4]. Число жизнеспособных клеток, определенное по тесту с трипановым синим (0,2 % раствор красителя), составляло не менее 96 %.

С помощью флуоресцентного зонда пирена (Sigma) проводили исследование структурного состояния липидной фазы мембран.

Согласно литературным данным, мономерная эмиссия пирена происходит преимущественно из полярной фазы липидов мембран, т.е. из областей полярных головок фосфолипидов и полярных областей липидов, прилегающих к белкам. Это, в свою очередь, позволяет оценить полярность в зоне микроокружения зонда.

Способность пирена создавать флуоресцирующие эксимеры используется для оценки мембранной вязкости липидного бислоя и аннулярного липида [5]. Исходя из этого, были проанализированы следующие параметры: степень эксимеризации пирена, полярность окружения зонда в прибелковом липиде и липидном бислое мембран.

Внедрение зонда осуществляли, как описано в работе [5] путем прединкубации его спиртового раствора (4 ммоль/л) с клетками ($1 \cdot 10^6$ кл/мл), находящимися в фосфатном буфере (рН 7,4). Конечная концентрация зонда в среде инкубации составляла 5 мкмоль/л. Регистрацию спектров флуоресценции осуществляли при длинах волн возбуждения 337 и 286 нм на спектрофлуориметре «СМ 2203» (Solar, Республика Беларусь). Микровязкость липидного окружения пирена оценивали по отношению интенсивностей эксимерной и мономерной флуоресценции ($J_э/J_m$) при $\lambda_{эм.} = 475$ и 373 нм, соответственно. Микрополярность анализировали по отношению второго и первого вибрационных пиков (F_2/F_1) в спектре флуоресценции мономеров с $\lambda_{эм.} = 385$ и 373 нм при длинах волн возбуждения 337 и 286 нм соответственно.

Статистическая обработка результатов проводилась с применением пакета статистических программ Microsoft Excel 2003. Результаты экспериментов выражали в виде среднего значения и стандартной ошибки средней, а достоверность различий в группах оценивали по t-критерию Стьюдента. При этом различия считали достоверными при $p \leq 0,05$ [6].

Результаты и их обсуждение

В первой серии экспериментов проводились исследования показателей полярности аннулярного липида и липидного бислоя плазматических мембран лимфоцитов периферической крови. У пациентов с ревматоидным артритом не отмечено достоверных изменений показателя полярности различных областей мембраны.

Как известно важнейшая биологическая функция липидов – построение клеточных мембран. При образовании мембраны молекулы липидов ориентируются полярными группами («головками») наружу, а неполярными углеводородными концами («хвостами») внутрь. Образованный таким образом двойной слой определяет основное свойство мембран – их избирательную проницаемость. Изменения полярности липидного бислоя и аннулярного липида ведет к возможному нарушению их связывания, образованию «пробелов» в мембранах, а также к нарушению выполняемых функций.

Микровязкость (текучесть) мембраны сильно влияет на ее функционирование. При увеличении текучести мембрана становится более проницаемой для воды и других малых гидрофильных молекул, растет скорость латеральной диффузии интегральных белков. Если белок выполняет транспортную функцию, то изменение свойств липидной фазы может привести к значительному изменению скорости транспорта.

Во второй серии экспериментов были проанализированы показатели микровязкости различных областей плазматической мембраны лимфоцитов периферической крови. Обнаружено, что микровязкость аннулярного липида плазматической мембраны лимфоцитов у больных ревматоидным артритом снижается в 2,5 раза по отношению к контрольным значениям у здоровых пациентов.

Противоположный характер изменений был отмечен для микровязкости в области общего липидного бислоя. У больных ревматоидным артритом установлено увеличение данного показателя на 25% по отношению к контрольным значениям.

Согласно данным, полученным в ходе исследования, можно предположить, что при системных заболеваниях, в частности, при ревматоидном артрите, происходят изменения структуры и свойств биологических мембран клеток организма, прежде всего их микровязкости. Этот показатель отражает структурно-функциональное состояние липидного

Как видно из результатов, представленных на рисунке 1, у пациентов с ревматоидным артритом не отмечено достоверных изменений показателя полярности аннулярного липида. Значения полярности липидного бислоя в случае использования традиционного лечения рассматриваемого заболевания имеют тенденцию к увеличению.

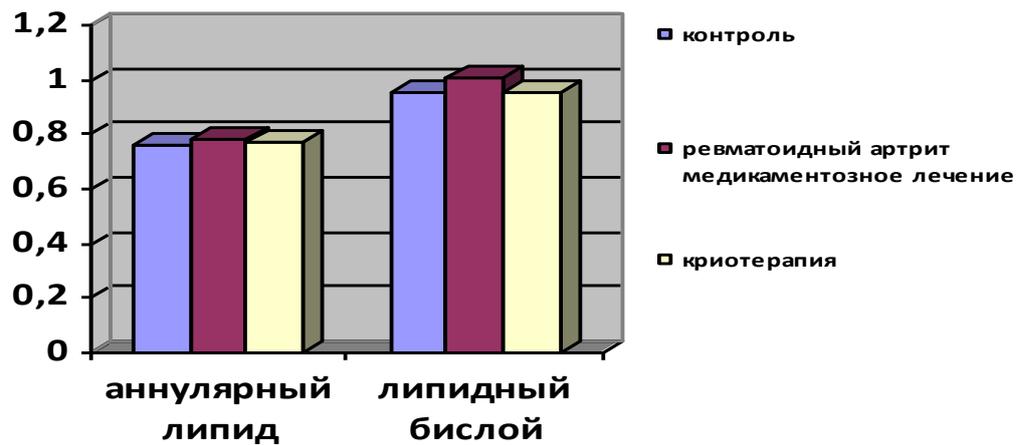


Рис. 1. Влияние криотерапии на показатели полярности (в отн. ед.) плазматической мембраны лимфоцитов периферической крови доноров при ревматоидном артрите (РА)

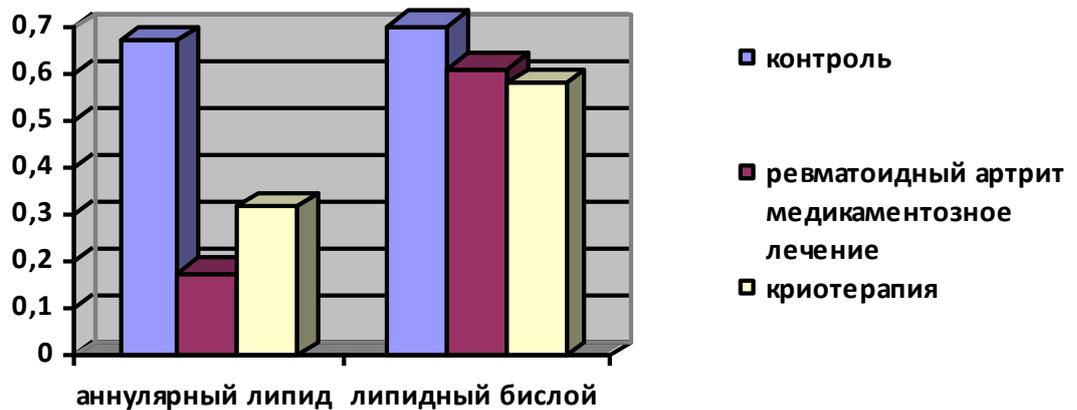


Рис. 2. Влияние криотерапии на показатели микровязкости (в отн. ед) плазматической мембраны лимфоцитов периферической крови доноров

При сравнении полученных данных при использовании криотерапии в качестве дополнительного метода лечения отмечено, что показатели полярности различных областей плазматической мембраны существенно не отличаются от таковых при традиционном медикаментозном лечении (рисунок 1). Однако пациенты отмечали улучшение общего самочувствия и облегчение болевых симптомов и подвижности суставов после сеансов криотерапии.

Далее были проанализированы показатели микровязкости различных областей плазматической мембраны лимфоцитов периферической крови (рисунок 2).

В результате анализа данных эксперимента обнаружено, что микровязкость аннулярного липида плазматической мембраны лимфоцитов у больных ревматоидным артритом, получавшим традиционное комплексное лечение, снижается в среднем в 3,6 раза по отношению к контрольным значениям у здоровых пациентов. При этом после криотерапевтического воздействия эти показатели были ниже в 2,5 раза по сравнению с контрольными значениями. Однако были отмечены индивидуальные различия у пациентов, связанные, возможно, с наличием сопутствующих заболеваний, индивидуальной реакцией на принимаемые лекарственные препараты. При анализе значений микровязкости в области общего липидного бислоя было установлено снижение в среднем на 15% по отношению к контролю после традиционного лечения и после криотерапии. Но, как и в случае с показателями микровязкости аннулярного липида, у

некоторых больных ревматоидным артритом установлено снижение данного показателя примерно в 2 раза.

Заключение

Согласно данным, полученным в ходе исследования, можно предположить, что при системных заболеваниях, в частности, при ревматоидном артрите, происходят изменения структуры и свойств биологических мембран клеток организма, прежде всего их вязкостных характеристиках, что отражается на структурно-функциональном состоянии плазматических мембран клеток.

Предполагается, что применение аэрокриотермического воздействия на фоне традиционного комплексного лечения, определяющегося индивидуальными особенностями и течением основного и сопутствующих заболеваний, способствует активации коррекции соматоформных вегетативных дисфункций. Это, в свою очередь, по-видимому, способствует активации в организме пациентов адаптивных перестроек, регуляторных, пластических и метаболических процессов.

Список литературы

1. Алехин, А.И. Аэрокриотерапия в современной медицине / Алехин А. И., Денисов Л. Н., Исаев Л. Р. и др. – М., 2002. – 287 с.
2. Клинические рекомендации. Ревматология/ под. ред. Е. Л. Насонова. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2006. – 288 с.
3. Насонов, Е.Л. Современные стандарты фармакотерапии ревматоидного артрита / Насонов Е. Л., Каратеев Д. Е., Чичасова Н. В., Чемерис Н. А. // Клиническая фармакология и терапия. □ 2005. – Т. 14. – № 1. – С. 72–75.
4. Лимфоциты: Методы: Пер. с англ. / Под ред. Дж. Клауса. – М.: Мир, 1990. – 400 с.
5. Добрецов, Г.Е. Флуоресцентные зонды в исследовании биологических мембран / Добрецов Г.Е., Владимиров Ю.А. М.: Наука – 1980. – 320 с.
6. Рокицкий, П.Ф. Биологическая статистика / П.Ф. Рокицкий. — Мн.: Высшая школа, 1973. — 320 с.

УДК [575./2 316:599.9]:57.087

ОПТИКО-ЭЛЕКТРОННЫЕ КОМПЬЮТЕРНЫЕ КОМПЛЕКСЫ «ХРОМОСОМА», «ХРОМОСОМА-FISH» ДЛЯ МАССОВЫХ ЦИТОГЕНЕТИЧЕСКИХ ОБСЛЕДОВАНИЙ НАСЕЛЕНИЯ В ПОСТ-ЧЕРНОБЫЛЬСКИЙ ПЕРИОД

В.И.ИВАНОВ, Н.И.ИВАНОВ, А.Н.ЛАЗАРЧИК

*Научно-исследовательское учреждение «Институт ядерных проблем»
Белорусского государственного университета
Бобруйская, 11, Минск, 220030, Беларусь*

Поступила в редакцию

Аннотация. Приведены результаты разработки и исследования оптико-электронных компьютерных комплексов «Хромосома», «Хромосома-FISH» для массовых цитогенетических обследований населения в пост-чернобыльский период.

Ключевые слова: цитогенетика, кариотип, хромосомные aberrации, массовые цитогенетические обследования, комплексы «Хромосома».

Abstract. The results of the development and research of optoelectronic computer complexes "Chromosome", "Chromosome-FISH" for mass cytogenetic surveys of the population in the post-Chernobyl period.

Keywords: cytogenetics, karyotype, chromosomal aberrations, mass cytogenetic surveys, complexes «Chromosome».

Введение

В настоящее время общепризнанным фактом является то, что хроническое воздействие на население низкодозовой радиации, обусловленной последствиями различного рода ядерных взрывов и техногенных катастроф, является причиной формирования генетической нестабильности, которая ведет не только к новообразованиям, но может быть также ответственна и за ряд ее отдаленных феноменов, реализующихся на организменном уровне [1-3]. Процессы малигнизации клеток и дальнейшей опухолевой прогрессии тесно связаны с реорганизацией генома, что во множестве случаев выражается структурными и численными aberrациями хромосом, изменениями их отдельных областей (транслокациями), появлением клеточных клонов. В этой связи задача объективной оценки и прогноза цитогенетических изменений у населения, проживающего на экологически неблагоприятных территориях, и в особенности на территориях, пострадавших от чернобыльской катастрофы, является чрезвычайно важной и требует проведения регулярных массовых цитогенетических обследований населения на популяционном уровне.

Сложность решения данной задачи во многом обусловлена тем, что для достоверного выявления начальных стадий хромосомных болезней диагностическое заключение должно приниматься по большому числу проанализированных метафазных пластинок хромосомных препаратов (более 1 – 2 тысяч на одного пациента), что невозможно осуществить без применения специальных программно-аппаратных комплексов с компьютерной обработкой цитогенетической информации [4]. В рамках данного направления нами выполнен цикл работ по исследованию и разработке таких систем, их клинической апробации и медицинской сертификации. Созданные комплексы «Хромосома», «Хромосома – FISH» для массовых цитогенетических обследований населения разрешены к применению в медицинской практике Министерством здравоохранения Республики Беларусь [5,6].

Область применения и решаемые задачи

Комплексы «Хромосома» представляют собой многофункциональную программно – аппаратную платформу для автоматизированного анализа биологических препаратов с использованием оптических микроскопов рис.1 и компьютерного двухкоординатного сканера рис.2 , обеспечивающих сканирование и оцифровку изображений биопрепаратов на стеклах и чипах в ультрафиолетовом и видимом диапазонах. Шаг позиционирования сканера по x , y координатам в предметной плоскости 0.25мкм.

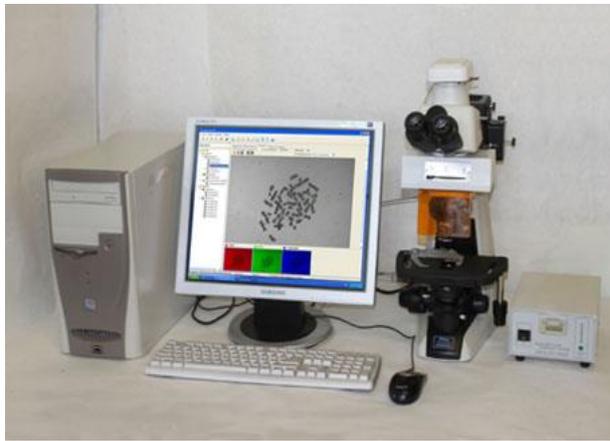


Рис. 1. Аппаратная конфигурация комплекса «ХРОМОСОМА» с оптическим микроскопом



Рис. 2. Двухкоординатный компьютеризированный сканер комплекса «ХРОМОСОМА»

Различие комплексов «Хромосома» и «Хромосома-FISH» состоит в том, что первый из них реализует принцип классического (рутинного) анализа нестабильных хромосомных aberrаций на основе оценки морфологических параметров хромосом [7], а второй обеспечивает возможность анализа как нестабильных хромосомных aberrаций, так и стабильных (преимущественно транслокаций) на молекулярном уровне методом флуоресцентной *in situ* гибридизации (FISH-метод) [8, 9].

Общий принцип работы приборов основан на оптико-электронной съемке микроизображений биопрепаратов (гистологических, цитогенетических, включая препараты с ДНК - маркерами) с использованием высокоразрешающих цифровых камер (3.5 – 18 Мегапиксел) и их последующей компьютерной обработки. Многофункциональность комплексов обуславливает возможность их широкого применения в следующих областях:

1. Гистология и цитология – анализ морфологической структуры гистологических и цитологических препаратов с целью выявления доброкачественных и злокачественных поражений ткани.

2. Цитогенетика – анализ кариотипа человека (биологический портрет вида) для выявления изолированных и множественных врожденных пороков развития, пренатальная цитогенетика – кариотипирование плодов человека на ранних стадиях эмбриогенеза с целью диагностики хромосомных болезней; цитогенетика эмбрионального развития человека – изучение

функциональной активности отдельных хромосом или их сегментов и их влияния на процесс эмбриогенеза.

3. Онкоцитогенетика – исследования корреляций онкологического процесса с хромосомными aberrациями в опухолевых клетках, включая исследования на молекулярном уровне с использованием флуоресцентных ДНК – маркеров (FISH – анализ).

4. Радиационная медицина – автоматизированное выявление и анализ специфических хромосомных aberrаций – маркеров радиационного воздействия, ретроспективное определение поглощенной человеком биологической дозы радиоактивного излучения.

Базовые программно - аппаратные функции комплексов

Компьютерные алгоритмы комплексов обеспечивают ввод, редактирование и архивирование электронных цифровых изображений биологических препаратов, создание компьютерной базы патологий и коллекций исходных изображений биопрепаратов; автоматизацию измерения морфологических параметров и классификацию объектов биопрепаратов (длин, площадей, периметров, определение числа объектов по заданным дифференциальным признакам – размерам, цвету и т.п.); расчет статистических параметров по каждому классу выделенных объектов, построение цифровых идиограмм хромосом.

По результатам метрологической аттестации приборов, проведенной Белорусским государственным институтом метрологии, погрешность автоматического определения линейных размеров биологических объектов не более 1 мкм.

На рис. 3 приведен пример оцифрованного фрагмента (метафазной пластинки) хромосомного препарата; на рис.4 – цифровая идиограмма хромосомы.

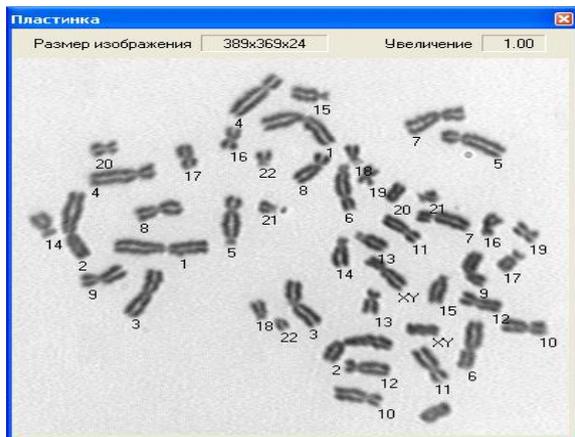


Рис. 3. Оцифрованная метафазная пластинка хромосомного препарата

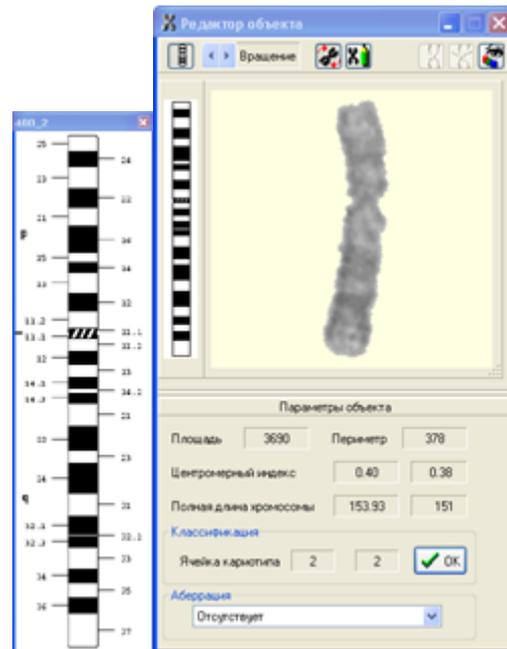


Рис. 4. Цифровая идиограмма хромосомы

В режиме FISH – диагностики обеспечивается ввод и обработка ряда разноспектральных изображений препаратов с флуоресцентно мечеными ДНК маркерами (зондами) онкологических процессов в ультрафиолетовом диапазоне. Осуществляется три метода суммирования разноспектральных изображений для получения результирующего изображения: простое суммирование, суммирование фрагментов и наложение фрагментов в результирующем изображении; возможность независимой регулировки параметров всех разноспектральных изображений: яркости, контраста, четкости и т.д.; выбор произвольного цвета для псевдоокраски исходных изображений; обеспечивается стабилизация результирующих изображений с

автоматической и ручной коррекцией сдвига исходных изображений, неизбежных при сканировании и переключении оптических фильтров.

На рис. 5 приведен пример обнаружения онкологической трансформации клеток методом FISH – анализа с использованием ДНК-зонда типа HERR-2.

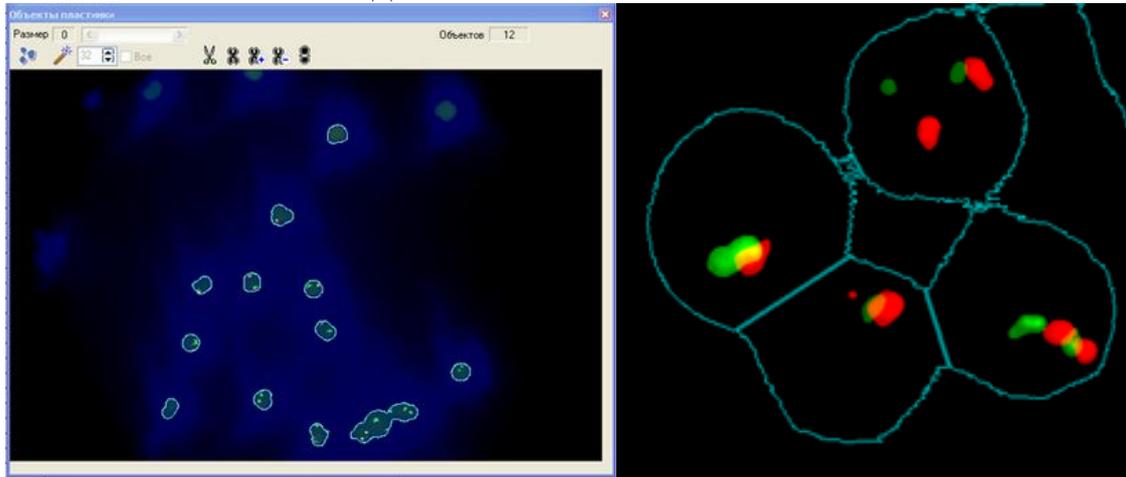


Рис. 5. Суммарное изображение микроядер клеток с транслокацией гена (трехцветный FISH с флуоресцентной ДНК – зондом типа HERR-2)

Результаты и их обсуждение

На рис. 6 приведены результаты установочного цитогенетического мониторинга населения Республики Беларусь комплексами «Хромосома». Результаты получены совместно с Гомельским РНПЦ радиационной медицины и экологии человека Министерства здравоохранения Республики Беларусь.

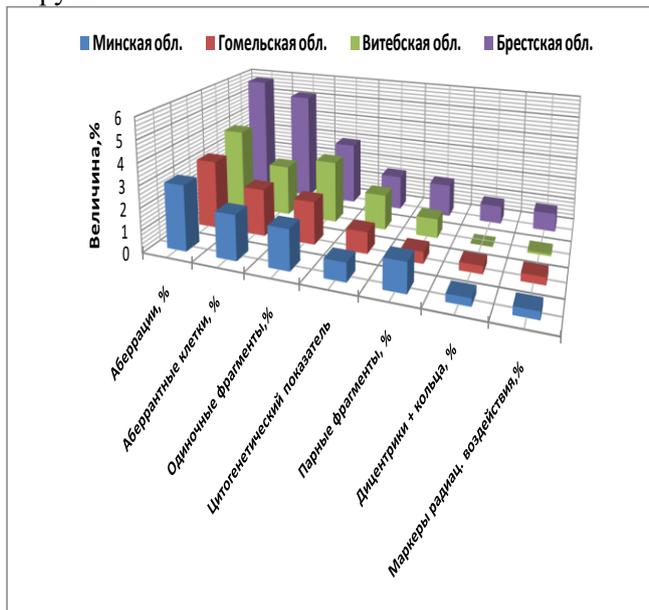


Рис. 6. Результаты цитогенетического мониторинга населения РБ

Полученные результаты отражают состояние цитогенетический статуса населения в пост-чернобыльский период и свидетельствуют о его ухудшении у населения, проживающего на наиболее пострадавших от чернобыльской катастрофы территориях (Гомельская и Брестская области). Наиболее высоким цитогенетическим статусом на момент обследования обладало население Витебской области.

Для выявления цитогенетических нарушений на ранних стадиях в комплексах «Хромосома» обеспечивается автоматическая классификация и дефектация хромосом, обнаружение и анализ кольцевых и дицентрических хромосом - маркеров радиационного воздействия, статистический анализ результатов и принятие диагностического решения по множеству анализов более 1000 с

установление корреляционно - статистических взаимосвязей цитогенетического статуса индивидуума с общим состоянием организма и экологией территорий проживания.

Комплексы «Хромосома» и «Хромосома – FISH» сертифицированы и разрешены к применению в медицинской практике Министерством здравоохранения Республики Беларусь [6], удостоены Золотой медали на Санкт – Петербургской выставке – конгрессе в 2016 году. На базе шести комплексов «Хромосома», «Хромосома-FISCH» создана сеть компьютерного цитогенетического мониторинга в Республике Беларусь.

Заключение

Созданные компьютерные цитогенетические комплексы «Хромосома» позволяют осуществлять массовый цитогенетический мониторинг населения на популяционном уровне, оперативно верифицировать индивидуальные и коллективные дозы лучевых нагрузок, выявлять генотоксичные территории и проследить территориально - временную динамику цитогенетических изменений, обнаруживать появление клонов клеток с хромосомными aberrациями – маркерами возможной опухолевой трансформации, выявлять категории населения цитогенетического и онкологического рисков, прогнозировать возможные отдаленные медико-генетические последствия хронического воздействия малых доз радиации и антропогенных канцерогенных факторов на организм человека в пост-чернобыльский период.

Список литературы

1. Мельнов С.Б., Иванов В.И., Семерихина С.Е. и др. // Достижения медицинской науки Беларусь. 2003. №8. С.16-18.
2. Bonassi S., Hagmar L., Strömberg U. et al. // Cancer Res. 2000. Vol.60. P.1619-1625.
3. Hagmar L., Brogger A., Hansteen I.-L. et al. // Cancer Res. 1994. Vol.54. P.2919-2922.
4. Иванов В.И., Лазарчик А.Н. // Фундаментальные и прикладные физические исследования. под ред. В.Г.Барышевского. Минск. БГУ. 2009. С. 379-391.
5. Иванов В.И., Иванов Н.И., Лазарчик А.Н. // Инновационные технологии в медицине. ГКНТ Республики Беларусь. Минск. 2015. С. 37.
6. Комплекс для компьютерной морфометрической, цитогенетической и FISH - диагностики «Хромосома». Регистрационное удостоверение Минздрава РБ № ИМ-7.971,59.
7. Хроменкова О.Б. Морфология хромосом. Кариотип человека. Харьков. ХНГМУ.2012. 16с.
8. Bauchinger M., Schmid E., Zitzelsberger Y. et al. // Int. J. Radiat. Biol. 1993. Vol.64. P.179-184.
9. Lucas J.N., Sach R.K. //Cell. Biologi. 1993. Vol. 90. P.1484-1487.

УДК 551.583

НОВЫЕ АЭРОКОСМИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ ИССЛЕДОВАНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ И КЛИМАТА

С.А. ЛЫСЕНКО, С.Л. ОЩЕПКОВ

*Институт природопользования НАН Беларуси,
ул. Ф. Скорины, 10, 220114, Минск, Республика Беларусь*

Аннотация. Описываются разработанные авторами аэрокосмические методы исследования атмосферы, гидросферы и биосферы, включая мониторинг аэрозольно-газовых примесей атмосферы, биоклиматических параметров наземных экосистем (широкополосного альbedo, листового индекса, проективного покрытия, температуры, излучательной способности, эффективности поглощения фотосинтетически активной радиации и т. д.), составляющих энергетического баланса подстилающей поверхности, аэрозольного радиационного форсинга, содержания фитопланктона, взвесей и растворенных органических веществ в водоемах.

Ключевые слова: экология, климат, биоклиматические параметры, аэрозоль, атмосферная радиация.

Abstract. We have developed new retrieval methods for studying the atmosphere, hydrosphere and biosphere, using space-born monitoring of atmospheric aerosol and gas components, bioclimatic parameters of the terrestrial ecosystems (broadband albedo, sheet index, projective cover, temperature, emissivity, absorption efficiency of photo synthetically active radiation, etc.), components of the energy balance of the ground surface, aerosol radiation forcing, phytoplankton content, suspended solids and dissolved organic matter in water bodies.

Keywords: ecology, climate, bioclimatic parameters, aerosol, atmospheric radiation..

Введение

Для выработки эффективных мер по снижению негативных последствий изменений климата и адаптации к ним погодозависимых отраслей экономики любого государства необходимо детальное изучение его климатических ресурсов и заблаговременное предоставление информации об ожидаемых климатических условиях на его территории. В этой связи повышенные требования

предъявляются к качеству данных, используемых для настройки и верификации современных климатических моделей, в том числе данных наземного и спутникового мониторинга аэрозольно-газовых компонентов атмосферы, биоклиматических параметров и энергетического баланса подстилающей поверхности.

В статье приводится обзор разработанных авторами методов, алгоритмов и компьютерных моделей для решения прямых и обратных задач по переносу излучения в рассеивающих средах (атмосфера, водоемы, почва, растительные покровы) и интерпретации данных дистанционного зондирования Земли. Разработанные методы позволяют оперативно обрабатывать многоспектральные спутниковые изображения и восстанавливать карты распределений комплекса параметров атмосферы и подстилающей поверхности. По этим данным рассчитываются составляющие радиационного и теплового баланса подстилающей поверхности, а также радиационные форсинги аэрозоля и парниковых газов.

Дистанционное зондирование аэрозольно-газовых примесей атмосферы

Известно, что аэрозоль и водяной пар (ВП) существенным образом влияют на радиационный и тепловой режим атмосферы с подстилающей поверхностью, формирование облаков и их свойства. Эти факторы в значительной мере обуславливают региональный климат городов и повторяемость таких опасных погодных явлений как грозы, град, туман, ливни и др. В то же время, понимание процессов влияния аэрозоля и ВП на климат является недостаточным и требует основательных исследований. Главным инструментарием таких исследований должны стать дистанционные методы (лидарные, спутниковые), позволяющие получать карты распределений аэрозолей и ВП.

Одним из новейших приборов, предназначенных для получения такого рода информации, является радиометр OLCI (Ocean and Land Colour Instrument) на борту европейского спутника Sentinel-3 (запущен 16.01.2016). OLCI состоит из пяти 14-разрядных ПЗС-камер, получающих изображения Земли в 21 спектральном канале с центральными длинами волн от 400 нм до 1020 нм. Ширина полосы обзора прибора – 1270 км, пространственное разрешение – 300 м. В 2017 г. запущен второй спутник серии Sentinel-3 с тем же комплектом аппаратуры, что и у первого. Созвездие из двух взаимодополняющих спутников позволяет за сутки получать многоспектральное изображение всей поверхности Земли.

Авторами разработаны сверхбыстрые алгоритмы восстановления интегральных содержаний ВП (IWV, кг/м²) и мелкодисперсных фракций аэрозоля (PM_{1.0} и PM_{2.5}, мг/м²) в столбе атмосферы из спектральных коэффициентов яркости (КЯ) на ее верхней границе (R_{TOA}) [1, 2]. Для зондирования аэрозоля используются спектральные каналы 1–10 прибора OLCI ($\lambda = 400\text{--}681$ нм) в которых альbedo большинства природных поверхностей не превышает 10 %. Содержание ВП в атмосфере определяется с использованием каналов OLCI из полос поглощения ВП и кислорода, а также из окон прозрачности атмосферы, что в совокупности позволяет исключить влияние спектра отражения подстилающей поверхности и давления воздуха на точность зондирования ВП. Наличие у OLCI каналов в спектральных областях среднего и сильного поглощений ВП обеспечивает примерно одинаковую погрешность алгоритма, как для сухого, так и для очень влажного воздуха.

Для быстрой обработки коэффициентов R_{TOA} , регистрируемых в формате многоспектрального изображения, используются регрессионные уравнения, связывающие R_{TOA} , IWV, PM и геометрические параметры спутниковой сцены (высота местности, зенитные и азимутальные углы визирования и Солнца). Параметры уравнений получены на основе численного моделирования процесса переноса излучения в системе «атмосфера–подстилающая поверхность» методом дискретных ординат с привлечением многолетних данных сети наземных фотометров AERONET по оптическим и микрофизическим характеристикам аэрозоля, а также базы данных ASTER по спектральным альbedo природных поверхностей.

Соотношения, полученные на основе смоделированных данных, позволяют восстанавливать интегральные содержания мелкодисперсных фракций аэрозоля и ВП в столбе атмосферы напрямую из коэффициентов яркости на ее верхней границе без использования многомерных поисковых таблиц (look-up-tables), нейросетевых технологий и сложных компьютерных кодов по расчету характеристик переноса излучения в атмосфере и решению обратных задач аэрозольного светорассеяния.

Верификация разработанных алгоритмов проведена на данных прототипа OLCI – спектрометра MERIS. Оценки IWV и PM, полученные по снимкам MERIS за 2002–2012 гг. сопоставлены с результатами наземного зондирования атмосферы на семи Восточноевропейских станциях сети наземных фотометров AERONET. Среднеквадратические отклонения сравниваемых данных составило 1.24 кг/м^2 для IWV и 5 мг/м^2 для PM.

Определение биоклиматических параметров наземных экосистем

Для расчетов потоков радиации, водяного пара, явного и скрытого тепла на нижней границе атмосферы необходимы данные о температуре подстилающей поверхности (ТПП) с погрешностью не выше 1 К. Однако непосредственное определение ТПП по спутниковым снимкам Земли в тепловой области спектра сталкивается со значительными трудностями учета оптико-метеорологического состояния атмосферы на момент съемки и неопределенности излучательной способности поверхности в направлении визирования. Для решения этих задач кроме окна прозрачности атмосферы 8–12 мкм необходимо использовать данные, получаемые по космическим изображениям Земли в видимом и ближнем ИК диапазонах длин волн. Возможность таких измерений реализована в приборе Европейского космического агентства SLSTR (Sea and Land Surface Temperature Radiometer), установленного на спутниках Европейского космического агентства серии Sentinel-3.

Общепринятый алгоритм восстановления ТПП по данным спутникового ИК-зондирования Земли, известный под названием «Split-Window Algorithm» [3, 4], основан на линеаризации функции Планка и функции пропускания атмосферы в двух спектральных каналах из окна прозрачности атмосферы 10–13 мкм и представлении искомой ТПП в виде алгебраической комбинации яркостных температур, измеряемых со спутника. Алгоритм прост в применении и обеспечивает оперативность обработки спутниковых данных, однако применим лишь для ограниченного диапазона ситуаций в атмосфере с умеренными содержаниями в ней аэрозолей и водяного пара.

С целью повышения точности термического зондирования Земли из космоса разработан новый метод комплексной обработки данных SLSTR, дающий на выходе информацию о передаточных функциях атмосферы, биофизических параметрах земных покровов и их температуре. При анализе спутниковых данных используются разработанные авторами аппроксимационно-аналитические методы расчета характеристик переноса солнечного и теплового излучения в атмосфере [5, 6], а также полученные регрессионные соотношения между излучательной способностью и спектральными коэффициентами яркости природных поверхностей суши. Разработанный метод включает:

- определение оптической толщины аэрозоля по данным SLSTR в каналах 0.555, 0.659, 0.865, 1.61, 2.25 мкм и атмосферную коррекцию спутниковых изображений в видимом и ближнем ИК диапазонах длин волн;
- определение доли покрытия поверхности растительностью и вычисление излучательной способности поверхности с учетом направления визирования и эффектов рассеяния и отражения теплового излучения в системе «растительный покров-почва»;
- определение температуры подстилающей поверхности по тепловым изображениям Земли в каналах 10.85 и 12 мкм, скорректированным на эффекты газового поглощения и собственного излучения атмосферы.

В расчетах газового поглощения и рассеяния в атмосфере задействуются данные Европейского центра среднесрочных прогнозов погоды. Аэрозольная оптическая толщина восстанавливается из КЯ на верхней границе атмосферы R_{TOA} (Top of Atmosphere) в рамках региональной оптической модели аэрозоля, построенной по данным зондирования атмосферы на станциях AERONET в Европе. Передаточные функции атмосферы рассчитываются с использованием аналитических параметризаций, полученных на основе численного моделирования переноса излучения в атмосфере. Для разделения вкладов атмосферы и подстилающей поверхности в регистрируемые сигналы используются соотношения, связывающие КЯ на верхней границе растительного покрова R_{TOS} (Top of Canopy) в видимом и ближнем ИК (1.61, 2.25 мкм) диапазонах длин волн. Разработанный метод позволяет выполнять атмосферную коррекцию спутниковых снимков и строить карты распределений параметров земных покровов в пределах Беларуси. Примеры восстановления биофизических параметров подстилающей поверхности по спутниковым данным приведены на рис. 2.

На основе разновременных многоспектральных спутниковых снимков территории Беларуси, сделанных приборами MERIS и MODIS за 2002–2012 гг., и разработанных алгоритмов показано, что более 90 % вариаций средней за вегетационный период температуры подстилающей поверхности определяется тремя основными факторами: общим содержанием водяного пара в атмосфере (TCWV), оптической толщиной аэрозоля (AOT) и долей поглощаемой растительностью фотосинтетически активной радиации (FAPAR). Построены карты чувствительности температуры подстилающей поверхности к отмеченным факторам, позволяющие без использования сложных моделей оценивать влияние аэрозольных загрязнений воздуха и степени озеленения территории на региональный климат. Количественно оценен форсинг температуры подстилающей поверхности, индуцированный растительным покровом, приводящий к тому, что с увеличением чистой первичной продуктивности с эквивалентным ростом доли поглощаемой фотосинтетически активной радиации на 10 %, дневная температура подстилающей поверхности уменьшится на 1.5 °С за счет большего суммарного испарения, а ночная увеличится 0.7 °С за счет большего поглощения солнечной энергии в течение дня. Обнаружена положительная связь между оптической толщиной фонового аэрозоля и температурой подстилающей поверхности на территории Беларуси в теплый период года и теоретически показано, что ее наличие обусловлено эффектами изменения комплексного показателя преломления и размера гидрофильных аэрозольных частиц в поле переменной влажности воздуха, способствующими увеличению пропускания аэрозолем солнечного излучения при абсорбции им влаги.

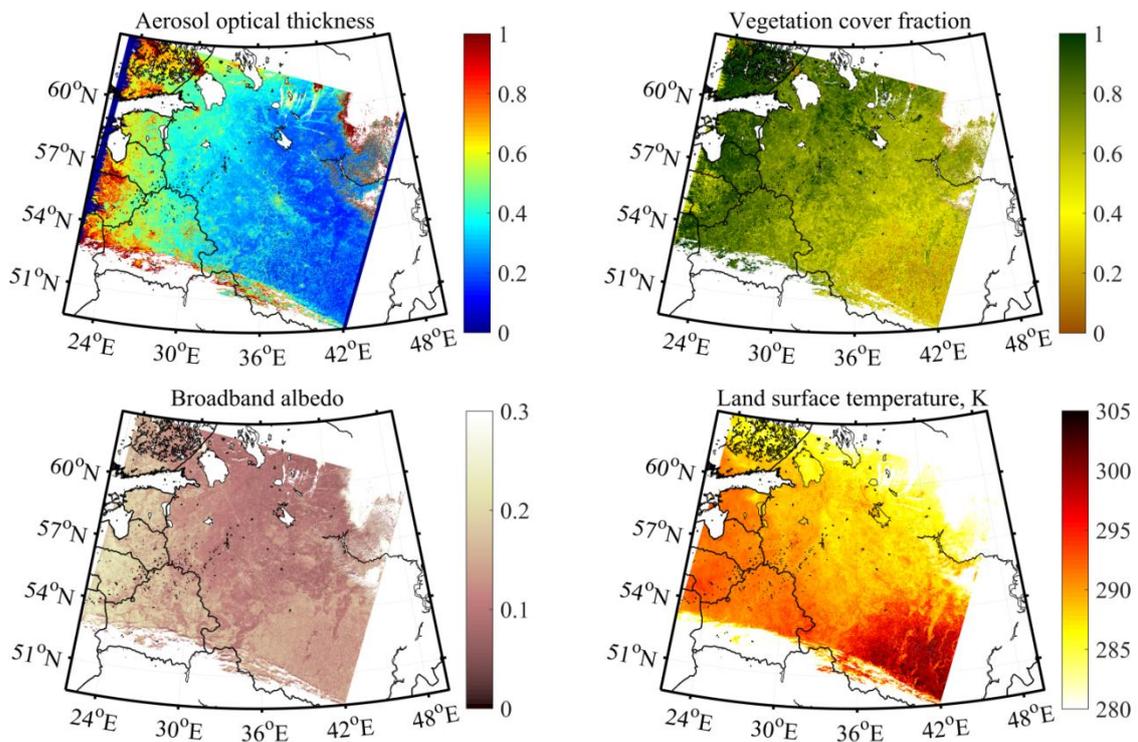


Рисунок 2. Пространственные распределения оптической толщины аэрозоля, проективного покрытия, широкополосного альбеда ($\lambda = 0,4\text{--}2,5$ мкм) и температуры подстилающей поверхности, восстановленные из многоспектрального снимка Земли прибором SLSTR

Список литературы

1. S.A. Lysenko. Fast algorithm for retrieval of the atmospheric fine particulate matter maps from the multispectral satellite images // *Atmos. Ocean. Opt.* 2017. V. 30, N. 9. P. 763–774.
2. С.А. Лысенко. Алгоритм восстановления интегрального содержания водяного пара в атмосфере над поверхностью суши по данным спутникового спектрорадиометра // *Журн. прикл. спектр.* 2017. Т. 84, № 2. С. 278–288.
3. S.A. Lisenko, M.M. Kugeiko, V.V. Khomich. Multifrequency lidar sensing of atmospheric aerosol under conditions of information uncertainty // *Atmos. Ocean. Opt.* 2016. V. 29, N. 6. P. 516–525.

4. С.А. Лысенко, В. В. Хомич. Верификация алгоритма обработки данных многочастотного лидарного зондирования аэрозоля // Журн. прикл. спектр. 2018. Т. 85, № 3. С. 491–498.
5. H. Tang, Z.-L. Li. Quantitative Remote Sensing in Thermal Infrared: Theory and Applications / H. Tang, Z.-L. Li. Springer-Verlag: Berlin, Heidelberg. 2014.
6. J. Zhou et. al. Land Surface Temperature Retrieval from MODIS Data by Integrating Regression Models and the Genetic Algorithm in an Arid Region // Remote Sensing. 2014. V. 6, N. 6. P. 5344–5367.
7. С.А. Лысенко и др. Основные научные результаты и разработки центра климатических исследований НАН Беларуси // Природопользование. 2018. Вып. 32.
8. S.A. Lysenko. Atmospheric correction of multispectral satellite images based on the approximate model of the solar radiation transfer // Atmos. Ocean. Opt. 2017. V. 30, N. 9. P. 775–788.

УДК 616.61-003.72:616.633-074:543.544.5

ВНЕДРЕНИЕ МЕТАБОЛОМНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В МЕДИЦИНСКУЮ ПРАКТИКУ: ВЭЖХ ПРИ ИЗУЧЕНИИ АМИКОКИСЛОТНОГО СПЕКТРА МОЧИ КАК МЕТОД ПОИСКА БИОМАРКЕРОВ КАМНЕОБРАЗОВАНИЯ В МОЧЕВЫХ ПУТЯХ

Т.М. ЮРАГА, Н.А. ГРЕСЬ, В.С. КАМЫШНИКОВ, А.А. СИВАКОВ

Государственное учреждение образование «Белорусская медицинская академия последипломного образования», ул. П. Бровки, 3, г. Минск, 220013, Беларусь

Аннотация. Для объективной оценки состояния метаболизма цистина как наиболее значимого метаболита при процессе камнеобразования в мочевых путях человека проведено исследование аминокислотного спектра мочи методом ВЭЖХ у 695 практически здоровых лиц 1-17 лет. Превышение референса цистина мочи выявлено в 1,4 % случаев. Степень выраженности цистинурии позволяет сформировать группы риска развития цистинового нефролитиаза.

Ключевые слова: цистин, лизин, аргинин, моча, мочекаменная болезнь.

Abstract. For an objective assessment of the state of cystine metabolism as the most significant metabolite in the process of stone formation in the human urinary tract, a study of the amino acid spectrum of urine was performed by HPLC in 695 healthy individuals 1–17 years old. Excess urine cystine reference was detected in 1.4% of cases. The severity of cystinuria allows you to form risk groups for the development of cystine nephrolithiasis.

Keywords: cysteine, lysine, arginine, urine, urolithiasis.

Введение

Метаболомика – постгеномная технология, которая изучает метаболические профили, включающие исходные, промежуточные и конечные продукты обмена веществ в клетке, ткани, органе или организме. Целью метаболомного анализа является идентификация и количественное измерение низкомолекулярных метаболитов биологического объекта. Данные анализа метаболитов представляют функциональные конечные результаты, связанные с физиологическими и патофизиологическими процессами, на которые оказывают влияние генетическая предрасположенность и факторы окружающей среды.

Метаболом человека по своему фундаментальному значению подобен геному человека – совокупности всех его генов, или протеому – совокупности всех его протеинов. Это своего рода химический аналог генома. И если геном представляет программу жизни, то метаболом – ее ингредиенты. Изучение метаболома человека проводится в основных доступных для практического использования биологических жидкостях – сыворотке крови, моче и спинномозговой жидкости. Ученые из Университета Альберты (University of Alberta) в Эдмонтоне каталогизировали и охарактеризовали 2 500 метаболитов, обнаруженных в человеческом организме. В рутинных клинических анализах в настоящее время задействовано немногим более 2% известных [1].

Метаболомный проект, знаменующий собой начало новой эры диагностики и обнаружения болезней, окажет на медицину и терапию более существенное влияние, чем проект “Геном человека”, поскольку метаболомы в качестве индикаторов здоровья и протекающих в организме физиологических процессов несравненно чувствительнее и доступнее для исследования [1, 2]. Метаболомы рассматриваются как осведомители генома, предназначенные для “предсказания, предупреждения и мониторинга многих генетических, инфекционных и связанных с загрязнением окружающей среды заболеваний”. Структура метаболома находится в исключительной зависимости от того, что человек ест, где он живет, от времени суток, времени года, общего состояния его здоровья и даже от душевного состояния [2].

Мочекаменная болезнь (МКБ) в настоящее время является одним из распространенных заболеваний, а «детский» уrolитиаз — актуальной проблемой для всех цивилизованных стран мира,

составляя 2-5% в популяции. В группе метаболических отклонений, приводящих к развитию МКБ, особое место занимает цистинурия. Нарушение обмена цистина представляет собой генетическую патологию с аутосомно-рецессивным типом наследования [3]. Определяющим фактором образования цистиновых моче­вых камней рассматривается высокая экскреция цистина с мочой, которая может достигать 3200 мкмоль/сут. В силу плохой растворимости в водной среде цистин легко переходит в кристаллическое состояние.

Целью исследования явилось изучение методом ВЖЭХ аминокислотного профиля мочи для выявления лиц группы риска предрасположенности к образованию цистиновых камней в мочевых путях.

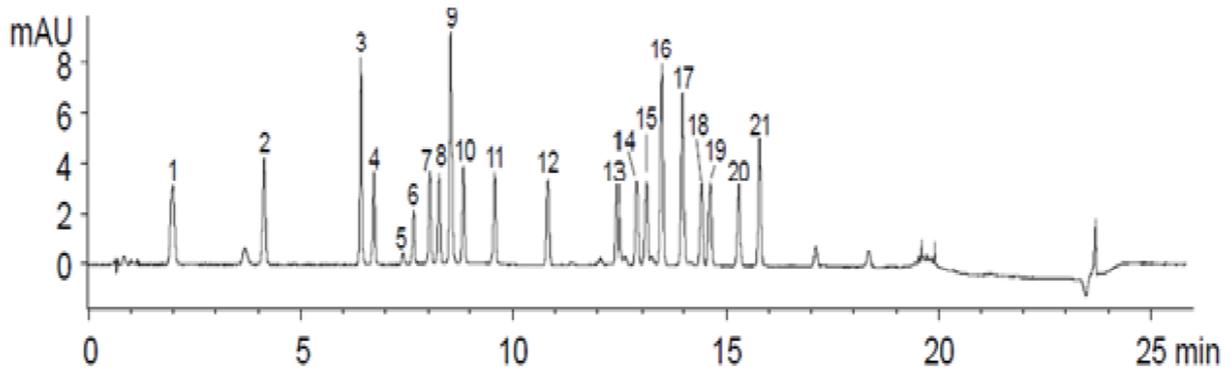


Рис. 1. Диаграмма аминокислотного спектра мочи выполненная хроматографе жидкостном Agilent 1100.

Примечание: 1 - аспарагиновая кислота (Asp), 2 - глутаминовая кислота (Glu), 3 - аспарагин (Asn), 4 - серин (Ser), 5 - глутамин (Gln), 6 - гистидин (His), 7 - глицин (Gly), 8 - треонин (Thr), 9 - цитруллин, 10 - аргинин (Arg), 11 - аланин (Ala), 12 - тирозин (Tyr), 13 - цистеин (Cys), 14 - валин (Val), 15 - метионин (Met), 16 - норвалин, 17 - триптофан (Trp), 18 - фенилаланин (Phe), 19 - изолейцин (Ile), 20 - лейцин (Leu), 21 - лизин (Lys), 22 - гидроксипролин (Hyp), 23 - саркозин (Sar), 24 - пролин (Pro).

Обследовано 695 практически здоровых лиц 1–17 лет. Содержание цистина в моче определяли методом высокоэффективной жидкостной хроматографии с предколоночной дериватизацией аналитов на хроматографе жидкостном Agilent 1100 с системой градиентного элюирования, устройством автоматического ввода пробы, термостатом колонок и спектрофотометрическим детектором (рисунок 1). Исследование проведено в суточной моче (мкмоль/сут) и в утренней порции мочи (мкмоль аминокислоты/ммоль креатинина).

Результаты исследований

По данным литературы, гиперцистинурия встречается в 2–12 % случаев [3]. Нами выявлено превышение референсных значений цистина в 1,4 %, аргинина – 2,9 % и лизина – 1,9 % случаев. Средние значения цистина и сопутствующих ему аминокислот аргинина и лизина в группе с гипераминоацидурией статистически значимо ($p < 0,001$) превышали соответствующие параметры в контроле как при изучении суточной экскреции, так и по данным исследования утренней порции мочи с пересчетом на единицу экскреции креатинина (табл. 1).

Таблица 1 – Значения суточной экскреции с мочой цистина, аргинина, лизина и их содержание в утренней порции мочи относительно креатинина у детей с гипераминоацидурией в сравнении с контролем ($\bar{X} \pm Sx$)

Группа	Суточная экскреция с мочой аминокислот, мкмоль/сут			Содержание аминокислот (АК) в утренней моче относительно креатинина, отн. ед. (мкмоль АК/ммоль креатинина)		
	цистин	аргинин	лизин	цистин	аргинин	лизин
Контроль	46,3±1,4	31,0±0,9	105,1±2,8	8,7±0,3	6,8±0,3	21,8±0,7
Лица с гипераминоацидурией	103,8±17,1*	146,4±7,8*	399,3± 63,2*	49,6±4,3*	57,4 ± 6,2*	125,1±11,4*

Примечание: * – $p < 0,001$

При клинической оценке результатов исследования мы исходили из того, что повышение в моче уровня аргинина и лизина в развитии кристаллурии, нефролитиаза и нарушения функции почек особой роли не играет: определяющим в механизмах формирования камней считается уровень цистина [3]. Как и при многих наследственных заболеваниях, нарушение метаболизма цистина может иметь легкую форму, когда его повышение в моче не достигает высокой степени, не сопровождается изменениями мочевого осадка и не приводит к образованию камней [3]. В анализируемой выборке увеличение количества экскретируемых цистина, аргинина и лизина не сопровождалось клиническими симптомами и отклонением от нормы показателей общего анализа мочи. В итоге наличие повышенного уровня цистина в моче было расценено нами как выражение гиперцистинурии, свидетельствующей о необходимости динамического наблюдения за данной категорией обследованных, у которых в последующем может быть повышен риск образования цистиновых камней в почках. Формирование камней может начинаться в детстве, но пик заболеваемости приходится на второе и третье десятилетия жизни.

Заключение

Учитывая, что условием для образования цистиновых камней в мочевой системе является превышение физиологических значений содержания в моче цистина, констатации только наличия этой аминокислоты в моче методом качественной диагностики недостаточно. Для объективной оценки состояния метаболизма цистина с целью формирования группы риска развития цистинового нефролитиаза необходима оценка степени выраженности цистинурии. Своевременное определение характера метаболических нарушений у конкретного пациента позволит разработать дифференцированную персонифицированную программу мероприятий по профилактике камнеобразования в почках.

Список литературы

1. Титов В. Н., Дугин С. Ф. Протеомика, метаболомика и будущее клинической лабораторной диагностики // Клиническая лабораторная диагностика. 2007. № 1. С. 23-34.
2. Арчаков А. И. Биоинформатика, геномика и протеомика – науки о жизни XXI столетия // Вопросы медицинской химии. 2000. – Т. 46. – № 1. – С. 4-7.
3. Игнатова М.С. Наследственные и врожденные нефропатии // Нефрология; под ред. И. А. Тареевой. М.: Медицина, 2000. – С. 337-371.

УДК 616.28-008.1 -08:621.395.721.5

ПЛАТФОРМА СКРИНИНГОВОГО ОБСЛЕДОВАНИЯ СЛУХА У ДЕТЕЙ РАННЕГО ШКОЛЬНОГО ВОЗРАСТА НА ОСНОВЕ СМАРТФОНА

М.И. ВАШКЕВИЧ¹, О.Г. ХОРОВ², А.А. ПЕТРОВСКИЙ¹

¹Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
ул. П. Бровки, 6, г. Минск, 220013, Республика Беларусь

²Гродненский государственный медицинский университет
ул. М. Горького, 80, г. Гродно, Республика Беларусь

Аннотация. В работе описывается платформа скринингового обследования слуха у детей раннего школьного возраста. В качестве аппаратно-программной платформы выступает смартфон с разработанной программой реализующей проверку слуха, анализ полученной аудиограммы, хранение и передачу данных. Практическое применение указанной разработки позволило выявить неучтенные патологии слуха у 3% школьников г. Гродно в возрасте 8–10 лет, участвовавших в пилотном испытании.

Ключевые слова: скрининг слуха, мобильно приложение.

Abstract. The paper presents platform for hearing screening survey for school-aged children. The platform is based on a smartphone with installed program that implements hearing test, audiogram analysis, data storage and transmission. Practical application of the technology allows to detect unaccounted hearing pathology in 3% schoolchild (Grodno city) in ages 8-10, that participate in pilot trial.

Keywords: hearing screening, mobile application.

Введение

Снижение слуха у детей – это социальная, экономическая и личностная проблема, препятствие для получения полноценного образования, основа для психоземotionalных и речевых расстройств. Проведение скрининга слуха у детей дошкольного и школьного возраста с помощью аппаратных методов в Республике Беларусь не производится, как и в других странах постсоветского пространства. Выявление слабослышащих детей осуществляется с помощью обычных методов исследования шепотной и разговорной речи, что не может дать объективных данных о слухе ребён-

ка. После такого отбора проводятся аудиометрические исследования или тимпанометрия. В 2011 году в Европе принят Консенсус об аудиологическом скрининге детей школьного возраста, а первые пилотные исследования подобного рода были проведены в 2006 году в Польше [1].

В настоящее время широкое распространение смартфонов делает их привлекательной платформой для использования во многих областях человеческой деятельности. В настоящей работе рассматривалась возможность использования смартфона в качестве аппаратной основы для проведения скринингового обследования слуха у детей школьного возраста. Такая возможность оправдывается тем, что несколько лет назад уже было предложено использовать смартфон в качестве вспомогательной технологии для слабослышащих (англ. *Hearing Assistive Technology*) «Petralex» в [2]. Применимость данной технологии для коррекции слуховых нарушений была подтверждена в [3].

Теоретический анализ

Целью скрининга является массовое обследование группы людей для выявления случаев заболевания на начальной фазе и своевременного оказания медицинской помощи. Для профессионального выполнения скрининга требуется дорогостоящее аудиологическое оборудование. Однако на современном этапе развития появилась реальная возможность использовать аппаратно-программную платформу смартфона для проведения скринингового обследования слуха (рис. 1).

Любой современный смартфон оснащен аудиоподсистемой с помощью которой можно генерировать звуковые сигналы с частотой дискретизации 44100 Гц, что более чем достаточно для реализации на нем тестов тональной аудиометрии.

Естественным возражением против предлагаемого подхода может быть то, что смартфон с подключенными наушниками не является откалиброванным оборудованием. Однако, если принять во внимание, что целью скрининга является не точное определение порогов слышимости, а выявление тех людей, чей слух отличается от усредненного порога слышимости, то данное возражение теряет свою силу.



Рис. 1. Смартфон с подключенными наушниками и запущенной программой для скрининга

Методика

Калибровка оборудования. Тестирование производится при помощи обычных наушников относительно усредненного порога слышимости. Для получения усредненного порога слышимости выполняется калибровка, в процессе которой для данного телефона и данного вида наушников определяются пороги слышимости у 10 здоровых молодых людей с хорошим слухом. Полученные результаты усредняются и принимаются за «усредненный порог слышимости».

Процедура тестирования. Тестирование слуха выполняется отдельно для правого и левого уха методом тональной аудиометрии на частотах 125, 250, 500, 1000, 2000, 3000, 4000 и 8000 Гц. В качестве тестового сигнала подается тональный сигнал заданной частоты с плавно нарастающей амплитудой. В момент, когда пользователь начинает слышать тон, он нажимает кнопку.

Хранение и обработка данных. Все результаты прохождения тестирования сохраняются на смартфоне и могут быть высланы на электронный ящик в формате таблицы Excel.

Экспериментальная часть

Эксперимент 1.

Целью эксперименты было дать оценку качеству исследования слуха с помощью смартфона. В ходе эксперимента сравнивались результаты исследования слуха, полученные с помощью мобильного приложения и при помощи стандартного аудиометра. Участниками эксперимента выступали лица (41 человек) с уже установленным аудиологическим диагнозом, у которых была известна степень потери слуха. С помощью аудиометра нарушение слуха по частотам было зарегистрировано у 41 человека. Проверка слуха с использованием смартфона также выявила нарушения слухового восприятия у 41 человека. Совпадение отклонений от нормального слуха было установлено у всех пациентов. Таким образом, совпадение результатов составило 100 %.

Эксперимент 2.

На базе общеобразовательной школы г. Гродно были проведены организационные мероприятия и осуществлено пилотное обследование учащихся. Всего в испытания было обследовано 198 детей, возраст которых составил 8 -10 лет. Из них было выявлено нарушение слуха у 6 детей (3%), которые были направлены на дообследование в сурдологический кабинет Гродненской областной клинической больницы.

На рис. 2 показаны примеры аудиограмм детей, не прошедших слуховой тест. Красной точкой на графиках отмечается слуховой порог, который превышает норму больше, чем на 25 дБ.



Рис. 2. Примеры аудиограмм детей не прошедших тест

В последствии, детям, у которых было найдено отклонение от нормального слухового восприятия были поставлены следующие диагнозы: в 2 случаях выявлена односторонняя нейросенсорная тугоухость; в 1 случае двухсторонняя нейросенсорная тугоухость; в 2 случаях двухсторонний экссудативный средний отит; в 1 случае – адгезивный средний отит.

Результаты и их обсуждение

Дети не всегда понимают, когда фиксировать услышанный звук в наушнике нажатием на кнопку, а продолжают слушать звуки.

Девочки намного быстрее схватывают суть метода, более быстро и качественно проходят тест.

При непрохождении теста с первого раза или когда имеется снижение слуха хотя бы на одной частоте, даётся вторая попытка, при которой дети обычно справляются с прохождением теста (вторая попытка была предоставлена 9 детям, 7 из которых успешно прошли тест). Не все дети в классе проходят исследование, ввиду отказа родителей в проведении данной процедуры.

Заключение

Проведенные исследования показывают, что смартфон с программным обеспечением, обеспечивающим прохождение теста слуха может быть использован для проведения скрининга у детей школьного возраста по выявлению нарушений слуха. Преимущества метода: простота, доступность, качество. Проведенное обследование слуха на базе предлагаемой платформы среди учащихся общеобразовательной школы г. Гродно позволило выявить патологии слуха у 3% детей в возрасте от 8-10 лет.

Список литературы

1. Kochanek, K. "A Universal Computer Audiometer for Objective Hearing Testing and Screening" / K. Kochanek, L. Sliwa, J. Zajac, H. Skarzynski // IEEE International Workshop on Medical Measurement and Applications, Warsaw, Poland, May 4-5, 2007. – pp. 1–3.
2. Азаров И.С. Система коррекции слуха на мобильной вычислительной платформе / И.С. Азаров, М.И. Вашкевич, С.В. Козлова, А.А. Петровский // Информатика. – 2014. – № 2 (42). – С. 6–25.
3. Козлова С.В. Применение мобильного приложения Petralex для коррекции слуховых нарушений / С.В. Козлова, М.И. Вашкевич // Оториноларингология. Восточная Европа. – 2018. – №1. – С. 81–89.

ИК СПЕКТРОСКОПИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРЫ ИСХОДНЫХ МАТРИЦ НА ОСНОВЕ ПОЛИЭТИЛЕНА И ПОЛИПРОПИЛЕНА ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ БИОСПЕЦИФИЧЕСКИХ СОРБЕНТОВ

Е.В. КОРОЛИК, М.В. ГОЛЬЦЕВА, В.А. ЖУКОВСКАЯ, Г.Г. ЛУБНЕВСКАЯ, А.А. ИВАНОВ

Белорусский государственный медицинский университет, Республика Беларусь

Аннотация. Методом ИК спектроскопии проведен анализ структуры модифицированных матриц на основе различных гранул полиэтилена и полипропилена для получения биоспецифического сорбента. Показано образование привитой полиакриловой кислоты в результате радиационной прививочной полимеризации акриловой кислоты на гранулах полиэтилена и полипропилена. Установлено, что при повышении дозы облучения свыше 6 Гр происходит разрушение кристаллической структуры, характерной для исходного ПЭ, что приводит к увеличению степени прививки ПАК на ПЭ.

Ключевые слова: ИК спектры, полиэтилен, полипропилен, радиационная прививочная полимеризация, акриловая кислота, биоспецифический сорбент.

Abstract. The structure of modified matrices based on various granules of polyethylene and polypropylene was analyzed using IR spectroscopy to obtain a biospecific sorbent. The formation of grafted polyacrylic acid as a result of the radiation graft polymerization of acrylic acid on polyethylene and polypropylene granules is shown. It was established that with an increase in the irradiation dose above 6 Gy, a destruction of the crystal structure characteristic of the initial PE occurs, which leads to an increase in the degree of drafting of PAA on PE.

Keywords: infrared spectrum, polyethylene, polypropylene, radiation graft polymerization, acrylic acid, biospecific sorbent.

Введение

Существует целый ряд заболеваний, при которых даже самая современная медикаментозная терапия не приносит желаемых результатов. В таких случаях эффективными оказываются методы эфферентной терапии, один из которых – гемосорбция [1]. Данный метод заключается в избирательном извлечении из крови патогенетически значимых компонентов и метаболитов, а также белков, пептидов, липидов и их производных. Для этого используются биоспецифические сорбенты. Они состоят из носителя - вещества, составляющего основу сорбента – матрицы, и иммобилизованного на нем биоспецифического лиганда, который обеспечивает селективное извлечение из биологических сред токсических метаболитов. Для установления физико-химических свойств разрабатываемого сорбента возможно использование как химических, так и высокочувствительных спектроскопических методов. Колебательная спектроскопия раскрывает при этом обширные возможности для детального анализа структуры получаемого биоспецифического гемосорбента. Метод инфракрасной спектроскопии является одним из немногочисленных комплексных методов, позволяющим установить качественные и количественные изменения в процессах модификации полимеров, являющихся матрицей гемосорбента, а так же способа присоединения к последней лиганда.

Цель данной работы – ИК спектроскопическое исследование структуры исходных и модифицированных матриц на основе полиэтилена и полипропилена путем радиационной прививки акриловой кислоты с целью их дальнейшего использования в качестве матриц для биоспецифического гемосорбента.

Материалы и методы

В работе исследовались образцы исходных матриц и матриц биоспецифических сорбентов на основе полиэтилена (ПЭ) и полипропилена (ПП), модифицированных радиационной прививочной полимеризацией акриловой кислотой (АК). В качестве исходных материалов использовался ПЭ высокого давления (гранулы 3,0×5,0 и 1,5×3,0 мм) марки 15803-020 (ГОСТ 16337-77) и ПП марки Бален – 01130, ГОСТ 12.1.044 (гранулы – не менее 2 мм и 3,0×5,5 мм). Прививку полиакриловой кислотой (ПАК) на ПЭ и ПП проводили методом радиационной прививочной полимеризации

[2-3] в 20%-ом водном растворе акриловой кислоты γ -лучами ^{60}Co при комнатной температуре на установке РХМ γ -20. Время эксперимента – 3 часа, доза – 6 Гр. Для ингибирования гомополимеризации акриловой кислоты использовали соль Мора в концентрации 4 г/л. В качестве сшивающего агента использовали N,N'-метилен-бис-акриламид (МБАА). Для удаления гомополимера из реакционной смеси, который может образовываться в процессе прививочной полимеризации, модифицированные гранулы ПЭ и ПП отмывали дистиллированной водой при комнатной температуре в течение 24 часов с пятикратной заменой воды. Все образцы были синтезированы в лаборатории прикладной биохимии Института биоорганической химии НАН Беларуси.

ИК спектры пропускания в области частот 4000-400 см^{-1} регистрировались на ИК-Фурье спектрометре Nicolet 6700 (США) при спектральном разрешении 2 см^{-1} и числе сканирований 256, при этом прибор постоянно продували сухим воздухом. Для ИК спектроскопического анализа гранулы исходных образцов ПЭ, ПП и модифицированных ПЭ и ПП сушили при 90 $^{\circ}\text{C}$ в течение 2 часов, а затем получали микросрезы с поверхности гранул (толщина среза ~ 5 мкм). ИК спектры МНПВО регистрировали с помощью серийной приставки, используя кристалл KRS-5 с углом отражения 45 $^{\circ}$.

Результаты и их обсуждение

В данной работе были получены и проанализированы ИК спектры исходных и модифицированных образцов матриц для биоспецифических сорбентов на основе ПЭ (гранулы 3,0×5,0 мм) и ПП (гранулы не менее 2,0 мм и 3,0 ×5,0 мм).

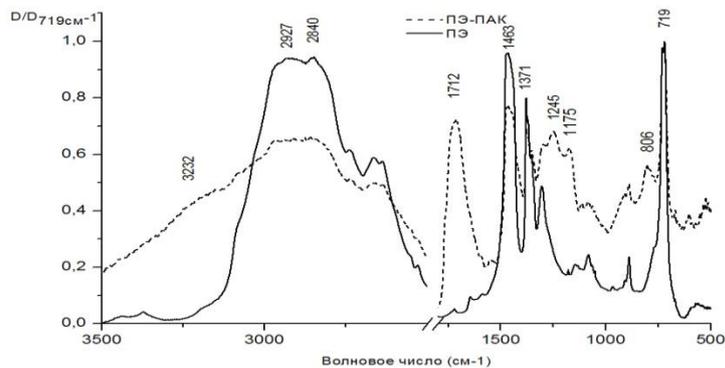


Рис. 1. ИК спектры поглощения исходного полиэтилена (гранулы 3,0×5,0 мм) и модифицированной матрицы полиэтилен - полиакриловая кислота

На рисунке 1 приведены ИК спектры поглощения образцов исходного ПЭ и ПЭ -ПАК. Известно, что в ИК спектре ПЭ имеется ряд полос поглощения в интервалах при 3100 - 2600 и 1500 - 700 см^{-1} , обусловленных валентными и деформационными колебаниями группы CH_2 , соответственно. В техническом полиэтилене наряду с группами CH_2 присутствуют и группы CH_3 , колебания которых проявляются тоже в этих областях [4]. В ИК спектре исходного ПЭ в области частот 3100 - 2700 см^{-1} наблюдается широкая полоса, контур которой сильно искажен из-за сильного поглощения излучения исследуемым образцом в рассматриваемой области (Рис.1).

Для выявления компонент указанной выше полосы поглощения был получен ИК спектр МНПВО исходного ПЭ, представленный на рисунке 2.

В ИК спектре ПЭ (Рис.1) дублетная полоса поглощения с максимумами при 719 и 728 см^{-1} обусловлена колебаниями $\gamma_4(\text{CH}_2)$: 719 см^{-1} - в аморфной и кристаллической частях ПЭ, а полоса при 728 см^{-1} – только в кристаллической [4]. При химической модификации ПЭ акриловой кислотой соотношение рассматриваемых полос поглощения не изменяется. Это означает, что степень кристалличности ПЭ при данных условиях эксперимента сохраняется, что позволяет наиболее интенсивную компоненту при 719 см^{-1} использовать в качестве внутреннего стандарта.

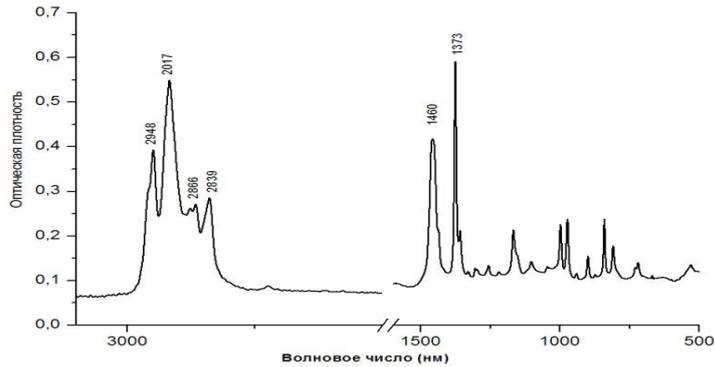


Рис. 2. ИК спектр МНПВО исходного полиэтилена

Как видно из рисунка 1 в ИК спектре поглощения ПЭ, модифицированного прививочной полимеризацией АК, помимо полос поглощения ПЭ, присутствуют интенсивные полосы при 1712 и 1245см^{-1} , менее интенсивные полосы при 1175 см^{-1} и 806 см^{-1} . а также широкая полоса в области частот $3500 - 3100\text{ см}^{-1}$. По своему положению, форме и соотношению интенсивностей полос при 1712 , 1245 , 1175 см^{-1} и 806 см^{-1} подобны полосам поглощения ПАК, что может служить доказательством образования привитого полимера. В спектральном интервале частот $3500 - 3100\text{ см}^{-1}$, как известно [4], проявляются валентные колебания групп ОН и NH. Поэтому наблюдаемая широкая полоса в области $3500 - 3100\text{ см}^{-1}$ может быть обусловлена валентными колебаниями как групп ОН привитого полимера ПАК и остаточного мономера АК, а также группами NH, принадлежащими сшивающему агенту МБАА. Наличие остаточного мономера привело бы к появлению полосы валентных колебаний групп $\text{C}=\text{C}$, расположенной в области частот $1640 - 1600\text{ см}^{-1}$ [3]. Поскольку такая полоса в рассматриваемом спектре не наблюдается, значит остаточный мономер в исследуемом образце отсутствует. Что касается МБАА, то его вкладом в поглощение при $3500 - 3100\text{ см}^{-1}$ можно пренебречь, так как он добавлялся в реакционную смесь в количестве всего 1% от массы АК. Поэтому появление в спектре ПЭ, модифицированного привитой ПАК, широкой полосы в области $3500 - 3100\text{ см}^{-1}$, следует отнести исключительно за счет групп ОН привитого полимера.

Таким образом, наблюдаемые изменения в ИК спектре модифицированной матрицы по сравнению с исходным ИК спектром ПЭ свидетельствуют об образовании привитой полиакриловой кислоты в результате радиационной прививочной полимеризации акриловой кислоты на гранулах полиэтилена, а интенсивность полосы поглощения при 1712 см^{-1} , обусловленная валентными колебаниями групп $\text{C}=\text{O}$ ПАК, может быть использована для оценки содержания привитой акриловой кислоты.

Основным требованием к сорбентам медицинского назначения является высокая сорбционная емкость по отношению к удаляемым веществам. Одним из способов ее увеличения – это возрастание контактной поверхности сорбента, которая достигается в нашем случае за счет использования мелких гранул. С этой целью в работе были исследованы и образцы ПЭ-ПАК на основе гранул ПЭ размером $1,5 \times 3,0\text{ мм}$, полученных при тех же условиях синтеза, что и образцы ПЭ-ПАК на основе гранул ПЭ размером $3,0 \times 5,0\text{ мм}$. Механизм образования привитой ПАК в результате радиационной прививочной полимеризации на гранулах ПЭ разного размера одинаков и степень прививки в этих образцах примерно одна и та же. Из этого следует, что размеры гранул исходного носителя не влияют на степень прививочной полимеризации ПАК на исходный полиэтилен.

В настоящее время, в качестве носителя для модифицированной матрицы при получении биоспецифических сорбентов наряду с ПЭ используется и полипропилен [3]. Поэтому в работе были исследованы образцы модифицированной матрицы на основе ПП.

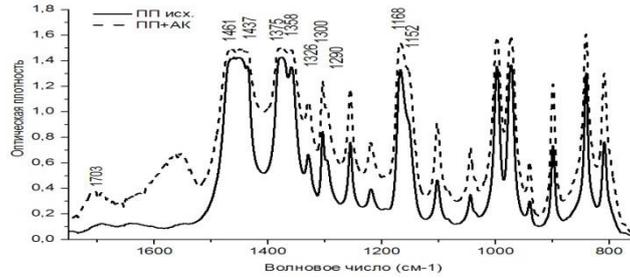


Рис. 3. ИК спектры поглощения исходного полипропилена и модифицированной матрицы полипропилен - полиакриловая кислота

Как видно из рисунка 3, в ИК спектре модифицированной матрицы полипропилена, по сравнению с ИК спектром исходного ПП, наблюдается появление новой полосы поглощения в области $1750 - 1660 \text{ см}^{-1}$ слабой интенсивности, обусловленное валентными колебаниями групп $\text{C}=\text{O}$ ПАК. Это свидетельствует, что при данных условиях эксперимента, степень прививки ПАК незначительна. По всей вероятности, для модификации матрицы на основе ПП необходимы другие условия радиационного воздействия, чем для ПЭ матрицы.

Известно [1], что при увеличении привеса ПАК на ПЭ, увеличивается и гемосовместимость матрицы. Одним из способов увеличения содержания привитой ПАК при радиационной прививке к ПЭ является изменение дозы облучения. С этой целью в работе было проведено исследование образцов модифицированных матриц на основе ПЭ, полученных при разных дозах облучения (Рис.4.)

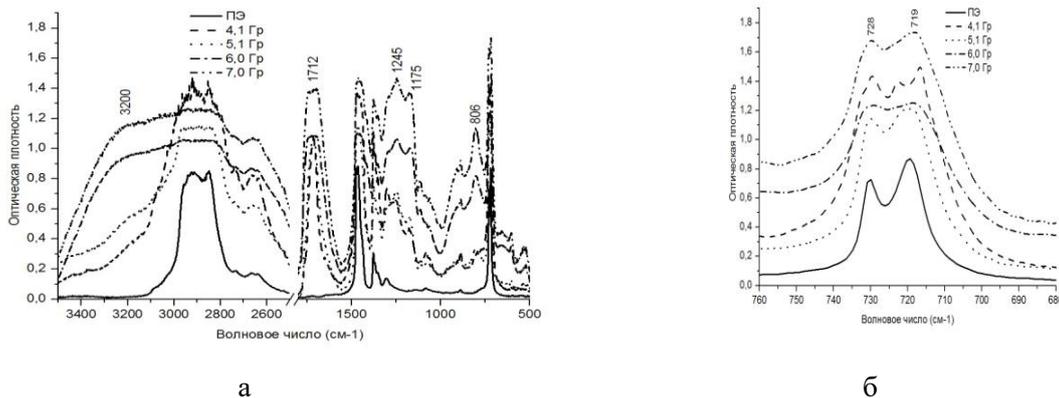


Рис. 4. ИК спектры поглощения исходного полиэтилена и модифицированной матрицы полиэтилен - полиакриловая кислота разной степени замещения в области частот $3600 - 500 \text{ см}^{-1}$ (а) и $760 - 680 \text{ см}^{-1}$ (б)

Как видно из рисунка 4(а), увеличение дозы облучения приводит к росту интенсивности полос поглощения при $1712, 1245, 1175, 806 \text{ см}^{-1}$ и к увеличению поглощения в области частот $3500 - 3100 \text{ см}^{-1}$ с максимумом при 3200 см^{-1} . Причем указанные выше полосы становятся наиболее интенсивными при дозах облучения 6-7 Гр, что свидетельствует об увеличении степени прививки ПАК. Подтверждением этого могут служить и данные, полученные при исследовании зависимости массы привеса привитой акриловой кислоты к полиэтилену от величины поглощенной дозы γ -излучения. Масса привеса привитой акриловой кислоты к полиэтилену увеличивается с ростом дозы облучения ($4,1 \text{ Гр} - 0,34\%$; $5,1 \text{ Гр} - 0,63\%$; $6,0 \text{ Гр} - 1,50\%$; $7,0 \text{ Гр} - 2,40\%$).

Наряду с ростом интенсивностей указанных выше полос происходит и существенное изменение в области частот $760 - 650 \text{ см}^{-1}$, согласно рисунку 4(б). Дублетная полоса поглощения с максимумами при 719 и 728 см^{-1} в ИК спектре ПЭ обусловлена колебаниями $\gamma_r(\text{CH}_2)$: 719 см^{-1} - в аморфной и кристаллической частях ПЭ, а полоса при 728 см^{-1} - только в кристаллической. При модификации ПЭ акриловой кислотой при дозах от 4 до 5 Гр соотношение рассматриваемых полос поглощения практически не изменяется, что свидетельствует о сохранении кристаллической структуры ПЭ при данных условиях эксперимента. С увеличением дозы облучения от 6 Гр и выше наблюдаются изменения относительных интенсивностей указанных выше полос. Можно предположить, что в поверхностном слое гранул ($5-8 \text{ мкм}$) при указанных выше дозах облучения происходит разрушение кристаллической структуры, характерной для исходного ПЭ, что и позволяет увеличить количество привитой АК.

Закключение.

Методом ИК спектроскопии проведен анализ структуры модифицированных матриц на основе различных гранул полиэтилена и полипропилена для получения биоспецифического сорбента. Показано образование привитой полиакриловой кислоты в результате радиационной прививочной полимеризации акриловой кислоты на гранулах полиэтилена и полипропилена. Для получения модифицированной матрицы на основе полипропилена с более высокой степенью прививки необходимо использовать другие условия радиационного воздействия, чем для ПЭ матрицы. Установлено, что при повышении дозы облучения свыше 6 Гр происходит разрушение кристаллической структуры, характерной для исходного ПЭ, что приводит к увеличению степени прививки ПАК на ПЭ.

Список литературы

1. Кирковский В.В. Физико-химические методы коррекции гомеостаза./В.В. Кирковский. – М.: Издательский дом «Русский врач», 2012. – 216с.
2. Francis S., Radiation – induced grafting of diallyldimethylammonium chloride onto acrylic acid grafted polyethylene / S. Francis, B.R. Dhanawadea, D. Mitraa, L. Varshneya, S. Sabharwala // Radiation Physics and Chemistry. – 2009. – Vol. 78. – P. 42 – 47.
3. Tong G. Supercritical carbon dioxide-assisted preparation of polypropylene grafted acrylic acid with high grafted content and small gel percent / Tong Gang-shenga // The Journal of Supercritical Fluids. – 2009. – V. 48. – P. 261 – 268.
4. Дехант И. Инфракрасная спектроскопия полимеров / И. Дехант, Р. Данц, В. Киммер, Р. Шмольке; под ред. Э.Ф. Олейника. – М.: Химия, 1976. – 472 с.

УДК 535.371: 543.422.4

АНАЛИЗ СТРУКТУРЫ И СВЯЗЫВАЮЩЕЙ СПОСОБНОСТИ ОСНОВНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ БЕЛКОВ ПЛАЗМЫ КРОВИ ПАЦИЕНТОВ С ДИСЛИПИДЕМИЕЙ МЕТОДАМИ ИК СПЕКТРОСКОПИИ И ФЛУОРЕСЦЕНТНОГО ЗОНДИРОВАНИЯ

Е.В. КОРОЛИК¹, А.А. ИВАНОВ¹, Н.И. ИНСАРОВА¹, В.Г. ЛЕЩЕНКО¹,
А.Э. ДИКЕВИЧ², А.К. КОРОЛИК², В.В.КИРКОВСКИЙ²

¹ Белорусский Государственный Медицинский Университет, Республика Беларусь

² Минский научно-практический центр хирургии, трансплантологии и гематологии, Республика Беларусь

Аннотация. В работе проведено исследование структурно-функционального состояния основных транспортных белков плазмы крови – сывороточный альбумин и липопротеины – у пациентов с дислипидемией разного генеза (ишемическая болезнь сердца и лакунарный инфаркт головного мозга) методами флуоресцентного зондирования и ИК спектроскопии. Показано, что повышение связывания анионного зонда АНС в плазме крови пациентов по сравнению с контрольной группой обусловлено структурными изменениями в липопротеинах низкой и очень низкой плотности. Установлено, что наиболее высокая активность этих липопротеинов в отношении анионных гидрофобных субстанций отмечается при ишемической болезни сердца.

Ключевые слова: метод флуоресцентного зондирования, ИК спектроскопия, дислипидения, плазма крови, сывороточный альбумин человека, липопротеины низкой и очень низкой плотности.

Abstract. The study of the structural and functional state of the main transport proteins of blood plasma - serum albumin and lipoproteins - in patients with dyslipidemia of different genesis (coronary heart disease and lacunary brain infarction) using fluorescence probing and IR spectroscopy methods has done. It is shown that an increase in the binding of the anion probe ANS in the blood plasma of patients compared with the control group is due to structural changes in the low and very low density lipoproteins. It has been established that the highest activity of these lipoproteins in relation to anionic hydrophobic substances is observed in ischemic heart disease.

Keywords: fluorescence probing method, IR spectroscopy, dyslipidemia, blood plasma, human serum albumin, low and very low density lipoproteins.

Введение

В последние годы все больший интерес вызывает структура и метаболизм липидов в организме. Атеросклероз является причиной наиболее серьезных сердечно-сосудистых заболеваний, в частности, ишемической болезни сердца, которая может привести к развитию инфаркта миокарда, а также инфаркту головного мозга [1]. На долю основных сердечно-сосудистых заболеваний, вызываемых атеросклерозом, приходится в целом примерно половина смертных случаев среди взрослого населения. Поэтому любая дополнительная информация о структурно - функционального состояния основных транспортных белков плазмы крови у пациентов с дислипидемией позволит более четко подходить к вопросу о коррекции нарушений липидного обмена, которая является актуальной про-

блемой практической медицины. В этом отношении достаточно эффективны спектроскопические методы – ИК спектроскопия и метод флуоресцентного зондирования [2–3].

Цель данной работы – анализ структурно-функциональное состояние основных транспортных систем плазмы крови – сывороточного альбумина человека (ЧСА) и липопротеинов – у пациентов с инфарктом головного мозга и ишемической болезнью сердца (ИБС) с дислипидемией методами флуоресцентного зондирования и ИК спектроскопии.

Материалы и методы

В работе использовалась плазма крови здоровых доноров – контрольная группа (n=34); пациентов с лакунарным инфарктом головного мозга и дислипидемией (n=22); ишемической болезнью сердца и дислипидемией (n=21). Для всех исследованных образцов плазмы крови пациентов был проведен биохимический анализ крови на содержание альбумина, общего холестерина, триглицеридов и холестерина липопротеинов различной плотности. Все образцы плазмы крови пациентов с дислипидемией и контрольной группы получены из **Минского научно-практического центра хирургии, трансплантологии и гематологии**.

Для проведения ИК спектроскопических исследований были получены тонкие пленки на поверхности оптических окон из кристаллов KRS-5. ИК спектры в области частот 4000-400 см⁻¹ регистрировались на ИК-фурье спектрометре *Nexus 670* (Nicolet, США) при спектральном разрешении 2 см⁻¹ и числе сканирований 128, при этом прибор постоянно продували сухим воздухом.

В работе были использованы различные гидрофобные флуоресцентные зонды: анионный – АНС («Реахим», Москва, Россия) и нейтральный –НК («Sigma», St. Luois, Mo., USA). Спектры зондовой флуоресценции регистрировались на спектрофлуориметре SFL-1211A («СОЛАР», Минск, Беларусь). Оптимальные условия регистрации и использования зондов приведены в работе [4].

Результаты и обсуждение

На рисунке 1 представлены результаты тестирования связывающей способности альбумина и липопротеинов в плазме крови больных с дислипидемией. Все пациенты с дислипидемией были разделены на две группы в зависимости от основного диагноза: к 1-ой отнесены пациенты с диагнозом – лакунарный инфаркт головного мозга; ко 2-ой – ИБС.

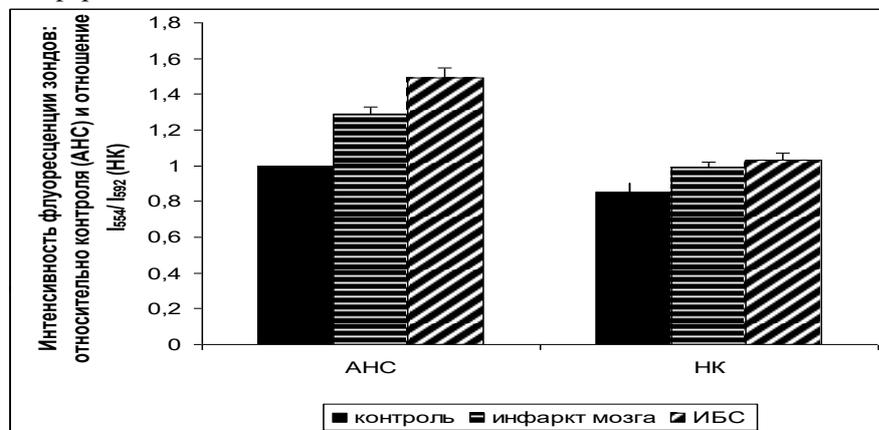


Рис. 1. Интенсивность флуоресценции зондов АНС и НК в плазме крови пациентов с инфарктом мозга и ИБС

Альбумин является основным транспортным белком, связывающим анионный флуоресцентный зонд АНС в плазме крови. Интенсивность флуоресценции этого зонда зависит от концентрации альбумина в плазме крови, его загруженности лигандами, от конформационных изменений белка, приводящих к появлению дополнительных центров связывания [4]. Для получения более объективных данных, нами был использован флуоресцентный параметр ($I_{АНС}/C_{САЧ}$) – интенсивность флуоресценции зонда АНС, нормированная на единицу концентрации альбумина. Флуоресцентный параметр $I_{АНС}/C_{САЧ}$, характеризующий связывающую способность альбумина в плазме крови к анионным гидрофобным метаболитам, оказался выше на 29% для пациентов 1-ой группы и на 49% – для 2-ой группы по сравнению с контрольной группой (Рис.1). В тоже время средние значения концентраций альбумина для исследуемых пациентов с лакунарным инфарктом головного мозга и ИБС существенно уменьшаются на 23% и 29,5%, соответственно, по сравнению с контрольной группой (Табл.1).

Таблица 1 – Средние значения биохимических показателей в плазме крови здоровых доноров и пациентов с инсультом и ИБС

Биохимические показатели	Здоровые доноры (n=34)	Пациенты с инфарктом мозга (n=22)	Пациенты с ИБС (n=21)
Концентрация альбумина, г/л	44,0±1,42	34,0±1,42*	31,40±1,42*
Суммарное содержание ЛПНП+ЛПОНП, ммоль/л	< 3,00 (норма)	4,08±0,12*	4,65±0,14*

Примечание: * – различия достоверны по сравнению с контролем при $p < 0,05$.

Анализируя полученные данные, можно предположить, что альбумин в плазме крови пациентов с ИБС и инфарктом мозга претерпевает конформационные изменения, приводящие к образованию дополнительных центров связывания на белке для взаимодействия с отрицательно заряженными гидрофобными метаболитами. Наличие таких дополнительных центров связывания объяснило бы повышение связывающей способности альбумина на фоне снижения концентрации ЧСА плазмы крови при исследуемых заболеваниях. Для подтверждения наличия или отсутствия возможных конформационных изменений молекул ЧСА в плазме крови пациентов были зарегистрированы и проанализированы ИК спектры пленок плазмы крови контрольной группы, пациентов с инфарктом мозга и пациентов с ИБС с различным уровнем липопротеинов, которые представлены на рисунке 2. Для пациентов с инфарктом мозга суммарное содержание ЛПНП и ЛПОНП – 3,67 ммоль/л (кривая 2), а для пациентов с ИБС – 4,32 и 6,78 ммоль/л (кривые 3,4), соответственно.

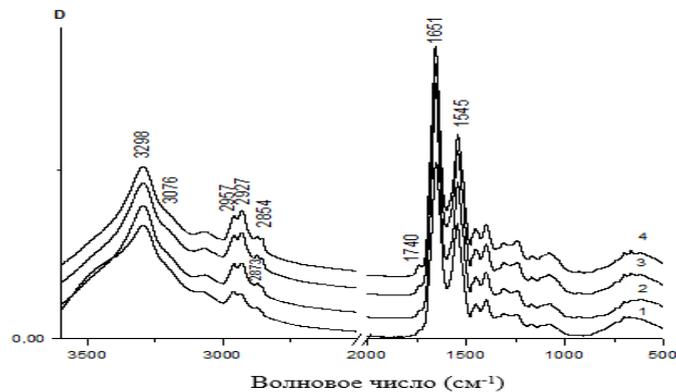


Рис. 2. ИК-фурье-спектры пленок плазмы крови контрольной группы (1), пациентов с инфарктом мозга (2) и ИБС (3,4) в области частот 3600–500 см^{-1} (спектры смещены по оси ординат для наглядности)

Основной вклад в ИК спектры плазмы крови дают полосы поглощения, обусловленные, в основном, колебаниями полипептидной цепи белковых молекул [2–3]. В области 1200–1700 см^{-1} наблюдаются полосы, известные в литературе как полосы Амид I, Амид II и Амид III, чувствительные к изменению вторичной и третичной структуры белков. В рассматриваемых ИК спектрах (Рис.2) в области 2800–3000 см^{-1} наблюдается четыре перекрывающиеся полосы поглощения малой интенсивности с максимумами при 2957, 2927, 2873 и 2854 см^{-1} . Полосы при 2957 и 2873 см^{-1} обусловлены ассиметричными и симметричными валентными колебаниями CH_3 -групп, а полосы при 2927 и 2854 см^{-1} ассиметричными и симметричными валентными колебаниями CH_2 -групп.

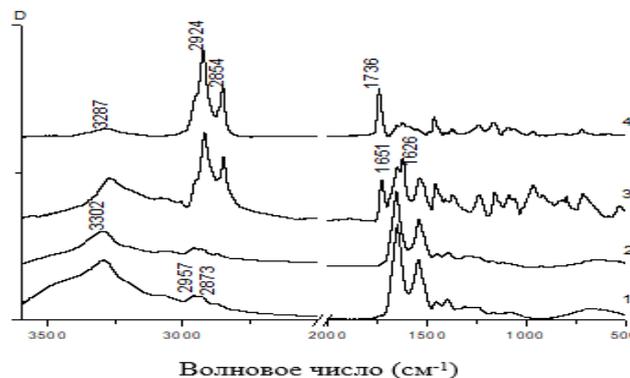


Рис. 3. ИК-фурье-спектры пленок плазмы крови контрольной группы (1), альбумина (2), ЛПНП (3) и ЛПОНП (4) в области частот 3600–500 см^{-1}

На рис. 3 представлены ИК спектры пленок плазмы крови контрольной группы, альбумина и липопротеинов низкой и очень низкой плотности. Спектр пленки альбумина (Рис.3, кр.2) практически идентичен спектру пленки плазмы крови донора контрольной группы (Рис.3, кр.1). Это объясняется тем, что основными компонентами плазмы крови (за вычетом воды и растворенных неорганических солей) являются белки, из которых свыше 50% приходится на альбумин. ИК спектры липопротеинов (Рис.3 кр.3,4) резко отличается от спектра альбумина (Рис.3 кр.2) и плазмы крови (Рис.3 кр.1) наличием высокоинтенсивных полос валентных колебаний CH_2 -группы при 2924 и 2854 см^{-1} и полосы валентных колебаний карбонильной группы при 1736 см^{-1} . Эти полосы обусловлены липидной составляющей липопротеинов [5].

Высокая интенсивность полос поглощения CH_2 -групп в ИК спектрах липопротеинов при сравнительно небольшой интенсивности этих полос в ИК спектрах белков, делает область 3000-2800 см^{-1} наиболее подходящей для анализа уровня липопротеинов в плазме крови.

Сравнительный анализ ИК спектров плазмы крови контрольной группы, пациентов с инфарктом мозга и пациентов с ИБС (Рис.2) показал, что отличия в исследуемых образцах плазмы крови наблюдаются только в областях 3000-2800 см^{-1} и 1800–1700 см^{-1} , которые обусловлены липидной составляющей липопротеинов. Форма контура, положение максимумов и относительные интенсивности полос Амид I, Амид II и Амид III практически такие же, как в спектре плазмы крови контрольной группы. Так как полосы Амид I, Амид II и Амид III чувствительны к изменению вторичной и третичной структуры белков [3], то можно предположить, что структура белков, в частности альбумина, в плазме крови пациентов с инфарктом мозга, ИБС и контрольной группы практически одинакова. Это свидетельствует об отсутствии дополнительных связывающих центров на данном транспортном белке. Функциональная активность альбумина в этом случае должна либо оставаться в норме, либо снижаться за счет избыточного накопления отрицательно заряженных гидрофобных метаболитов. Однако, по данным флуоресценции зонда АНС, связывающая способность плазмы крови пациентов по отношению к отрицательно заряженным гидрофобным метаболитам существенно повышается, несмотря на снижение концентрации альбумина в плазме крови обеих групп пациентов (Таблица 1).

Известно [4–5], что анионный зонд АНС в плазме крови взаимодействует, в основном, с молекулами альбумина, но может реагировать и на поверхностный заряд липидных структур. При атеросклерозе в атерогенных липопротеинах плазмы крови происходят структурные изменения, выражающиеся в увеличении размеров ЛПОНП, в появлении дополнительных положительно заряженных групп на поверхности ЛПНП и ЛПОНП, в увеличении вязкости липидной фазы липопротеинов [1]. Поэтому наблюдаемое увеличение связывающей способности зонда АНС в плазме крови у пациентов с инфарктом мозга и ИБС возможно обусловлено появлением дополнительных положительно заряженных групп на поверхности ЛПНП и ЛПОНП.

В случае флуоресцентного зонда НК был использован флуоресцентный параметр – I_{554}/I_{592} , отражающий распределение нейтральных гидрофобных метаболитов между сывороточными липопротеинами низкой и очень низкой плотности и альбумином в нефракционированной плазме крови [4]. Отношение I_{554}/I_{592} в спектрах флуоресценции зонда НК для всех образцов плазмы крови пациентов с дислипидемией (группы 1 и 2) достоверно отличается от контрольной группы (Рис.1). Наблюдаемое увеличение флуоресцентного параметра – I_{554}/I_{592} указывает на перераспределение связывания зонда НК между фракциями липопротеинов низкой и очень низкой плотности и альбумином в сторону липопротеинов, и зависит от суммарного содержания в плазме крови ЛПНП и ЛПОНП. При этом следует отметить, что отношение I_{554}/I_{592} в спектрах флуоресценции зонда НК для образцов плазмы крови пациентов с ИБС выше, чем для пациентов с лакунарным инфарктом мозга. Это согласуется с данными биохимического анализа (Таблица 1), отражающими увеличение суммарного содержания ЛПНП и ЛПОНП в плазме крови пациентов обеих групп, в большей степени при ИБС, по сравнению с контрольной группой.

Таким образом, связывание и транспорт незаряженных гидрофобных метаболитов при исследованных патологических процессах зависят от концентрации липопротеинов и альбумина, и перераспределяются в сторону увеличения нагрузки на липопротеиновые структуры при одновременном снижении нагрузки на альбумин.

Список литературы

1. Аронов Д.М. Лечение и профилактика атеросклероза / Д.М. Аронов. – Москва: «Триада-Х». – 2000. – 411с.
2. Encyclopedia of Analytical Chemistry: in V.2, №1 Infrared Spectroscopy in Clinical and Diagnostic Analysis / A.R. Shaw / Ed. R.A. Meyers. – Chichester: J. Wiley and Sons Ltd. , 2000–2006.– С. 7–100.
3. Ivanov A.I., Chronic liver and renal diseases differently affect structure of human serum albumin / A.I. Ivanov, E. A. Korolenko, E. V. Korolik //ABB. – 2002. – V. 408. -p. 69-75
4. Korolenko E.A., Evaluation of the binding capacity of the main transport proteins of blood plasma in liver cirrhosis by fluorescence sensing / E.A. Korolenko, E.V. Korolik, A.K. Korolik, V.V. Kirkovskiy // Journal of Applied Spectroscopy. - 2007. - №4. - p. 507–511
- 5.

УДК 615.47:616-072.7

УСТРОЙСТВО ДЛЯ КОЛИЧЕСТВЕННОЙ ОЦЕНКИ И МОНИТОРИНГА ПОТООТДЕЛИТЕЛЬНОЙ ФУНКЦИИ КОЖИ ЧЕЛОВЕКА

А.М. СТАСИШИНА¹, М.В. ДАВЫДОВ¹, С.С. СТЕБУНОВ², А.В. ВОРОБЕЙ¹

¹Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники

П. Бровки, 6, Минск, 220013, Беларусь

²ГУ «Минский научно-практический центр хирургии, трансплантологии и гематологии»

Семашко, 8, Минск, 220045, Беларусь

Аннотация. Разработано техническое устройство, основанное на совместном использовании емкостного датчика и адсорбирующего элемента и реализующего количественную оценку и мониторинг процесса потоотделения человека.

Ключевые слова: аппаратно-программный комплекс, емкостной датчик, адсорбирующий элемент, потоотделение человека.

Abstract. Developed a technical device, based on the joint use of a capacitive transducer and an adsorbing element, and materializes the quantitative evaluation and monitoring of a human skin perspiration process.

Keywords: hardware-and-software system, capacitive transducer, adsorbing element, human skin perspiration.

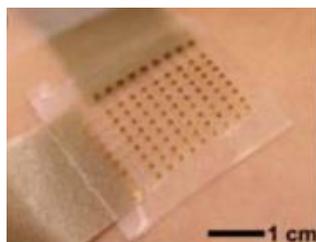
Введение

В данной работе предложен аппаратно-программный комплекс для количественной оценки и мониторинга процесса потоотделения человека на основе совместного использования емкостного датчика и адсорбирующего элемента, максимально впитывающего пот с исследуемого участка кожи человека и исключаяющего непосредственный контакт датчика с кожей.

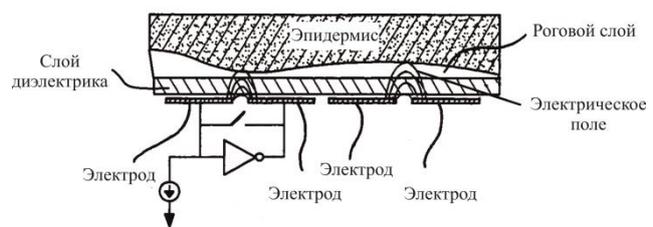
Теоретический анализ

В настоящее время существует достаточное количество технических средств для оценки влажности кожи и потоотделения человека.

Например, известен «эпидермальный» датчик гидратации кожи (рис.1, а), содержащий эластичную пленку (силикон), миниатюризированные электроды, измерительную электрическую цепь. Ультратонкая, эластичная пленка (силикон) с нанесенными на ней в матричном виде миниатюризированными, измеряющими импеданс электродами, позволяет получать изображение (пространственное мультиплексированное картирование), иллюстрирующее степень гидратации исследуемого участка кожи человека. Структура известного датчика по своим физическим и механическим свойствам соответствует коже человека (эпидермису). Непосредственный контакт датчика с кожей осуществляется за счет сил Ван-дер-Ваальса (без применения давления на кожу), что обеспечивает высокую точность и достоверность результатов экспериментов [1].



а



б

Рис.1. «Эпидермальный» датчик гидратации кожи (а) и устройство для оценки гидратации кожи (б)

Известный датчик обладает следующими недостатками. Во-первых, невозможность использования данного датчика при длительном контроле потоотделительного процесса кожи чело-

века, что связано с уменьшением измеряемого значения импеданса исследуемого участка кожи с течением времени в результате накопления водяного пара под датчиком при трансэпидермальной потере воды. Во-вторых, зависимость результатов измерений от анатомо-физиологических особенностей строения кожи человека, таких как электролитный и биохимический состав межклеточной и внутриклеточной жидкостей, толщина рогового слоя эпидермиса, сеть капилляров в дерме и их кровенаполнение, распределение активных точек кожи, функциональное состояние центральной нервной системы, которое, в свою очередь, определяется эмоциональным состоянием человека.

Известно устройство для оценки гидратации кожи (рис. 1, б), содержащее датчик, микрокомпьютер, блок обработки данных. Датчик представляет собой множество емкостных микросенсоров, изолированных от кожи слоем диэлектрика. Каждый микросенсор (электрод прямоугольной формы) датчика передает информацию на микрокомпьютер, где она трансформируется в оттенки серого от 0 (черный цвет) до 255 (белый цвет). В целом они образуют изображение, отражающее текстуру кожи и уровень ее увлажненности. Чем темнее изображение, тем влажность кожи выше. Реализуемый в данном устройстве емкостный метод, основанный на измерении электрической емкости кожных покровов, обладает рядом преимуществ по сравнению с описанной в первом устройстве импедансометрией: обеспечивает отсутствие гальванического тока и поляризационных эффектов, независимость результатов измерений от составных компонентов кожи [2]. Недостатком известного устройства является отсутствие возможности накопления выделяемого человеком пота в течение определенного времени, что связано с испарением и растеканием пота по прилегающей к датчику поверхности кожи, что, как следствие, не позволяет проводить мониторинг процесса потоотделения человека.

Наиболее близким к предлагаемой полезной модели является датчик пота (рис 2), предназначенный для определения концентрации ионов хлора и натрия в поте человека и содержащий блок регистрации пота, блок преобразования информации, блок передачи данных, блок приема данных, устройство управления, устройство ввода данных, устройство отображения информации. Блок регистрации пота реализован на основе пористой клейкой ленты с нанесенной микрожидкостной бумагой и защитной тканью сверху. Пористая клейкая лента непосредственно контактирует с кожей человека и имеет пропускающую способность только для ионов натрия и хлора. Для быстрого сбора пота используется микрожидкостная бумага, которая направляет пот от датчика к верхней защитной ткани, содержащей супервпитывающий гидрогель. Расположенные на поверхности пористой клейкой ленты блок преобразования информации (чип с гибкой электрической схемой, реализующие преобразование информации из аналоговой в цифровую форму) и блок передачи данных (антенна) считывают полученную информацию о концентрации ионов и передают ее на смартфон, реализующий функции блоков приема данных, отображения информации, управления и ввода данных [3]. Недостатком известного датчика является отсутствие функции количественной оценки потоотделительного процесса человека. Таким образом, все вышеуказанные технические средства не позволяют осуществлять точный контроль выделяемого пота в течение определенного промежутка времени, что является необходимым для количественной оценки и мониторинга интенсивности потоотделения человека.

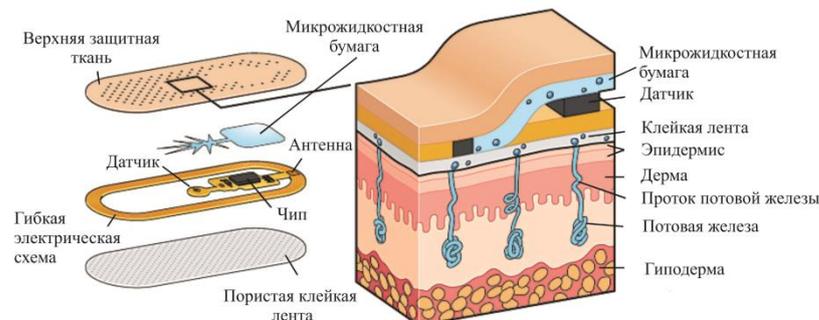


Рис. 2. Схематичное представление принципа работы датчика пота, измеряющего концентрацию ионов хлора и натрия

Разработка устройства для количественной оценки и мониторинга процесса потоотделения человека на основе емкостного датчика и адсорбирующего элемента

Устройство для количественной оценки и мониторинга процесса потоотделения человека работает следующим образом (рис. 3, а) [4].

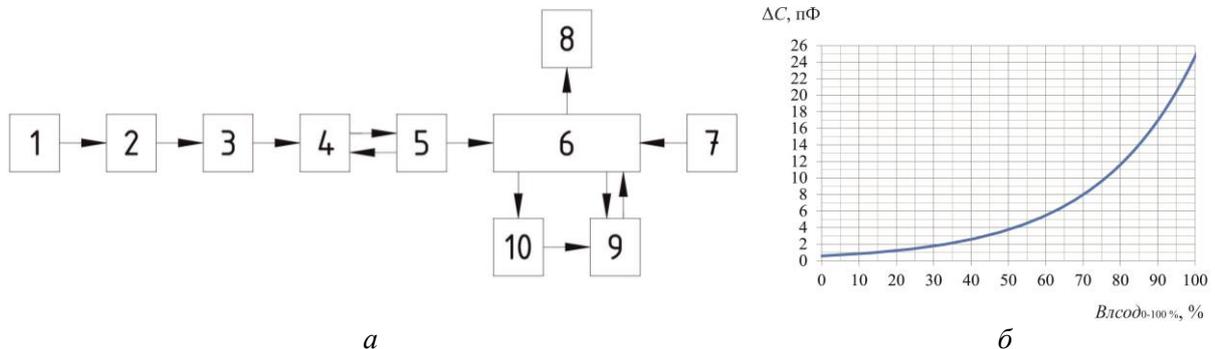


Рис. 3. Структурная схема устройства (а) и градуировочный график зависимости абсолютного приращения электрической емкости датчика от показателя влагосодержания адсорбирующего элемента (б)

Пользователь (врач) посредством устройства ввода данных 7 задает параметры системы «емкостный датчик + адсорбирующий элемент», например, относительную диэлектрическую проницаемость и удельную проводимость датчика и адсорбирующего элемента, конструкцию датчика, толщину диэлектрического покрытия датчика и др.

Далее в блоке моделирования параметров системы «емкостный датчик + адсорбирующий элемент» 10 осуществляется численное моделирование распределения электрических полей в системе «емкостный датчик + адсорбирующий элемент», на основании чего в блоке расчета влагосодержания адсорбирующего элемента 9 производится построение градуировочного графика зависимости абсолютного приращения электрической емкости ΔC от показателя влагосодержания адсорбирующего элемента $Влсод_{0-100\%}$ (рис. 3, б). Градуировочный график зависимости абсолютного приращения электрической емкости ΔC от показателя влагосодержания адсорбирующего элемента $Влсод_{0-100\%}$ можно сохранять в устройстве управления 6 и использовать впоследствии без повторного запуска блока моделирования параметров системы «емкостный датчик + адсорбирующий элемент» 10, если параметры системы «емкостный датчик + адсорбирующий элемент» не изменились при последующих измерениях.

После того, как проведено моделирование параметров системы «емкостный датчик + адсорбирующий элемент» и построен градуировочный график зависимости абсолютного приращения электрической емкости ΔC от показателя влагосодержания адсорбирующего элемента $Влсод_{0-100\%}$, производится выбор временного интервала T , в течение которого адсорбирующий элемент будет накапливать выделяемый человеком пот, а также выбор шага Δt , в соответствии с которым будут выполняться измерения потоотделения человека. С помощью управления параметром T реализуется режим экспресс-оценки (при этом $T = \Delta t$) или режим мониторинга потоотделительного процесса в течение длительного времени ($T > \Delta t$).

Далее происходит измерение электрической емкости сухого адсорбирующего элемента C_0 в блоке регистрации электрической емкости 2 с последующей оцифровкой данного сигнала с помощью аналогово-цифрового преобразователя 3. Сигнал с выхода аналогово-цифрового преобразователя 3 посредством блока передачи данных 4 и блока приема данных 5 поступает и сохраняется в устройстве управления 6. После этого осуществляется накопление адсорбирующим элементом выделяемого человеком пота в течение заданного шага Δt . По истечении заданного шага Δt производится измерение электрической емкости пропитанного адсорбирующего элемента C_i , где $i = \Delta t, 2\Delta t, 3\Delta t \dots T$, в блоке регистрации электрической емкости 2 и преобразование данного сигнала с помощью аналогово-цифрового преобразователя 3 с последующей передачей посредством блока передачи данных 4 и блока приема данных 5 в устройство управления 6. В устройстве управления 6 по зарегистрированным значениям электрической емкости сухого и

пропитанного адсорбирующего элемента осуществляется расчет абсолютного приращения электрической емкости в соответствии с формулой:

$$\Delta C_i = C_i - C_0,$$

где ΔC_i – абсолютное приращение электрической емкости, C_i – электрическая емкость пропитанного адсорбирующего элемента, C_0 – электрическая емкость сухого адсорбирующего элемента.

Рассчитанное значение ΔC_i передается в блок расчета влагосодержания адсорбирующего элемента 9, где в соответствии с градуировочным графиком зависимости абсолютного приращения электрической емкости от показателя влагосодержания адсорбирующего элемента (рис. 4) на основании рассчитанного значения ΔC_i определяется показатель влагосодержания адсорбирующего элемента $Влсод_{0-100\%,i}$. Далее полученное значение $Влсод_{0-100\%,i}$ выводится на устройство отображения информации 8. В дальнейшем производится реализация цикла измерения потоотделения человека по вышепредставленной схеме $n = \frac{T}{\Delta t}$ раз.

При экспресс-оценке потоотделительного процесса человека на устройство отображения информации 8 выводится одномоментное значение показателя влагосодержания адсорбирующего элемента $Влсод_{0-100\%}$, зафиксированное через время Δt . Мониторинг количества выделенного человеком пота осуществляется на основании изменения показателя влагосодержания адсорбирующего элемента в течение заданного промежутка времени T . Полученные данные выводятся на устройство отображения информации 8 в реальном режиме времени, тем самым обеспечивая возможность графической визуализации изменения процесса потоотделения человека. В случае насыщения адсорбирующего элемента потом раньше, чем истечет время мониторинга потоотделения T , на блок отображения информации 8 устройством управления 6 выдается сообщение о насыщении адсорбирующего элемента и необходимости его замены.

Заключение

Разработанное устройство для количественной оценки и мониторинга процесса потоотделения человека на основе емкостного датчика и адсорбирующего элемента может быть использовано в диагностике гипергидроза (повышенное патологическое потоотделение человека), а также для экспресс-оценки и мониторинга потоотделительной функции кожи человека.

Список литературы

1. Epidermal impedance sensing sheets for precision hydration assessment and spatial mapping / X. Huang [et al.] // IEEE transactions on biomedical engineering, Vol. 60 (10). 2013. P. 2849–2857.
2. Apparatus and method to evaluate hydration of the skin or the mucous membranes : pat. US20040171962, USA / J.L. Leveque, B. Querleux, F. Giron ; publ. date: 02.09.2009.
3. Sweat sensors will change how wearables track your health [Electronic resource]. URL: <http://spectrum.ieee.org/biomedical/diagnostics> (date of access: 15.10.2018).
4. Устройство для количественной оценки и мониторинга процесса потоотделения человека : пат. 11563 Респ. Беларусь, МПК А61В5/00 / А.М. Сташишина [и др.]. – № и 20170184; заявл. 11.05.17. опубл. 30.10.17.

УДК 378.4:004

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ПРАКТИКЕ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ СТУДЕНТОВ-МЕДИКОВ

М.А. ШЕЛАМОВА, Н.И. ИНСАРОВА, В.А. МАНСУРОВ
УО «Белорусский государственный медицинский университет»
пр. Дзержинского, д. 83, г. Минск, 220116, Республика Беларусь

Аннотация. Рассматривается использование информационных технологий в организации учебно-исследовательской работы студентов медицинского вуза (опыт кафедры медицинской и биологической физики БГМУ).

Ключевые слова: информационные технологии, научная работа, студент, исследования.

Abstract. The application of information technology in the organization of educational and research work of students has been considered (The experience of the Department of Medical and Biological Physics BSMU).

Keywords: information technology, scientific work, student, research.

Введение

Успешное развитие медицинской науки и внедрение ее результатов в медицинскую практику зависит, прежде всего, от знаний и умений специалистов, выпускаемых медицинским вузом. Нет сомнения в том, что научно-исследовательская работа студентов является одним из важнейших средств повышения качества их профессиональной подготовки.

Она способствует освоению ими методов и методик научно-исследовательской работы проводимой самостоятельно, развитию познавательных наклонностей; осуществляет практическую подготовку студентов к самостоятельной работе со специальной литературой; создает условия для приобретения и закрепления умений и навыков проведения экспериментальной части разрабатываемой проблемы и углубления теоретических знаний; способствуют отбору наиболее способных, инициативных, склонных к научно-исследовательской деятельности студентов, из которых, в последующем, формируется магистратура вуза [1].

Научно-исследовательская работа студентов на кафедре медицинской и биологической физики БГМУ преследует следующие цели:

- расширить и углубить знания студентов в области медицинской и биологической физики, которая во многом сегодня является основой методов медицинской диагностики, лабораторной и реанимационной техники;
- выработать у них навыки грамотного изложения результатов собственных научных исследований и способность аргументировано защищать и обосновывать полученные результаты;
- научить использованию информационных технологий при организации и проведении научных исследований, а также при обработке полученных результатов с помощью соответствующей информационно-программной поддержки. Сегодня невозможно представить себе работу в науке без применения информационных технологий, которые делают ее более эффективной.

Реализация последней цели обеспечивается дисциплиной «Информатика в медицине», которая преподается на кафедре.

Результаты и обсуждение

Последовательно рассмотрим этапы использования информационных технологий при выполнении студентом некоторой научной работы.

Для понимания значимости рассматриваемой проблемы молодой ученый обычно шел в библиотеку и там проводил поиск литературы по интересующему вопросу. Зачастую найти статьи или материалы конференций по требуемой тематике в фондах крупных библиотек работа не простая, трудоемкая и не всегда дающая желаемый результат.

Вместе с тем, только изучение имеющейся литературы даёт возможность узнать, какие стороны проблемы уже достаточно изучены, по каким ведутся научные дискуссии, что неактуально, а какие вопросы представляют научный интерес.

В нашем вузе имеются следующие возможности использования информационных технологий для поиска литературы:

- электронный каталог реальной библиотеки БГМУ;
- сеть Internet с применением браузеров и различных поисковых систем.

Сейчас в глобальной сети Internet доступны многочисленные электронные документы, содержащие информацию о научных достижениях в сфере медицины и фармации.

При работе с литературой в ходе составления библиографии, реферирования, конспектирования, цитирования удобно использовать текстовый редактор MS Word. Именно с его помощью можно автоматизировать все вышеперечисленные операции. Этому обучаются студенты, изучая соответствующий раздел программы дисциплины «Информатика в медицине».

В рамках изучения этой дисциплины студенты углубляют знания практического использования глобальной сети Интернет, научных социальных сетей, электронной почты, поисковых систем. Эти сетевые технологии необходимы молодому ученому для связи со специалистами, работающими в интересующей области с целью узнать об их новых достижениях, для ознакомления с их публикациями.

На данном этапе тема работы и метод исследования определены, обзор уже имеющихся результатов проведен, получены свои экспериментальные данные.

Следующий этап, где без использования информационных технологий не обойтись - обработка больших объемов данных экспериментальных исследований, организованных в базы данных.

В ходе работы студенты используют комплекс средств, предназначенных для создания структуры новой базы данных, наполнения её содержанием, редактирования содержимого и визуализации информации.

Одним из удобных и хорошо разработанных средств обработки и анализа полученной при исследовании информации являются электронные таблицы Excel. Навыки работы с программой Excel (ввод данных, их графическое представление, анализ данных) студенты также получают в курсе дисциплины «Информатика в медицине».

Пакет Excel позволяет вводить и хранить медико-биологическую информацию в традиционном для бумажного носителя табличном виде. Аналитические возможности пакета полностью отвечают потребностям достаточно сложной обработки и анализа материала. Приемы условного форматирования данных позволяют наглядно анализировать многочисленные числовые данные. Excel дает возможность в большом объеме данных находить нужную информацию, определенным образом ее группировать, фильтровать и т.п [2].

Известно, что графическое представление данных очень важно для их анализа и интерпретации, а широкий спектр предлагаемых в пакете диаграмм позволяет визуализировать как исходные данные, так и результаты их обработки. Диаграммы графически представляют числовые данные, полученные в результате эксперимента. Именно диаграммы являются мощным и популярным инструментом, широко используемым для анализа и сравнения данных, представления их в наглядном виде. Обработывая экспериментальный материал студенты применяют уже известные им по практическим занятиям алгоритмы создания, редактирования и форматирования диаграмм, а так же правила построения графиков, иллюстрирующих зависимость одной величины от другой и наблюдения динамики данных. Часто графики дополняются линиями тренда, которые применяются в задачах прогнозирования. Возможности регрессионного анализа позволяют продолжить линию тренда вперед или назад, экстраполировать её за пределы известных значений и показать возможную тенденцию их изменения. Построение линии скользящего среднего сглаживает случайные флуктуации, а значит позволяет проследить тенденцию изменения данных [3,1].

Для решения задач, связанных с обработкой результатов исследований особенно важно то, что Excel оснащен средствами статистической обработки данных. И хотя этот пакет уступает специализированным статистическим пакетам обработки данных, тем не менее, данный раздел математики представлен в Excel достаточно полно. В него включены основные, наиболее часто используемые статистические процедуры: средства описательной статистики, критерии различия, корреляционные и другие методы, позволяющие проводить необходимый статистический анализ различных, в том числе и медико-биологических типов данных.

В зависимости от поставленной цели исследования, в рамках подготовки научной работы, студенты применяют те или иные возможности статистической обработки данных в программе Excel, а именно:

- получение статистических распределений выборки;
- графическое представление статистических распределений выборок;
- методы описательной статистики;

- оценка параметров генеральной совокупности по её выборке, точечная и интервальная оценки; при этом все расчёты ведутся с помощью формул, Мастера функций и Пакета анализа данных;
- статистические гипотезы и критерии проверки гипотез, правила работы с ними;
- корреляционный анализ данных.

Хотя Excel позволяет реализовать не все используемые на практике статистические методы, однако, знакомство с медицинской литературой показывает, что именно умение решать перечисленные выше задачи необходимы современному врачу прежде всего [1].

И, наконец, завершающая стадия работы – выступление перед коллегами на семинаре или на научной конференции, организуемой университетом. Информационные технологии применяются на данном этапе исследовательской работы для подведения итогов проведенной работы и представления их в соответствующей форме с целью ознакомления с результатами своих исследований научного сообщества БГМУ.

Для выступления на кафедре, семинаре, студенческих научно-практических конференциях студенты в качестве средства представления графической и текстовой информации, иллюстрирующей доклад, отображения основных идей выполненной научной работы используют программу PowerPoint. Презентации PowerPoint незаменимы, т.к. позволяют обозначить ключевые моменты выступления и взаимосвязь между ними, а также во время выступления показать то, что в устной форме объяснить нереально (схемы, фотографии, диаграммы, таблицы, специальные чертежи, формулы). Использование различного рода фотографий, объектов анимации, видеозаписей и элементов оформления увеличивает действие аргументов и слов.

Демонстрация материала научной работы с поддержкой презентации PowerPoint осуществляется с помощью мультимедийного проектора.

Возможности программ интегрированного пакета Office позволяют молодому ученому текст написанного научного доклада из документа Word импортировать в PowerPoint для создания презентации выступления. Студенты так же используют возможности программы Word для подготовки и печати раздаточного и иллюстративного материала своего выступления (слайды с заметками) для участников конференции.

Заключение

Подводя итог, можно сказать, что организация и проведение ни одного современного научного исследования не может обойтись сегодня без применения информационных технологий. Данная статья является обобщением реального опыта работы со студентами, представляющими результаты своих научных исследований на внутривузовские и республиканские конференции.

Можно предположить, что, в будущем, с расширением возможностей компьютера по переработке информации и разработкой нового программного обеспечения, компьютер станет не просто многофункциональным инструментом исследования, но и активным участником теоретической и экспериментальной работы: будет самостоятельно анализировать подготовленные данные для поиска закономерностей, выдвигать гипотезы и делать корректные выводы по ходу исследования на основании предоставленных ему данных.

Список литературы

1. Гельман В.Я., Проблемы преподавания информационно-коммуникационных технологий в медицинском последипломном образовании / В.Я. Гельман, Д.Ю. Белов, С.В. Ланько // Профилактическая и клиническая медицина – 2014. – № 1(50). – С.18-25.
2. Способы организации и обработки медицинских баз данных средствами Excel: учеб.–метод. пособие / М.А. Шеламова, В.А. Жуковская. – Минск: БГМУ, 2015. – 65 с.
3. Организация вычислений и графическое представление медико-биологической информации с использованием программы Excel 2007: учеб.–метод. пособие / М.А. Шеламова, В.А. Жуковская. – Минск: БГМУ, 2012. – 58 с.
4. Основы статистического анализа медико-биологических данных с использованием программы Excel: учеб.–метод. пособие / М.А. Шеламова, Н.И. Инсарова, В.Г. Лещенко. – Минск: БГМУ, 2017. – 92 с.

УДК 614.89:537.868.029

ЦЕЛЕНАПРАВЛЕННОЕ ИЗМЕНЕНИЕ АКТИВНОСТИ ПОЛОВЫХ ХРОМОСОМ БИОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ СВЧ ИЗЛУЧЕНИЯ

П.Д. КЛИМЕНКО, В.В. БАРАНОВ, И.М. БЕРТЕЛЬ, М.Д. КЛИМЕНКО, А.И. ЛЕВИН

*Учреждение образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники»
Ул. П. Бровки, 6, Минск, 220013, Республика Беларусь*

Аннотация. Показано, что при использовании СВЧ излучения низкой интенсивности в интервале частот 54,5-55,6 ГГц и приборов на основе биорезонансных эффектов имеется возможность целенаправленного изменения активности хромосом биологических систем и, соответственно, изменения статистических показателей пола в выборках на примере мальков рыб.

Ключевые слова: СВЧ излучение миллиметрового диапазона, биорезонансные эффекты, активность половых хромосом

Abstract. It is shown that using microwave irradiation of low intensity in the range 54,5-55,6 GHz and devices on the basis of bio-resonance effects it is possible of targeted change of activity of sex chromosomes of biological systems and accordantly changing the statistic figures of sex in the experimental probes on the example of growing fishes.

Keywords: Microwave irradiation in mm range, bio-resonance effects, activity of the sex chromosomes

Введение

Известно, что пол, как и многие другие долговременные признаки биологического организма, наследственно детерминирован.

Важнейшая роль в генетической детерминации пола и поддержании закономерного соотношения полов принадлежит хромосомному аппарату. При этом замечено, что у отдельных организмов (животных, двудомных растений) соотношения полов составляет обычно 1:1, т.е. мужские и женские особи встречаются одинаково часто. Это соотношение совпадает с расщеплением в анализирующем скрещивании.

Пол, содержащий различные половые хромосомы (X и Y) образуют гаметы двух типов (половые с X-хромосомой и Y-хромосомой); т.е. являются гетерозиготным, а пол содержащий в каждой клетке одинаковые половые хромосомы (X-хромосомы) – гомозиготным.

Естественно можно предположить, что если инактивировать Y хромосому у самца то будут появляться при скрещивании гомогенные особи XX, а если инактивировать X хромосому у самца, то при оплодотворении будет появляться потомство гетерогенное (XY-хромосом).

Из практики известно, что при обычном разведении производители икры, как правило, получают примерно 97% самцов и только 3% самок, что является нерентабельным, т. к. белуга дает икру только через 13 лет, и только тогда можно определить где самка, а где самец. Производителей же интересуют только самки, которые реально используются для получения икры.

Обоснование подхода к решению поставленной задачи

В настоящее время многими учеными признается тот факт, что электромагнитные волны миллиметрового диапазона регулирующим образом влияют на все реальные процессы происходящие в клетке, органе, сложной живой системе, к которой относится и организм человека. Под их влиянием формируется ткань, регулируется ход биохимических реакций в клетке и т.д. [1-3].

И ранее рядом исследователей было замечено влияние, например, звуковых волн на формирование регулярных структур (в 1787 г., Эрнст Хладни наблюдал получение геометрических фигур на мелком песке на гладкой пластинке под действием вибраций, создаваемых смычком, в 60-е годы XIX века получены известные фигуры Лиссажу). Подобного рода волновые взаимодействия проявляют себя и в биологических системах растительного и животного мира, а также в царстве микробов. Так, доктор Цзян, проводя опыты на проросших семенах кукурузы, обрабатывал их «биоинформацией» от зеленой массы пшеницы и получил своеобразные колосья, похожие на пшеничные, которые образовывались на месте метелок кукурузы. Далее он проводил опыты на цыплятах и утках так, что влияя на их ДНК, получил названные им куроутки. А.С. Пресман в 1968г писал о том, что электромагнитное излучение от сверхнизких до сверхвысоких частот несёт информационную функцию для живых организмов. Академиком Н.Д. Девятковым в середине прошлого века была высказана мысль о том, что предположив прохождение на землю из космоса волн миллиметрового диапазона, живая природа, живая клетка, смогла бы использовать их для регуляции внутриклеточных обменных процессов. Последующие результаты работ ученых группы Н.Д. Девяткова подтвердили это

предположение, а за разработку целой серии аппаратов миллиметровой терапии, нашедшей широкое применение в медицине, ученые были награждены в 2000г. Госпремией Российской Федерации.

Нами разработано и изготовлено устройство, на которое были записаны при помощи аппарата на основе биорезонансного теста (БРТ) волновые характеристики X и Y-хромосом в обратной фазе. Частота воздействующего СВЧ излучения на среду обитания лежала в пределах 45 -65 ГГц. Это излучение можно также использовать для воздействия на промежуточную среду – воду, полярные полимеры и др. Поместив обработанную таким образом промежуточную среду в среду обитания биологических систем можно регулировать соотношение мужских и женских особей при получении потомства, например, у рыб и млекопитающих. Поместив в ёмкость с водой устройство, «генерирующее» Y хромосому в обратной фазе и последовательно влив туда сперму самца, например, белуги или осетра, а затем икру рыбы соответствующей породы появляется возможность целенаправленного воздействия на пол растущих особей. Полученные после оплодотворения мальки можно проверить на принадлежность к полу также используя методику ВРТ.

Краткое описание эксперимента и результаты

Нами проведен эксперимент в рыбном хозяйстве Брестской области (рыбхоз Селец).

Оплодотворение мальков осетра производили в 3-х емкостях:

- 1 – емкость – оплодотворение в обычной воде без воздействия генератора на промежуточную среду,
- 2 – емкость – оплодотворение с воздействием генератором, подавляющим Y хромосому,
- 3 – емкость – оплодотворение с воздействием генератором, подавляющим Y хромосому и усиливающим X хромосому.

Спустя 2 недели после появления мальков, потомство было выборочно проверено на половую принадлежность (по 20 мальков из каждой емкости).

На рисунке 1 показаны: общий вид емкости с мальками и подросшие особи.



Рис. 1. Общий вид емкости с мальками осетра (фотография слева) и подросшие особи (фотография справа).

В качестве результатов отметим следующие: в емкости 1 из 20 мальков оказалось 17 самцов и 3 самки, в емкости 2 – 16 самок и 4 самца, в емкости 3 – 19 самок и лишь 1 самец.

Таким образом, опытным путем установлено, что путем воздействия СВЧ излучения заданной частоты на среду обитания биологических систем на примере оплодотворения и выхода мальков из икринок осетровых рыб можно целенаправленно изменять соотношение мужских и женских особей в потомстве.

Список литературы

1. Баранов, В.В. Приборы твердотельной электроники, тестирование, измерения. Биомедицинские диагностические технологии / Доклады БГУИР, 2014, № 2(80). – С. 23-31.
2. Гербер, Р. Вибрационная медицина / М.: София, Гелиос, 2001. – 590 с.
3. Махонькина, Л.Б. Резонансный тест. Возможности диагностики и терапии / Л.Б. Махонькина, И.М. Сазонова // М.: Издательство Российского университета дружбы народов. – М., 2000. – 738 с.

УДК 611.13, 611.14, 611.16, 611.423

МЕТОДИКА БЕСШОВНОГО СОЕДИНЕНИЯ СОСУДОВ

А.Л. МАКОВСКИЙ

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
Ул. Платонова, дом 38, город Минск, 220013, Республика Беларусь*

Аннотация. В статье на основе опыта использования термоусадочных соединительных муфт предлагается использовать видоизмененный их аналог для бесшовного соединения кровеносных, лимфатических сосудов и нервных отростков. Предполагается, что использование предлагаемой методики бесшовного соединения сосудов позволит кардинально сократить время проведения микрохирургических операций.

Ключевые слова: медицина, искусственный интеллект, индустриальные технологии, кровеносные и лимфатические сосуды, бесшовное соединение, полуксамер, просвет сосуда, криоусаживаемая муфта, соленая ледяная вставка.

Abstract. In the article, based on the experience of using heat-shrinkable couplings, it is proposed to use their modified analogue for a seamless connection of blood, lymphatic vessels and nerve processes. It is assumed that the use of the proposed technique of seamless vascular joints will significantly reduce the time of microsurgical operations.

Keywords: medicine, artificial intelligence, industrial technologies, blood and lymphatic vessels, seamless connection, poloxamer, vessel lumen, cryo-shrinkable coupling, salty ice insert.

Введение

Развитие медицины в настоящее время идет по нескольким магистральным направлениям. Одно из них характеризуется следующими признаками. Вся мировая медицина где-то уже перешла на типизированные протоколы, а где-то переходит прямо сейчас. Болезнь при таком подходе рассматривается как кейс, и по нему есть утвержденный протокол действий: какие анализы взять, что диагностировать, как лечить — конкретная дорожная карта. Что такое этот медицинский протокол? Это лучшая практика, выбранная на основе статистики. Использование технологий искусственного интеллекта (ИИ), обработка фантастического объема лечебного и вспомогательного материала позволяют добиваться поразительных результатов. Появляется информация, что технологии ИИ способны самостоятельно ставить диагнозы с невиданной ранее точностью при анализе совершенно незначимой, как может показаться на первый взгляд, информации [1].

Другой подход неминуемо должен привести медицину к какой-то индустриальной модели. Этот тренд, который будет развиваться, удачно комбинируется с другими вещами, вроде нанотехнологий, позволяющих доставлять индивидуально подобранное лекарство прямо в нужную клетку, применение других технологий, копирующих производство. Сочетая указанные подходы с высокой долей успеха мы получим тот самый прорыв в сингулярность, о котором мечтали многие поколения медиков. Настоятельная необходимость внедрения промышленных методов в лечении некоторых, особо сложных заболеваний [2] предполагает совершенствование и развитие уже известных методик и процедур. К ним относятся манипуляции по восстановлению целостности организма, к которым относят соединение кровеносных и лимфатических сосудов, нервных волокон и окончаний в процессе проведения микрохирургических операций.

Теоретический анализ

Соединение поврежденных кровеносных сосудов в настоящее время осуществляется тем же способом, что и сто лет назад – с помощью наложения швов. Изобретение данного метода принадлежит французскому хирургу Алексису Каррелю (Alexis Carrel), впоследствии получившему за это Нобелевскую премию. Использование такого подхода заметно ограничивает его применение в широкой медицинской практике ввиду имеющихся малого числа высококвалифицированных специалистов, способных выполнять подобного рода манипуляции. И ученые старательно ищут выход на более доступные и менее трудоемкие технологии выполнения операций по соединению сосудов, в первую очередь кровеносных. Группа ученых из Медицинской Школы при Стэнфордском Университете (США) разработала новый бесшовный

метод соединения кровеносных сосудов, ставший безопасной и простой альтернативой традиционному методу [3]. Результаты исследования опубликованы в журнале Nature Medicine. Главной трудностью шовного метода является сложность его использования на кровеносных сосудах диаметром менее 1 мм. Над альтернативами данной методики хирург Джэффри Гартнер (Geoffrey Gurtner) начал задумываться еще около 10 лет назад. «В 2002 г., когда я руководил отделением микрохирургии в Госпитале Белльвю (Нью-Йорк, США), к нам доставили 10-месячного ребенка с ампутированным пальцем, - говорит Гартнер, - Операция длилась более 5 часов, но нам удалось наложить лишь 3 шва, поскольку кровеносные сосуды были очень малы. Все закончилось хорошо, однако стало очевидно, что сшивание сосудов с помощью иголки с ниткой на таком уровне крайне трудоемко» [4].

У шовного метода есть и другие недостатки. Швы могут вызвать осложнения, такие как гиперплазия интимы, при которой клетки внутренней стенки кровеносного сосуда в ответ на повреждение ткани иголкой и ниткой начинают активно делиться, что приводит к сужению просвета сосуда. Это повышает риск образования тромбов и препятствует нормальному кровотоку. Кроме того, швы могут вызвать воспалительную реакцию.

В начале своей карьеры Гартнер пытался выяснить, подходит ли лёд для заполнения просвета сосуда с целью сохранения диаметра обоих его концов перед сшиванием. После проведения экспериментов ученый заключил, что лёд не годится, так как он слишком быстро тает, и для успешного проведения операции необходимы помещения с очень низкой температурой. Прибыв в Стэндфордский Университет в 2005 г., Гартнер обратился к профессору химии Джеральду Фуллеру (Gerald Fuller) с просьбой найти вещество, способное с легкостью переходить из жидкого состояния в твердое и наоборот, а также безопасное для применения в сосудистой хирургии. Фуллер предложил одобренный Управлением по контролю за качеством пищевых продуктов и лекарственных средств США (Food and Drug Administration, FDA) термообратимый поллоксамер под названием Поллоксамер 407. Он создан из полимерных блоков, свойства которых сохраняются при нагревании. Ранее поллоксамеры применялись в медицинской практике для доставки в клетки препаратов, в том числе химиотерапевтических средств, вакцин и противовирусных препаратов. Фуллер с коллегами модифицировали поллоксамер таким образом, чтобы тот при нагревании выше температуры тела становился твердым и эластичным, а при охлаждении – растворялся в кровотоке без причинения вреда организму. Для нагревания геля ученые использовали обычную галогенную лампу. Поллоксамер использовался для заполнения просвета обоих концов поврежденного сосуда, что позволяло исследователям точно склеивать их друг с другом с помощью хирургического герметика.

Результаты исследований на животных показали, что новый метод позволяет проводить операцию в 5 раз быстрее традиционного и вызывает меньше осложнений. Кроме того, его можно применять даже на очень тонких сосудах диаметром менее 0,2 мм. «Хотя были разработаны и другие бесшовные методы соединения поврежденных кровеносных сосудов, они не демонстрировали лучших результатов, - уверяют авторы исследования Эдвард Чанг (Edward Chang) и Майкл Гальвез (Michael Galvez), - Само по себе использование микрозажимов, скоб и магнитов часто более травматично для кровеносных сосудов, чем непосредственно швы».

По мнению Гартнера, новый метод удовлетворит потребности клиницистов и окажется очень полезным для малоинвазивной хирургии, где наложение швов приобретает совсем другой уровень сложности. «Когда ты сшиваешь полые сосуды, будь то аорта или маленькие вены пальцев ребенка, ты всегда беспокоишься о том, ровно ли соединены их концы и плотно ли они прилегают друг к другу, - говорит соавтор статьи Майкл Лонгэйкер (Michael Longaker), - Метод доктора Гартнера позволит хирургам более точно и быстро проводить сложные сосудистые операции» [5].

Методика

В развитие и совершенствование описанного выше подхода может быть предложен метод соединения сосудов, по сути своей напоминающий работу соединительной муфты, применяемой для герметизации соединений электрических проводов [6]. Если вкратце описать технологию применения таких муфт, то выглядит она следующим образом. После соединения поврежденных участков электро- или трубопроводов подходящих для них методом (сварки, спайки, скрутки и пр.), предварительно насаженная на один из концов термоусаживаемая муфта сдвигается на

поврежденный участок и нагревается с помощью газовой горелки открытым пламенем. Ввиду специального материала муфты происходит её сжатие таким образом, что поврежденный участок обжимается достаточно плотно. Дополнительную герметизацию места соединения обеспечивает специальный клей, нанесенный на внутреннюю поверхность муфты, и активируемый при нагревании.

При этом возникает необходимость использования некоторых специфических нововведений, обусловленных особенностями области применения и настоятельной потребностью выполнить некоторые условия.

Во-первых, особые требования должны быть предъявлены к материалу такой соединительной муфты, который должен быть биосовместимым с тканями организма, и, в перспективе, рассасывающимся по прошествии не очень продолжительного времени. Точно такие же требования должны быть реализованы и для материала, используемого в качестве клеевого и уплотнительного состава соединения.

Во-вторых, специфика применения соединительной муфты (операционное поле) ограничивает использование любых нагревательных устройств, которые применяются для термоусадки соединительных муфт электропроводов.

В-третьих, специфика соединяемых полостей (сосудов) не предполагает их сжатие до исчезновения просвета внутри в отличие от электропроводов. Если продолжать аналогии, то кровеносный сосуд можно рассматривать как изоляцию электропровода, но внутри провода есть алюминиевая или медная жила, а внутри кровеносного сосуда – пустота. И если внутренняя жила не может быть ужата до полного перекрытия площади поперечного сечения провода, то для сосуда такого исхода соединения нельзя исключить абсолютно. И это обстоятельство должно быть учтено в первую очередь.

Схематическое изображение предлагаемого бесшовного устройства соединения полых сосудов приведено на рис. 1.

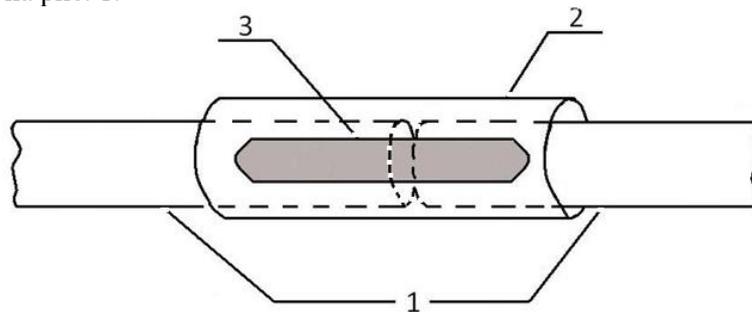


Рис.1. Схема соединения сосудов: 1 – сосуды; 2 – соединительная муфта; 3 – ледяная вставка

Суть предлагаемого метода соединения кровеносных сосудов можно назвать условно «усаживаемая муфта соединения кровеносных сосудов». И вот здесь вполне применима идея использования льдинки для первоначального соединения сосудиков, которую «забраковал» Гартнер. Чтобы предотвратить быстрое таяние ледяной вставки (3) внутри сосудов можно применить комбинированный метод: изготавливать лед из физиологического раствора и предварительно локально охлаждать операционное поле до нулевой температуры. Поскольку соленая вода замерзает при более низких температурах, то и таять такая вставка будет дольше. Плюс охлаждение зоны операции растянет процесс таяния. Соединительную муфту (2) предполагается изготавливать из материала, обладающего двумя ключевыми свойствами: во-первых, это должен быть биосовместимый материал, который бы имеет способность уменьшать свои геометрические размеры под воздействием различных физических воздействий. Это могут быть низкая температура (от +5° и ниже), вибрация (ультразвук), излучение определенного спектра (ультрафиолет). Во-вторых, внутреннюю поверхность муфты необходимо покрыть биоактивным клейким веществом с тем, чтобы фиксация соединения происходила в максимально сжатые сроки. По самым оптимистичным оценкам процесс соединения двух сосудов может составить от единиц минут до десятков секунд.

Заключение

Предполагается, что использование предлагаемого метода сведет время соединения поврежденных сосудов кардинально, то есть на один-два порядка по сравнению с существующими методиками. При этом, памятуя о прорыве, достигнутом внедрением «промышленных» технологий офтальмологом академиком С.Н. Федоровым., можно рассчитывать о подобном результате и в микрохирургии.

Список литературы

1. Homo Deus. Краткая история будущего / Юваль Ной Харари ; [пер. с англ. А. Андреева]. — М. : Синдбад, 2018. - 423 С.
2. Святослав Федоров – лучший офтальмолог мира [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://aprilpublish.ru/velikije-imena/svyatoslav-fedorov-luchshij-ofthalmolog-mira.html> - Дата доступа 09.11.2018.
3. Способ соединения сосудов и устройство для герметизации надреза сосуда и перерезания стенки сосуда [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.findpatent.ru/patent/226/2269315.html> - Дата доступа 20.10.2018.
4. Ученые разработали бесшовный метод соединения поврежденных сосудов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://dic.academic.ru/dic.nsf/enc_colier/ - Дата доступа 18.09.2017.
5. Edward I Chang, Michael G Galvez, Jason P Glotzbach, Cynthia D Hamou, Samyra El-ftesi, C Travis Rapple, Kristin-Maria Sommer, Jayakumar Rajadas, Oscar J Abilez, Gerald G Fuller, Michael T Longaker, Geoffrey C Gurtner. Vascular anastomosis using controlled phase transitions in poloxamer gels. Nature Medicine, 2011; DOI: 10.1038/nm.2424
6. Соединительные муфты для силовых кабелей [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://electrical-school.info/main/electromontag/1655-soedinitelnye-mufty-dlja-silovykh.html> – Дата доступа 30.08.2017.

УДК 616.314.17 – 085.849.19

ЛЕЧЕНИЕ ЭНДОПЕРИОДОНТИТА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ ИНФРАКРАСНОЙ ОБЛАСТИ СПЕКТРА

Ю.Л. ДЕНИСОВА, Н.И. РОСЕНИК

*Белорусский государственный медицинский университет
Сухая, 28, Минск, 220004, Беларусь*

Аннотация. В статье описана клиническая эффективность разработанного метода лечения эндопериодонтита с использованием лазерного излучения инфракрасной области спектра. В клиническое исследование были включены 68 пациентов с хроническим генерализованным периодонтитом средней тяжести, у которых диагностировали локализованный эндопериодонтит. В группу контроля вошли 32 пациента без патологии тканей периодонта. Впервые разработан и клинически апробирован метод лечения эндопериодонтита, который обладает выраженным терапевтическим эффектом. Положительное действие лазерного излучения отразилось в нормализации процессов регенерации, отсутствии клинических проявлений воспаления, в снижении и полном исчезновении болевых ощущений у 97,2 % пациентов, что подтверждает целесообразность применения лазеротерапии в комплексном лечении данной категории пациентов.

Ключевые слова: эндопериодонтит, лазеротерапия, болезни периодонта.

Abstract. The article describes the clinical efficacy of the developed method of treating endoperiodontitis with the use of the laser radiation of the infrared region of the spectrum. The clinical study included 68 patients with chronic generalized periodontitis of moderate severity who were diagnosed with localized endoperiodontitis. The control group included 32 patients without periodontal tissue pathology. As a result of the study, the researchers developed and clinically tested the method of treating endoperiodontitis that has a pronounced therapeutic effect. The positive effect of laser radiation was reflected in the normalization of regeneration processes, the absence of clinical manifestations of inflammation, the reduction and complete disappearance of pain in 97.2% of patients that confirms the feasibility of laser therapy in the complex treatment of this category of patients.

Keywords: endoperiodontitis, laser therapy, periodontal disease.

Введение

Анализ современной научной литературы свидетельствует о том, что планирование лечения эндопериодонтита должно быть основано на результатах комплексной клинической и рентгенологической диагностики эндодонтического и периодонтологического статуса пациентов. При этом последовательность лечебных манипуляций зависит от витальности пульпы зуба, а также

первичности поражения эндодонта или периодонта. Следует отметить, что проведение только эндодонтического или только периодонтологического лечения не приводит к благоприятному прогнозу эндопериодонтита. В связи с этим появилась необходимость разработки нового междисциплинарного подхода в лечении сочетанных воспалительно-деструктивных процессов в эндодонте и периодонте [1 – 3].

Теоретический анализ

Многочисленные исследования последних лет направлены на изучение методов эндодонтического и периодонтологического лечения с дополнительным применением лазеротерапии. При консервативном лечении болезней периодонта предпочтение отдают диодному лазеру, излучение которого обладает биостимулирующим, противоотечным и детоксикационным свойствами. Данный вид лазеротерапии обеспечивает коагуляцию мягких тканей и гемостаз, снижает риск бактериемии во время вмешательства, а также способствует удалению грануляционной ткани за счет взаимодействия с эндогенными хромофорами (меланином, гемоглобином и оксигемоглобином). В связи с этим лазерное излучение ускоряет обмен веществ в соединительной и костной ткани, а также стимулирует выделение аутокринных факторов роста [4, 5].

В эндодонтической практике установлено, что диодный лазер с длиной волны 810 нм, 940 нм и 980 нм имеет глубокую пенетрацию излучения в дентинные трубочки на 1000 мкм, а также избирательный бактерицидный эффект подобный неодимовому лазеру (Nd:YAG; $\lambda=1064$ нм). Так, в 2017 году ученые доказали высокое антимикробное действие в отношении самого резистентного эндодонтического патогена *Enterococcus faecalis* при его локализации в дентине на глубине 1000 мк в 83–99,9% случаев. При этом излучение рекомендуемой мощности 1–1,5 Вт явилось термически безопасным для твердых тканей зуба. В тоже время ряд ученых выявили эффективность диодного лазера ($\lambda=810$ нм; P=3–4 Вт) в устранении *Escherichia coli* на 74% в дентине на глубине 500 мкм [6 – 8].

Целью исследования является разработка и оценка клинической эффективности метода лечения эндопериодонтита с использованием лазерного излучения инфракрасной области спектра у пациентов в возрасте 35–44 лет с болезнями периодонта.

Методика эксперимента

Объектом исследования были 68 добровольца в возрасте 35–44 лет с хроническим генерализованным периодонтитом средней степени тяжести в сочетании с локализованным эндопериодонтитом, средний возраст которых составил $32,8 \pm 0,4$ года. В группу контроля вошли 32 пациента без патологии тканей периодонта. В зависимости от метода лечения пациенты были разделены на две группы. Состав групп был однотипен по выраженности патологии, возрасту и полу.

В 1-ю исследуемую группу вошли 34 пациента, лечение которых состояло из эндодонтического и периодонтологического этапов, а 2-я исследуемая группа была представлена 36 пациентами, которым в комплекс лечебных мероприятий включали эндодонтическое, периодонтологическое лечение и лазеротерапию. В исследовании применяли диодный лазер с длиной волны излучения 940 нм, регулируемой мощностью и световодами диаметром 200 мкм и 300 мкм.

Оценку клинических данных проводили на начальном этапе и через 12 месяцев после лечения на основании опроса пациента, клинического осмотра и изучения комплекса объективных показателей: упрощенный индекс гигиены ротовой полости ОНI-S (J.C. Greene, J.R. Vermillion, 1964), десневой индекс GI (H. Loe, J. Silness, 1963), модифицированный индекс кровоточивости зубодесневой борозды SBI (H.P. Muhlemann, Son, 1971), периодонтальный индекс PI (A. Russel, 1956) и глубина зондирования патологического зубодесневого кармана (ЗДК).

Результаты и их обсуждение

Разработан и клинически апробирован метод лазеротерапии в области периодонтальных карманов (периодонт), корневых каналов (эндодонт) и общей биостимуляции тканей периодонта при лечении эндопериодонтита.

Процедура лазеротерапии в области периодонтальных карманов

На подготовительном этапе выполняют полоскание ротовой полости антисептиком и высушивание слизистой оболочки в предполагаемой области воздействия. При проведении антимикробной лазеротерапии в области периодонтального кармана насадку лазерного световода диаметром 300 мк размещают в контакте с десневым гребнем параллельно длинной оси зуба на 1 мм короче глубины периодонтального кармана. Проводят трехкратное 30-секундное воздействие лазерного излучения с длиной волны 940 нм, мощностью 1,6 Вт внутри периодонтального кармана в

апикально-корональном и мезио-дистальном направлениях, чередуя с ирригацией периодонтального кармана антисептиком.

Процедура лазеротерапии в области корневых каналов

С целью дезинфекции системы корневых каналов насадку лазера диаметром 200 мк размещают в предварительно разработанный корневой канал, отступая 1 мм от верхушки корня зуба. Проводят трехкратное 30-секундное воздействие лазерного излучения с длиной волны 940 нм, мощностью 0,1 Вт на стенки корневого канала в апикально-корональном направлении, чередуя с ирригацией антисептиком. Насадку перемещают в корональном направлении со скоростью примерно 1 мм/с. Продвижение от апикальной трети к корональной области корневого канала осуществляют при контакте насадки с боковой поверхностью стенки канала.

Общая биостимуляция тканей периодонта

Биостимуляцию тканей периодонта проводят контактным воздействием на ткани периодонта с вестибулярной поверхности в течение 60 с лазерным излучением длиной волны 940 нм и плотностью мощности 0,25 Вт/см².

Изучение клинического состояния пациентов 1-й исследуемой группы до лечения показало наличие у них жалоб на кровоточивость десны при чистке зубов и приеме твердой пищи, выраженную гиперемию и отечность десневого края, над- и поддесневые зубные отложения, подвижность и боль при давлении на зуб с эндопериодонтитом. Параметры объективных тестов составляли: ОНI-S = 2,5±0,3; GI = 2,6±0,2; SBI = 26,4±1,8; PI = 5,8±0,2; ГЗДК = 4,7±0,3 (p<0,05).

Исследования клинического состояния тканей периодонта через 12 месяцев показали, что хорошие результаты были получены лишь у четырех пациентов (11,8%). У 25 (73,5%) пациентов были удовлетворительные результаты. У них сохранились жалобы на кровоточивость десны при чистке зубов, подвижность зубов с эндопериодонтитом. Показатели объективных тестов были отклонены от нормы: ОНI-S = 1,4±0,2; GI = 1,9±0,5; SBI = 19,3±2,1; PI = 4,2±0,3; ГЗДК = 5,5±0,4 (p<0,05). Показатели остальных пяти (14,7%) пациентов были неудовлетворительными (ОНI-S = 2,3±0,2; GI = 2,8±0,3; SBI = 38,72±1,6; PI = 6,3±0,4; ГЗДК = 5,9±0,4 (p<0,05).

У пациентов 2-й исследуемой группы до лечения констатировали плохое состояние тканей периодонта: ОНI-S = 2,6±0,4; GI = 2,8±0,2; SBI = 27,5±1,9; PI = 5,7±0,2; ГЗДК = 4,3±0,5 (p<0,05). У пациентов отмечали жалобы на кровоточивость десны при чистке зубов, выраженную гиперемию и отечность десневого края, над- и поддесневые зубные отложения, подвижность и боль в зубах при приеме твердой пищи.

Исследования клинического состояния тканей периодонта у пациентов, которым применяли лазеротерапию, через 12 месяцев показали, что хорошие результаты были получены у 18 пациентов (50%). У 17 (47,2%) пациентов были удовлетворительные результаты. Показатели объективных тестов были незначительно отклонены от нормы: ОНI-S = 0,9±0,1; GI = 1,2±0,2; SBI = 25,4±1,8; PI = 3,8±0,2; ГЗДК = 3,5±0,2 (p<0,05). Всего лишь у одного (2,8%) пациента показатели были неудовлетворительными: ОНI-S = 2,5±0,2; GI = 2,7±0,3; SBI = 36,4±1,5; PI = 6,1±0,2; ГЗДК = 5,8±1,3 (p<0,05).

Заключение

В результате проведенных исследований впервые разработан метод лечения эндопериодонтита с применением лазеротерапии, который обладает выраженным терапевтическим эффектом. Положительное действие лазерного излучения отразилось в нормализации процессов регенерации, отсутствии клинических проявлений воспаления, в снижении и полном исчезновении болевых ощущений у 97,2 % пациентов, что подтверждает целесообразность применения лазеротерапии в комплексном лечении данной категории пациентов.

Список литературы

1. Дедова, Л.Н. Эндопериодонтит — новое в классификации болезней периодонта / Л.Н. Дедова, Ю.Л. Денисова, Л.А. Денисов // *Стоматолог*. Минск. — 2012. — №3 (6). — С. 16–21.
2. Денисова, Ю.Л. Современные вопросы эндопериодонтальных поражений / Ю.Л. Денисова, Н.И. Росеник // *Стоматолог*. Минск. — 2016. — №3. — С. 25–30.
3. Shenoy, N. Endo-perio lesions: diagnosis and clinical considerations / N. Shenoy, A. Shenoy // *Indian Journal of dental research*. — 2010. — № 21 (4). — P. 579-585.
4. Aoki, A. Lasers in nonsurgical periodontal therapy / A. Aoki, K.M. Sasaki, H. Watanabe et al. // *Periodontology* 2000. — 2004. — V. 36. — №1. — P. 59–97.

5. Dukić, W. Clinical effectiveness of diode laser therapy as an adjunct to non-surgical periodontal treatment: a randomized clinical study / W. Dukić, I. Bago, A. Aurer et al. // J. Periodontol. — 2013. — V. 84. — №8. — P. 1111–1117.
6. Schulte-Lunzum, R. The impact of a 940 nm diode laser with radial firing tip and bare end Fiber tip on Enterococcus faecalis in the root canal wall dentin of bovine teeth: an in vitro study / R. Schulte-Lunzum, N. Gutknecht, G. Conrads et al. // Photomed Laser Surg. — 2017. — Vol. 35. — №7. — P. 357–363.
7. Masilionyte, M. Outcome of 940-nm diode laser-assisted endodontic treatment of teeth with apical periodontitis: a retrospective study of clinical cases / M. Masilionyte, N. Gutknecht // Lasers in Dental Science. — 2018. — Vol. 2. — №3. — P. 169–179.
8. Gutknecht, N. Temperature evolution on human teeth root surface after diode laser assisted endodontic treatment / N. Gutknecht, R. Franzen, J. Meister et al. // Lasers Med Sci. — 2005. — Vol. 20. — №2. — P. 99–103.

УДК 612.7

ФОРМИРОВАНИЕ У ЧЕЛОВЕКА НАВЫКА ТОЧНОГО ВОСПРОИЗВЕДЕНИЯ ЗАДАННЫХ ДВИЖЕНИЙ ЦЕНТРОМ ТЯЖЕСТИ ТЕЛА

В.А. ДУБОВСКИЙ¹, Г.А. РОЗУМ², В.В. САВЧЕНКО¹

¹Объединенный институт машиностроения НАН Беларуси

²Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники

Аннотация. Исследован процесс обучения человека точному воспроизведению заданных движений с использованием балансировочной стабилметрической платформы с визуальной обратной связью по отклонению опорной поверхности от горизонтального положения. Выявлены особенности и проведен сравнительный анализ процесса формирования у человека навыка точного воспроизведения различных циклических движений центром тяжести тела. Результаты исследования являются научным обоснованием применения балансировочных стабилметрических систем для восстановления или развития двигательных функций человека, в том числе и для выработки профессионально важных качеств у операторов систем «человек-машина».

Ключевые слова: двигательное обучение, двигательная память, реабилитация, система «человек-машина», координационные способности, профессионально важные качества.

Abstract. In this paper we present some results concerning the use of an unstable balance platform equipped with visual feedback of the support surface inclination to train human ability to reproduce specified motion patterns by changing the position of his center of gravity in horizontal plane. The results of the study demonstrated that the balancing stabilometric systems can be a useful tool for neurological rehabilitation and an effective means of acquiring professionally important qualities of man-machine systems operators.

Keywords: motor learning, motor memory, rehabilitation, man-machine system, coordination abilities, professionally important qualities.

Введение

Изучение механизмов двигательного обучения, несмотря на многочисленные исследования в этом направлении, остается одной из центральных задач физиологии моторной активности человека применительно к таким областям, как медицинская реабилитация, подготовка спортсменов, профотбор и выработка профессионально важных качеств операторов систем «человек-машина» [1]. Известно, что целенаправленные движения часто включают регуляцию позы тела [2], что свидетельствует о комплексном характере управления движениями человека и необходимости многостороннего изучения влияния различных факторов на процессы взаимодействия человека с внешней средой.

Одним из подходов к изучению моторной активности человека, связанной с регуляцией позы тела, является анализ процесса формирования навыка произвольного управления центром тяжести (ЦТ) тела с использованием стабилметрических систем [3]. В соответствии с данным подходом человек, стоя на стабилметрической платформе, выполняет поставленную перед ним ту или иную двигательную задачу, руководствуясь сигналами биологической обратной связи (БОС) по стабิโลграмме. При этом регистрируются пространственно-временные параметры совершаемых движений и осуществляется анализ выполнения испытуемым поставленной перед ним двигательной задачи.

К настоящему времени проведено большое количество исследований, в ходе которых в основном изучались способности человека удерживать равновесие вертикального положения тела при спокойном стоянии и выполнении заданных движений в условиях устойчивой и неустойчивой опоры [4-6]. Авторам неизвестны работы, в которых был бы исследован процесс обучения челове-

ка, находящегося в вертикальной позе, навыку точного воспроизведения сложных циклических движений ЦТ тела. Подобного рода исследования позволили бы получить дополнительные данные о процессе формирования навыка произвольного управления ЦТ тела и провести сравнительный анализ результатов, полученных при воспроизведении циклических движений различной структуры и сложности. Данная постановка задачи легла в основу настоящей работы.

Методика эксперимента

В исследовании принимали участие 20 здоровых испытуемых, не имеющих повреждений опорно-двигательного аппарата, в возрасте от 18 до 20 лет. Средний возраст составил 19,2 года. Все участники были заранее проинформированы о цели и содержании исследования и дали согласие на проведение эксперимента. Для исследования был использован программно-аппаратный стабилметрический комплекс «Стабилотренажер Д-01», разработанный в ОИМ НАН Беларуси. Данный комплекс основан на использовании стабилметрической платформы балансирующего типа с БОС по отклонению опорной поверхности от горизонтального положения, характеризуется наличием ряда устойчивых положений и позволяет оценивать и тренировать способность человека точно воспроизводить движениями ЦТ тела заданные траектории (тест «Воспроизведение») [7].

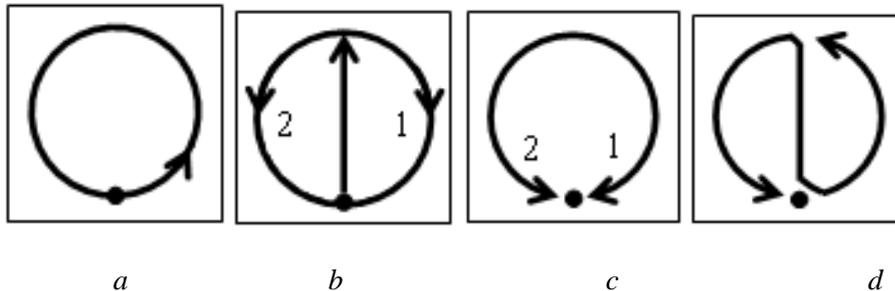


Рис. 1. Однонаправленная круговая траектория (a); однонаправленная траектория, состоящая из двух полу- кругов (b); круговая траектория с реверсом в исходной точке (c); траектория, состоящая из двух полу- кругов с реверсом (d). Точки обозначают исходное положение ЦТ, стрелки – направление движения, цифры – по- следовательность движений.

Тренировочный сеанс состоял из четырех этапов, на каждом из которых испытуемый, стоя в вертикальной позе на стабилметрической платформе, должен был как можно более точно вос- произвести одну из траекторий, изображенных на рис. 1, перемещая соответствующим образом ЦТ своего тела и посредством визуальной БОС получая в реальном времени информацию о теку- щем положении опорной поверхности. На первом этапе для воспроизведения задавалась однона- правленная круговая траектория (рис. 1a), на втором – однонаправленная траектория, состоящая из двух полу- кругов (рис. 1b), на третьем – круговая траектория с реверсом в исходной точке (рис. 1c), а на четвертом – траектория, состоящая из двух полу- кругов с реверсом (рис. 1d). Все указан- ные траектории воспроизводились из исходной точки, соответствующей заднему устойчивому по- ложению опорной поверхности платформы. Каждый этап обучения считался законченным при условии, если испытуемый безошибочно сумеет воспроизвести заданную траекторию 4 раза под- ряд. После каждого этапа испытуемый получал оценку (стабилметрический показатель) успеш- ности выполнения задания, выраженную в относительных единицах в зависимости от ошибочных отклонений реальной траектории от заданной.

По завершении тренировочного процесса рассчитывали средние значения полученных по- казателей успешности воспроизведения каждой из заданных траекторий для всей группы испыту- емых, на основании которых был проведен сравнительный анализ процесса формирования новых двигательных координат различной структуры и сложности.

Результаты и обсуждение

В таблице приведены результаты обучения группы испытуемых точному воспроизведению движениями ЦТ тела различных циклических движений.

Таблица1 Значения стабилметрических показателей успешности воспроизведения заданных траекторий

Стабилметрические показатели успешности воспроизведе- ния траектории	Воспроизводимые траектории			
	Однонаправленная круговая траекто- рия	Однонаправленная траектория, состо- ящая из двух по- лукругов	Круг с реверсом в исход- ной точке	Траектория, состоящая из двух по- лукругов с

				реверсом
Значения показателей в группе	0,20–1,00	0,07–0,77	0,08–0,69	0,05–0,56
Среднее значение показателя в группе	0,72	0,39	0,32	0,18

Эффективность формирования новых двигательных координаций в группе испытуемых при воспроизведении ими движениями ЦТ своего тела различных циклических траекторий представлена на рис. 2.

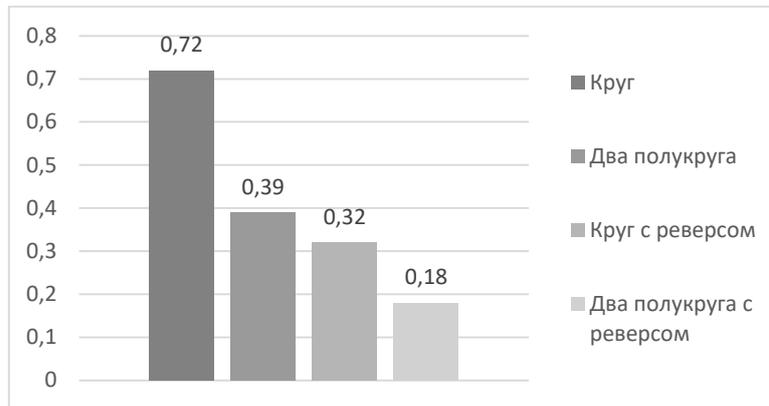


Рис. 2. Эффективность воспроизведения циклических траекторий группой испытуемых (20 человек) с использованием балансировочной стабилметрической системы

Результаты исследования показывают, что эффективность тренировки способности человека воспроизводить циклические траектории движениями ЦТ тела существенно зависит как от сложности траектории, так и от того, имеет ли она точки, в которых направление движения меняется на противоположное (точки реверса). При воспроизведении однонаправленных циклических траекторий, отличающихся сложностью – простейшей траектории в виде круга (рис. 1а) и более сложной в виде двух полукругов (рис. 1б) испытуемые продемонстрировали существенно более высокую эффективность обучения в первом случае. Аналогичная картина наблюдалась и при сравнении эффективности воспроизведения простейшей траектории в виде круга с точкой реверса (рис. 1с) и более сложной в виде двух полукругов с реверсом (рис. 1д). Принимая во внимание, что траектории, изображенные на рис. 1а и 1с не отличаются сложностью друг от друга, равно как и не отличаются сложностью траектории, изображенные на рис. 1б и 1д, но, при этом траектории на рис. 1с и 1д имеют точки реверса направления движения, на основании полученных данных можно заключить, что эффективность обучения человека воспроизведению циклических траекторий существенно снижается, если они характеризуются необходимостью менять направление движения в определенных точках. Это может быть связано с тем, что в данном случае требуется повышенное внимание человека к выполнению задания, чтобы не пропустить точку реверса, а также с тем, что для управления движением по заданной траектории в обратном направлении мозг человека вынужден формировать вторую двигательную программу.

Заключение

Исследован процесс обучения человека точному воспроизведению заданных движений с использованием балансировочной стабилметрической платформы с визуальной обратной связью по отклонению опорной поверхности от горизонтального положения. Показано, что эффективность формирования у человека новых двигательных координаций, связанных с циклическими движениями ЦТ тела, существенно зависит как от сложности траектории движения, так и от того, имеет ли она точки, в которых направление движения меняется на противоположное (точки реверса). Эффективность обучения человека воспроизведению циклических траекторий существенно снижается, если они характеризуются более высокой сложностью и необходимостью менять направление движения в определенных точках. Это может быть связано с тем, что в данных случаях требуется повышенное внимание человека к выполнению задания, чтобы не пропустить точку реверса, а также с тем, что для управления движением по заданной траектории в обратном направлении мозг человека вынужден формировать вторую двигательную программу. Результаты исследования являются научным обоснованием применения балансировочных стабилметриче-

ских систем для восстановления или развития двигательных функций человека, в том числе и для выработки профессионально важных качеств у операторов систем «человек-машина».

Список литературы

1. Tani G., Correa U.C., Basso L. et al. / An Adaptive Process Model of Motor Learning: Insights for the Teaching of Motor Skills // *Nonlinear Dynamics, Psychology, and Life Sciences*. – 2014. – Vol. 18, No. 1, P. 47-65.
2. Scott S.H. / Optimal feedback control and the neural basis of volitional motor control // *Nature reviews / Neuroscience*. – 2004. – Vol. 5. – P. 534–545.
3. Dubovsky V.A. / A Computerized Rehabilitation Simulator for Patients with Locomotor Dysfunctions / V.A. Dubovsky // *Biomedical Engineering*. – 2011. – Vol. 45, № 2. – P. 51–53).
4. Ringhof S., Stein T. / Biomechanical assessment of dynamic balance: Specificity of different balance tests // *Human Movement Science*. – 2018. – Vol. 58. – P. 140-147.
5. Bruin E.D., Swanenburg J., Betschon E. et al. / A randomized controlled trial investigating motor skill training as a function of attentional focus in old age // *Mode of access: <http://www.biomedcentral.com/1471-2318/9/15>*. – Date of access: 05.11.2018.
6. Janura M., Bizovska L., Svoboda Z. et al. / Assessment of postural stability in stable and unstable conditions // *Acta of Bioengineering and Biomechanics*. – 2017. – Vol. 19, No. 4. – P. 89-94.
7. Dubovsky V.A., Mironovich G.K. *Rehabilitation: Practices, Psychology and Health*. Nova Science Publishers, Inc. / Ed. R. Lagana and S. M. Esposito. NY, 2012. Ch.5. P. 113–124.

УДК 378.2(476)

АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ ПОДГОТОВКИ НАУЧНЫХ РАБОТНИКОВ ВЫСШЕЙ КВАЛИФИКАЦИИ ПО ПРИОРИТЕТНЫМ СПЕЦИАЛЬНОСТЯМ В СФЕРЕ ИНФОРМАЦИОННО-КОММУНИКАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ

Н.А. НИКОНЕНКО¹, А.К. СУТУРИН²

¹*Белорусский государственный медицинский университет, пр. Дзержинского, 83, Минск, 220116, Республика Беларусь;*

²*Белорусский институт системного анализа и информационного обеспечения научно-технической сферы, пр. Победителей 7, Минск, 220004, Республика Беларусь*

Аннотация. Представлен анализ состояния подготовки научных работников высшей квалификации за период 2014-2017 гг. по приоритетным специальностям в сфере информационно-коммуникационных технологий, а также по специальности «Приборы, системы и изделия медицинского назначения», связанной с решением проблем развития современных медицинских технологий и их информационного обеспечения.

Ключевые слова: научные работники высшей квалификации, послевузовское образование, информационно-коммуникационные технологии.

Abstract. This work is devoted to the analysis of the state of highest qualification scientific personnel training in 2014-2017 years on the priority specialties in the field of information and communication technologies, as well as on the specialty "Devices, systems and products for medical purposes", related to the creation of novel high-performance systems for medical applications.

Keywords: highest qualification scientific personnel, post-graduate studies, information and communication technologies

Введение

Важнейшим направлением инновационного развития Республики Беларусь является формирование цифровой экономики, развитие национальной информационно-коммуникационной инфраструктуры [1]. В связи с этим на современном этапе особую актуальность приобретает разработка и внедрение информационно-коммуникационных и наукоемких технологий, том числе в сфере здравоохранения и медицины. Решение этих задач предусматривает целенаправленную подготовку высококвалифицированных специалистов и научных кадров с учетом потребностей инновационных преобразований страны и цифровой трансформации экономики.

Главными институтами формирования кадрового потенциала науки в Республике Беларусь являются аспирантура (адъюнктура) и докторантура. В рамках Подпрограммы 6 «Развитие системы послевузовского образования» Государственной программы «Образование и молодежная политика» на 2016-2020 годы (далее – Государственная программа) поставлены задачи по увеличению численности подготовки научных работников высшей квалификации (НРВК) по приоритетным специальностям, необходимым для развития высокотехнологичных производств, относящихся к V и VI технологическим укладам экономики (далее – приоритетные специальности) [2].

Во исполнение поручения Президента Республики Беларусь, с учетом приоритетных направлений научно-технической деятельности в Республике Беларусь на 2016-2020 гг. перечень приоритетных специальностей, утвержденный приказом ГКНТ от 29.03.2012 № 146, откорректирован и включает теперь 137 специальностей (приказ ГКНТ от 30.07.2018 № 270). Далее в работе анализируется динамика подготовки НРВК по 15 специальностям, относящимся к направлению развития информационно-коммуникационных технологий (ИКТ).

Результаты и их обсуждение

Информационное обеспечение системы подготовки НРВК в Республике Беларусь осуществляется посредством республиканской автоматизированной информационно-аналитической системы мониторинга подготовки научных работников высшей квалификации (АСМ НРВК). Положение об АСМ НРВК утверждено постановлением Государственного комитета по науке и технологиям от 09.01.2012 № 1. Данная информационно-аналитическая система позволяет осуществлять мониторинг подготовки НРВК по целому ряду количественных и качественных показателей [3]. В банке данных АСМ НРВК содержится информация о подготовке НРВК в 120 организациях, обеспечивающих получение послевузовского образования в Республике Беларусь.

Таблица 1 Показатели подготовки НРВК в системе аспирантуры по приоритетным специальностям в сфере ИКТ за период 2014-2017 гг., чел. *

Шифр	Специальность	Численность обучающихся			
		2014 г.	2015 г.	2016 г.	2017 г.
01.01.07*	Вычислительная математика	7	7	9	6
01.01.09*	Дискретная математика и математическая кибернетика	8	8	9	5
05.12.04*	Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения	7	10	9	14
05.12.07	Антенны, СВЧ-устройства и их технологии	2	4	3	3
05.12.13	Системы, сети и устройства телекоммуникаций	13	7	15	21
05.12.14*	Радиолокация и радионавигация	1	2	2	3
05.13.01	Системный анализ, управление и обработка информации (по отраслям)	43	49	41	44
05.13.05	Элементы и устройства вычислительной техники и систем управления	13	16	16	14
05.13.06*	Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (по отраслям)	19	28	27	34
05.13.11*	Математическое и программное обеспечение вычислительных машин, комплексов и компьютерных сетей	21	32	41	39
05.13.12*	Системы автоматизации проектирования (по отраслям)	5	3	1	2
05.13.15	Вычислительные машины, комплексы и компьютерные сети	24	28	25	20
05.13.17	Теоретические основы информатики	17	16	11	12
05.13.18	Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ	41	43	48	48
05.13.19	Методы и системы защиты информации, информационная безопасность	32	39	44	37
Итого		253	292	301	302

* по отмеченным специальностям подготовка НРВК в докторантуре не осуществлялась за период 2014-2017гг.

За период 2014-2017 гг. численность проходящих подготовку в аспирантуре по приоритетным специальностям в сфере ИКТ увеличилась на 19,4 % и составила 302 чел. (таблица 1, рисунок 1). По данному направлению подготовка НРВК осуществляется главным образом в системе Министерства образования (более 90,0 % от общей численности обучающихся), причем примерно половина обучающихся в аспирантуре осваивает образовательную программу в Белорусском государственном университете информатики и радиоэлектроники.

По приоритетным специальностям в сфере ИКТ аспиранты предпочитают проходить подготовку в дневной и заочной формах обучения – 44,0% и 46,0% от общей численности обучающихся в аспирантуре, соответственно. В форме соискательства обучается лишь 10,0 %.

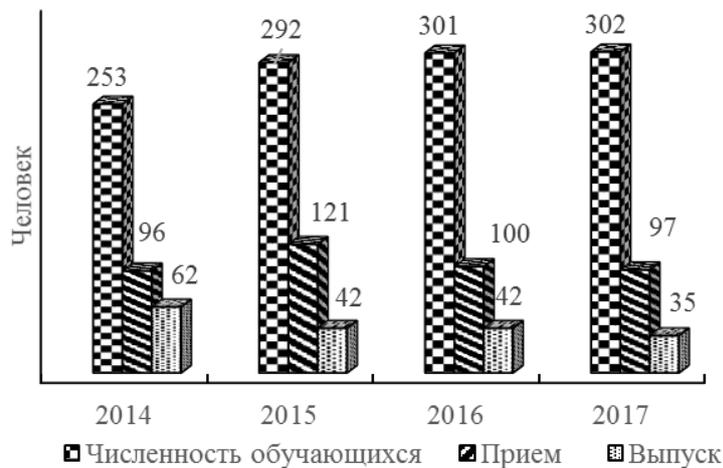


Рисунок 1 –Динамика изменения количественных показателей подготовки НРВК по приоритетным специальностям в сфере ИКТ в системе аспирантуры, чел.

За период 2014-2017 гг. наиболее востребованными среди приоритетных в сфере ИКТ являлись пять специальностей: «Системный анализ, управление и обработка информации», «Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами», «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ», «Вычислительные машины, комплексы и компьютерные сети», «Методы и системы защиты информации, информационная безопасность», «Математическое и программное обеспечение вычислительных машин, комплексов и компьютерных сетей». По этим специальностям проходят подготовку примерно 70,0 % от общего числа обучающихся в аспирантуре по приоритетным специальностям в сфере ИКТ.

Следует обратить внимание, что численность выпуска из аспирантуры по рассматриваемым специальностям за период 2014-2017 гг. сократилась в 1,8 раза и составила 35 чел. по итогам 2017 г. Низкий уровень стипендий аспирантов несопоставим с заработными платами в ИТ-организациях, в частности, в организациях-резидентах Парка высоких технологий, что и вынуждает часть молодых ученых прекращать обучение в аспирантуре. Тем более, что наличие ученой степени не влияет на уровень заработной платы в ИТ-организациях.

По итогам 2017 года удельный вес выпуска из аспирантуры (адъюнктуры) с проведением предварительной экспертизы диссертации в пределах установленного срока обучения в целом по республике составил 12,4 %, удельный вес выпуска из аспирантуры (адъюнктуры) с защитой диссертации в пределах установленного срока обучения – 7,8 %. Отметим, что последний показатель определен в качестве целевого в подпрограмме 6 «Развитие системы послевузовского образования» Государственной программы.

Численность выпуска по приоритетным специальностям в сфере ИКТ в 2017 году составила 35 чел., из них только 2 чел. прошли процедуру предварительной экспертизы диссертации, и при этом не было ни одной защиты в срок обучения.

Вместе с тем анализ динамики защит диссертаций выпускниками аспирантуры показывает, что доля лиц, защитивших кандидатскую диссертацию после окончания обучения растет. В связи с этим в настоящее время в качестве показателя оценки эффективности подготовки НРВК в системе аспирантуры и докторантуры используется дополнительный интегральный показатель «удельный вес численности выпускников аспирантуры (адъюнктуры), защитивших диссертации в течение трех лет после завершения обучения, в общей численности выпуска». Среди выпускников 2014 года в целом по республике данный показатель составил 22,1%.

Из 62 выпускников аспирантуры 2014 года по приоритетным специальностям в сфере ИКТ прошли процедуру предварительной экспертизы диссертации 4 чел. и 2 чел. защитили кандидатскую диссертацию в срок обучения. Как показал проведенный в работе анализ, в течение

трех лет после завершения обучения 15 выпускников аспирантуры 2014 года защитили диссертацию, в результате доля защитившихся составила 24,2%.

В докторантуре за период 2014-2017 гг. проходили подготовку в среднем 9 чел., причем только по половине из приведенных в таблице 1 приоритетных специальностей в сфере ИКТ.

Одна из 137 приоритетных специальностей – «Приборы, системы и изделия медицинского назначения» имеет важное значение для обеспечения развития высокотехнологичных медицинских технологий и их практического внедрения в здравоохранении и предполагает отличное владение знаниями в области ИКТ. В 2018 г. по этой специальности обучалось в аспирантуре в целом по Республике Беларусь 10 аспирантов, из них 7 чел. принято в 2017 году. По данной специальности все обучающиеся в аспирантуре проходят подготовку в Белорусском государственном университете информатики и радиоэлектроники.

Заключение

Цифровая трансформация экономики требует хорошо подготовленных специалистов для разработки и масштабного внедрения ИКТ в различные сферы деятельности. В системе образования, в первую очередь высшего и послевузовского, нужны кадры высшей квалификации, имеющие опыт научно-исследовательской работы и готовность передавать свои знания молодежи.

Проанализированные показатели подготовки НРВК в системе аспирантуры и докторантуры по приоритетным специальностям в сфере ИКТ пока свидетельствуют о востребованности исследователей в этой важной для страны области и определенной стабильности численности обучающихся.

С целью воспроизводства научно-педагогического кадрового потенциала республики необходимо осуществление комплекса мероприятий по повышению привлекательности послевузовского образования по приоритетным специальностям, вовлечению молодежи в научно-техническую и инновационную деятельность, закреплению в ней талантливой молодежи, повышению материальной заинтересованности и престижности работы ученого в сфере науки, образования, здравоохранения.

Список литературы

1. Постановление Совета Министров Республики Беларусь от 23 марта 2016 г. № 235 «Об утверждении Государственной программы развития цифровой экономики и информационного общества на 2016–2020 годы» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.pravo.by/document/?guid=3871&p0=C21600235>. – Дата доступа: 19.10.2018.
2. Постановление Совета Министров Республики Беларусь от 28 марта 2016 г. № 250 «Об утверждении Государственной программы «Образование и молодежная политика» на 2016–2020 годы». Информационно-правовая система «ЭТАЛОН» / [Электронный ресурс]. – Дата доступа: 19.10.2018.
3. Сутурин, А.К. Применение автоматизированной информационно-аналитической системы мониторинга подготовки научных работников высшей квалификации для анализа динамики развития послевузовского образования в Республике Беларусь / А.К.Сутурин, Н.А.Никоненко / Цифровая трансформация, 2018, № 2. – С. 54-59.

УДК 696

ПРОБЛЕМЫ МИКРОКЛИМАТА В ЖИЛЫХ ПОМЕЩЕНИЯХ

П.В. ДЕЙНЕКО

*Белорусский Государственный Университет Информатики и Электроники
ул.П.Бровки, 6, г. Минск, 220013, Республика Беларусь*

Аннотация. В докладе представлены результаты анализа показателей микроклимата на рабочих местах, в жилых помещениях. Оценивались параметры температуры в теплый и холодный периоды года, скорость движения воздуха, влажность и их влияние на организм человека.

Ключевые слова: микроклимат, влажность, давление, температура.

Abstract. The report presents the results of the analysis of microclimate indicators at workplaces and in living spaces. Temperature parameters during the warm and cold periods of the year, air velocity, humidity and their effect on the human body were evaluated.

Keywords: microclimate, humidity, pressure, temperature.

Введение

В ритме современной жизни люди проводят большую часть времени в помещении, будь то класс, офис, квартира. Создание комфортных условий в местах обитания - залог нашего здоровья. Пребывание людей длительное время в теплых или холодных закрытых помещениях при уменьшенной или увеличенной влажности приводит к уменьшению работоспособности и разным формам заболеваний. К сожалению, проблема поддержания необходимого уровня влажности в жилых и рабочих помещениях всерьез никогда не воспринималась. А между тем, зимой и летом во время работы центрального отопления или кондиционеров, воздух содержит слишком мало влаги, как для нормального самочувствия человека, так и для большинства комнатных растений, и даже для сохранности деревянной мебели.

Теоретический анализ

Микроклимат помещения – состояние внутренней среды помещения, оказывающее воздействие на человека, характеризуемое показателями температуры воздуха и ограждающих конструкций, влажностью и подвижностью воздуха.

Оптимальные параметры микроклимата – сочетание значений показателей микроклимата, которые при длительном и систематическом воздействии на человека обеспечивают нормальное тепловое состояние организма при минимальном напряжении механизмов терморегуляции и ощущение комфорта не менее чем у 80 % людей, находящихся в помещении. [1]

Основными параметрами микроклимата являются температура и влажность воздуха. Согласно современных требований к микроклимату, в квартире не должно быть существенных перепадов температуры воздуха по высоте и горизонтали: допускаются колебания в рамках 2-3 градуса. Зимой температура воздуха в помещении зависит в первую очередь от эффективности систем отопления, а в жаркое время года оптимальный микроклимат позволяют создавать кондиционеры. Оптимальной температурой жилых и общественных помещений в теплое время года считается 22-25° С, зимой - 20-22° С. Комфортная температура для работников производственных помещений начинается с 18 градусов. Жалобы на дискомфорт поступают, как правило, при температуре воздуха от 24 градусов и выше. Согласно гигиеническим требованиям к микроклимату, воздух в помещении должен быть свежим, т.е. без неприятных запахов, подвижным и влажным. В большой степени эти показатели зависят от систем вентиляции и проветривания. Застоявшийся воздух способен накапливать в себе микроорганизмы, которые проникают в организм человека и приводят к развитию заболеваний. Слишком сильная циркуляция воздуха (например сквозняки) провоцирует развитие простудных заболеваний. Поэтому важно найти баланс – оптимальный вариант подвижности воздуха внутри помещения.

Касательно восприятия человеком температуры, следует отметить, что в основном на неё влияет влажность и скорость воздуха в помещении. Чем больше относительная влажность, тем меньше пота в единицу времени испаряется и тем быстрее данное явление приводит к перегреву организма. Также, довольно негативно на тепловом состоянии человека может сказываться повышенная влажность и температура - более 30 градусов °С, поскольку выделяемая теплота практически полностью вместе с потом передается в окружающую среду. Повышенная влажность приводит к образованию проливного течения пота, утомляющего организм и препятствующего необходимой теплоотдаче.

Неблагоприятной для человека является и пониженная влажность воздуха, поскольку это приводит к усиленному пересыханию и растрескиванию слизистых оболочек, вследствие чего

загрязняется болезнетворными микроорганизмами. Важно отметить, что при обезвоживании допустимым для человека снижением массы тела является значение в пределах 2-3 %. Нарушение умственной деятельности, а также ухудшение зрения происходит при обезвоживании более чем на 6 %. Летальный исход наступает при обезвоживании организма на 15 - 20 %.

Следует отметить, что влажность воздуха влияет не только на состояние человека. В помещениях с сухим воздухом может растрескиваться паркет, мебель, двери и прочие изделия из дерева. Активно размножатся грибки и плесень, портятся стены, мебель, одежда, книги под влиянием большого количества влаги. К причинам возникновения сырости в квартирах необходимо отнести плохо отрегулированную систему отопления, редкость проветривания помещения, а также постоянная стирка и сушка белья в нем.

Нормальная влажность воздуха в помещениях является гарантией комфорта для людей, более того это приводит к уменьшению риска возникновения респираторных заболеваний. Отклонение этого параметра от нормальных значений способно вызвать снижение иммунитета, ухудшение состояния кожи, а также повышение утомляемости. Излишняя влажность также неблагоприятно сказывается на здоровье человека. Самой комфортной для человека считается влажность воздуха в пределах 40 - 60%. При этом крайние значения показателя могут варьироваться в пределах от 30 до 70%. При более низких параметрах у человека возникает сухость слизистых дыхательных путей и кожных покровов. Человеку становится душно и жарко. Проведение многочисленных исследований привело к выводу, что пересушенный воздух негативно влияет на здоровье детей. Что же касается влажности воздуха в детской, то значение не должно быть ниже 50 % — это важно для нормально функционирования легких ребенка, поддержания здоровья кожи и создания естественного барьера для развития аллергии. В офисных помещениях идеальное значение влажности воздуха для человека составляет 40 и 50%. Когда наблюдается снижение влажности до 30%, здоровье и комфорт работников находятся под угрозой.

Заключение

Комфортные микроклиматические условия — это сочетание значений показателей микроклимата, которые при длительном воздействии на человека обеспечивают нормальное тепловое состояние организма при минимальном напряжении механизмов терморегуляции и ощущение комфорта не менее чем у 80 % людей, находящихся в помещении. Что является вполне решаемой задачей на сегодняшний день. Нормализовать температуру в летнее время года дают возможность кондиционеры, в зимнее время — эффективное отопление. Справиться с недостаточной влажностью воздуха помогут бытовые увлажнители воздуха.

Список литературы

1. Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях : ГОСТ 30494-96. – Введ. 11.12.1996. – Минск : Минстройархитектура Республики Беларусь.

УДК 574:639.1.02:539.1.04

ПОЛИМЕРНЫЕ ВОЛОКНИСТЫЕ ЭЛЕКТРЕТНЫЕ МАТЕРИАЛЫ — ИННОВАЦИОННЫЕ СРЕДСТВА ФИЛЬТРАЦИИ МНОГОФАЗНЫХ СРЕД ОТ ДОЛГОЖИВУЩИХ РАДИОНУКЛИДОВ

А.В. ЗУБАРЕВА¹, А.Г. КРАВЦОВ², М.В. ГУМИЛОВИЧ³

1 - ГНУ "Институт радиобиологии НАН Беларуси,

2 - "НТП "БелБиоград" НАН Беларуси",

3 - БГУИР,

Аннотация. На примере озера Персток проведено исследование замкнутых водных объектов, содержащих долгоживущие радионуклиды. Предложен способ фильтроадсорбционной очистки воды, загрязненной в результате аварии на ЧАЭС. Показана эффективность применения для этой цели синтетических волокон в комбинации с биоагентами, причем каждый компонент реализует специфическую функцию.

Ключевые слова. Долгоживущие радионуклиды, биоагенты, технические средства фильтроадсорбционной очистки.

Abstract. It was conducted a study of closed water bodies containing long-lived radionuclides using the Perstok lake as an example. Researchers have proposed a method of filter adsorption purification of water contaminated as a result of the Chernobyl accident. The studies demonstrated efficacy for this purpose synthetic fibers in combination with bioagents, each component implements a specific function.

Keywords: Long-lived radionuclides, biological agents, means for filtroadsorptional cleaning.

Введение

В современном индустриальном мире остро стоят вопросы защиты экосистем от техногенного воздействия. На протяжении последних 100 лет масштаб воздействия человека на окружающую среду резко возрос и с наступлением атомной эры стал глобальным. В частности, значительную проблему для общества представляет собой загрязнение биосферы радионуклидами природного и искусственного происхождения. Потенциальным источником радиоактивного загрязнения являются предприятия, использующие радиационные технологии, а особым форс-мажорным случаем выступают техногенные аварии.

Вследствие Чернобыльской катастрофы значительные территории в межграницном ареале Беларуси, Украины и России оказались загрязнены радионуклидами (В Беларуси – 46,45 тыс. км², или 23% от общей площади [1]). Глобальный характер катастрофы обусловил интенсификацию работ по изучению радиоэкологической ситуации как в наиболее загрязненной 30-км зоне (Полесский государственный радиационно-экологический заповедник, ППРЭЗ), так и в районах других аварий, включая сбросы сточных вод предприятий оружейного ядерного комплекса. Ряд авторов с сожалением констатирует, что масштабы аварии на ЧАЭС значительно превзошли имеющиеся научно-технические возможности защиты водных экосистем больших рек и водохранилищ [2]. Открытыми остаются вопросы разработки технических средств для локализации и ликвидации негативного воздействия радиоактивного загрязнения, возникшего в результате аварийной ситуации, с целью сохранения экосистем и их биоразнообразия.

В этой связи перспективным представляется поиск решения этих проблем на стыке радиобиологии, экологии и технических наук с учетом опыта, накопленного при разработке полимерных волокнисто-пористых фильтрующих материалов.

Результаты исследований

Цель работы – изучение экологического состояния замкнутых водных объектов Гомельской области на примере непроточного оз. Персток (территория ППРЭЗ), наиболее сильно загрязненного долгоживущими радионуклидами. Основная задача работы – поиск способов очистки водоемов от указанного типа техногенных загрязнений.

Анализ многолетней (2002–2015 гг.) динамики загрязнения долгоживущими радионуклидами замкнутых водоемов на территориях, подвергшихся воздействию катастрофы на Чернобыльской АЭС, свидетельствует о том, что наибольшая удельная активность наблюдается в воде оз. Персток и составляет по ¹³⁷Cs – 3,11 Бк/л; ⁹⁰Sr – 5,16 Бк/л, ²³⁹⁺²⁴⁰Pu – 1,51 Бк/л; ²⁴¹Am – 2,24 Бк/л. Дополнительно к этому, продолжается накопление долгоживущих радионуклидов в компонентах водных экосистем (высшие водные растения, ихтиофауна, донные отложения). Следует отметить, что тенденции к снижению уровня загрязнения в оз. Персток не наблюдается, а по некоторым показателям (трансураниевые элементы – ТУЭ) даже возрастает.

Авторами экспериментально установлено, что существует возможность эффективной очистки загрязненной воды путем комбинированного использования биоагентов, способных к активной сорбции радионуклидов с выведением последних из биологического круговорота, в сочетании с техническими средствами фильтроадсорбционной очистки. Такую возможность обеспечивает комбинированный сорбент на основе полимерного волокнисто-пористого melt-blown носителя, импрегнированного дисперсной взвесью гуминовых веществ. Тип носителя выбран ввиду достигаемого в melt-blown материалах уникального сочетания структурных параметров и физических свойств [3]. Для очистки многофазных сред от загрязнений разработана номенклатура волокнисто-пористых фильтроэлементов [4]. В ходе этих исследований подчеркнута роль физических полей, которые в комбинации со структурой melt-blown материалов привносят дополнительные механизмы захвата загрязнений [5]. Ниже будет обсуждено предположение о реализации этих механизмов в изучаемой системе.

Сорбенты разных типов погружали в воду объемом 1 л, взятую из оз. Персток, после чего анализировали эту воду (фильтрат) по критерию удельной активности долгоживущих радионуклидов. В таблице приведены экспериментальные данные, характеризующие извлечение из воды долгоживущих радионуклидов. Видно, что фильтрат, контактировавший с комбинированным сорбентом поз. 5, демонстрирует наименьшую удельную активность в сравнении с индивидуальными образцами волокнисто-пористого материала (обладающего или не обладающего электрической и магнитной активностью) и навеской биоагента (гуминовых веществ). В межпоровое пространство волокнисто-пористого материала плотностью 0,2–0,3 г/см³ могут быть импрегнированы

как гуминовые вещества, так и зеленые водоросли, уже зарекомендовавшие себя в качестве средства биологической очистки водных объектов[6].

Гуминовые вещества являются одним из известных и доступных сорбционно-активных веществ. Находясь в водоемах, они выполняют важную роль в обезвреживании, накоплении и миграции загрязнителей. В настоящее время доказано участие гуминовых веществ в детоксикации пестицидов, тяжелых металлов, радионуклидов [7, 8]. Экспериментально установлено, что удельная активность по ¹³⁷Cs в водоросли хлорелла, выращенной в воде из оз. Персток, составила 71,3 Бк/кг. С добавлением к хлорелле гуминовых кислот в объеме 50 мг на 1 литр воды, удельная активность водоросли снижалась до 22,8 Бк/кг. Удельная активность по ¹³⁷Cs в отфильтрованной через фильтр «белая лента» воде составила 2,5 Бк/кг по сравнению с первоначальным (до внесения в воду сорбентов) значением 3,1Бк/кг. При этом использовании для фильтрации комбинированного сорбента удельная активность отфильтрованной воды оказалась ниже МДА (минимально детектируемой активности).

Таблица 1 – Удельная активность долгоживущих радионуклидов в фильтрате

Анализируемый объект	Удельная активность долгоживущих радионуклидов, Бк/кг		
	¹³⁷ Cs	²³⁹⁺²⁴⁰ Pu	²⁴¹ Am
1. Нефильтрованная вода	5,64	2,02	2,42
2. Волокнисто-пористый материал, не заряженный и немагнитный	3,85	2,02	0,55
3. Волокнисто-пористый материал, заряженный (15 нКл/см ²) и намагнитный (0,4 мТл, содержит феррит стронция)	3,12	1,57	0,38
4. Гуминовые вещества	3,06	1,53	0,36
5. Комбинированный сорбент: волокнисто-пористый носитель, заряженный (15 нКл/см ²) и намагнитный 0,4 мТл, содержит феррит стронция) + гуминовые вещества	2,45	0,62	0,27

Таким образом, именно с помощью комбинированного сорбента, обладающего электрической и магнитной активностью, достигается наивысшая эффективность извлечения радионуклидов из воды для всего набора исследованных сорбирующих материалов. Авторы связывают это с особым характером взаимодействий в исследуемой системе. Melt-blown материалы обладают свойством задерживать частицы дисперсной фазы и пропускать дисперсионную среду, имея малое гидродинамическое сопротивление. Специфическая роль магнитного поля сорбента в данных условиях является предметом дальнейших исследований, хотя уже сейчас можно утверждать о её соответствии основным принципам магнитной фильтрации жидкостей [5]. Специфическая роль электретенного заряда предположительно состоит как в стимулировании иммобилизации биоагентов на волокнах, так и в обеспечении захвата частиц, находящихся в электрически неравновесном состоянии. Последнее обусловлено ионизирующим излучением содержащихся в них радионуклидов и возникает вблизи зон локализации источников такого излучения (рисунок 1).

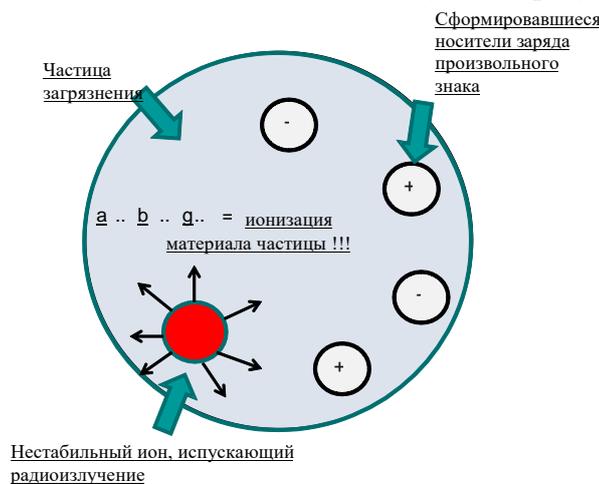


Рис. 1. Предполагаемый механизм формирования заряженного состояния в частице, содержащей радионуклиды

В соответствии с данной схемой, ионизация пространства ведет к возникновению избыточной электризации материала частицы, содержащей радионуклиды, причем интенсивность элект-

тризации может сигнализировать об интенсивности радиоактивного распада. В свою очередь, накопление подобных частиц в объеме волокнисто-пористого фильтра должно влиять на электретное состояние последнего. В зависимости от знака и величины заряда следует ожидать либо разрядки частиц радиоактивных пылей и спада общего заряда в фильтре, либо повышения общего заряда загрязненного фильтра. Поэтому правомерен вывод о том, что эффективность фильтров, абсорбирующих загрязненные радионуклидами частицы, возможно оценить с помощью электретно-термического анализа (ГОСТ 25209-82): запись спектров термостимулированных токов образцов такого фильтра, фиксация величины и температурной локализации токовых пиков, а также математическая обработка спектра позволяют охарактеризовать изменение электретного состояния в образце. Разница величин заряда в образцах исходного и использованного фильтра будет пропорциональна суммарному количеству радионуклидов, захваченных фильтром.

Предложенный способ извлечения радионуклидов из воды с помощью комбинированного сорбента (полимер + биоагент) разработан на стыке научных направлений и демонстрирует перспективность поиска средств реабилитации загрязненных территорий с привлечением арсенала и методологии смежных наук. Полученные результаты позволяют рекомендовать применение сорбента для очистки и реабилитации водоемов, которые в результате аварии на ЧАЭС оказались загрязненными долгоживущими радионуклидами. С помощью недорогого и несложного в конструктивном исполнении комбинированного сорбента, материал которого химически стоек при любом составе очищаемой воды и технологичен в эксплуатации, можно осуществлять эффективную фильтроадсорбционную очистку поверхности водоемов. Комбинированный сорбент может быть размещен на поверхности водоема в любом желаемом виде (полотна, маты, малогабаритные изделия). В дальнейшем целесообразно удаление сорбентов, накопивших загрязнения, для утилизации.

Полученные результаты позволяют рекомендовать применение сорбента для очистки и реабилитации загрязненных водоемов: сорбент может быть размещен на поверхности водоема в любом доступном виде (полотна, маты, малогабаритные изделия).

Заключение

Показана эффективность применения синтетических волокон в комбинации с биоагентами для очистки замкнутых водоемов от долгоживущих радионуклидов, причем каждый компонент реализует специфическую функцию.

Список литературы

1. Васильченко, Д.Л. Радиационное состояние водоемов и водотоков 30-километровой зоны ЧАЭС / Д.Л.Васильченко, С.В. Казаков, Э.К. Тиханов // «Чернобыль-88»: доклады 1 Всесоюзного научно-технического совещания по итогам ликвидации последствий аварии на Чернобыльской АЭС. Миграция и состояние радионуклидов в природе. – Часть II. Т. 5. – 1989. – С. 3–5.
2. Радиоактивное загрязнение Днепра и его водохранилищ и некоторые гидроэкологические мероприятия после аварии на Чернобыльской АЭС / М.И. Кузьменко [и др.]. // Гидробиологический журнал. – 1992. – Т. 28, № 6. – С. 86–94.
3. Полимерные волокнистые melt-blown материалы / Гольдаде В.А. [и др.]; под науч. ред. Л.С. Пинчука. – Гомель: ИММС НАНБ, 2000. – 260 с.
4. Кравцов, А.Г. Волокнистые фильтры / А.Г. Кравцов. – Электронное издание (монография). – Saarbrücken: LAPLAMBERTA cademicPublishing, 2015 (рус.). – 212 с.
5. Кравцов, А.Г. Электрические и магнитные поля в полимерных волокнистых фильтроматериалах для тонкой очистки многофазных сред: автореф. дис. д-ра техн. наук / А.Г. Кравцов; ИММС НАН Беларуси. — Гомель, 2007. — 44 с.
6. Алимов, А.Ф. Введение в продукционную гидробиологию/ А.Ф. Алимов. – Л.: Гидрометеиздат, 1989. – 152 с.
7. Дударчик, В.М. Гуминовые препараты торфа для очистки сточных вод от тяжелых металлов/ В.М. Дударчик, С.И. Коврик, Т.П. Смычник // Сб. трудов V Всероссийской научной конференции «Гуминовые вещества в биосфере», г. С.-Петербург, 1–4 марта 2010 г. – СПб., 2010. – С. 392–396.
8. Аввакумова, Н.П. Гуминовые вещества – фактор защиты биосистем от экотоксикантов / Н.П. Аввакумова // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2009. – Т. 11, №1 (2). – С. 197–201.

УДК 615.835.3

ЛЕЧЕБНО-ДИАГНОСТИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ РАННЕГО ВЫЯВЛЕНИЯ И ТЕРАПИИ БОЛЕЗНЕЙ ОРГАНОВ ДЫХАНИЯ, ОТЯГОЩЕННЫХ ДЫХАТЕЛЬНОЙ И СЕРДЕЧНОЙ НЕДОСТАТОЧНОСТЬЮ, СИНДРОМОМ АПНОЭ-ГИПОПНОЭ

А.В. ВОЛОТОВСКАЯ, Е.И. ДАВИДОВСКАЯ, О.Б. ЗЕЛЬМАНСКИЙ

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники

Аннотация. Обоснована необходимость ранней диагностики болезней органов дыхания на базе санаторно-курортных и оздоровительных учреждений. Предложен программно-аппаратный комплекс для организации раннего выявления, а в случае необходимости контролируемой и адаптируемой кислородной и сипап-терапии таких заболеваний органов дыхания, как хроническая обструктивная болезнь легких и синдром обструктивного апноэ сна.

Ключевые слова: ранняя диагностика, кислородная терапия, сипап-терапия, пульсоксиметрия, хроническая обструктивная болезнь легких, синдром обструктивного апноэ сна.

Введение

В виду распространенности болезней органов дыхания на территории Республики Беларусь (рисунок 1) представляется целесообразным организация ранней диагностики таких заболеваний на базе санаторно-курортных и оздоровительных учреждений.

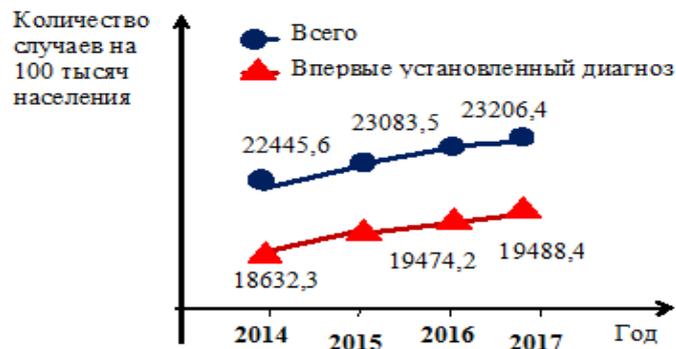


Рисунок 1 – График заболеваемости взрослого населения болезнями органов дыхания на 100 тысяч населения в Республике Беларусь [1]

Задача ранней диагностики болезней органов дыхания, в частности хронической обструктивной болезни легких (ХОБЛ), а так же синдрома обструктивного апноэ-гипопноэ в настоящее время является весьма актуальной. Это обусловлено медленным развитием заболевания и слабо выраженной симптоматикой на ранних стадиях. Самыми распространенными симптомами ХОБЛ являются одышка, хронический кашель и отделение мокроты; синдрома обструктивного апноэ-гипопноэ – остановки дыхания во сне, храп, дневная сонливость, дневная «разбитость», усталость, метаболические нарушения, которым пациенты не уделяют должного внимания на протяжении длительного времени.

Таким образом, поздняя диагностика и неадекватность лечения приводят к преобладанию тяжелых степеней данных заболеваний и, как следствие, ранней потере трудоспособности, инвалидности и росту смертности (рисунок 2).

При этом следует отметить, что основной причиной летальности у пациентов с ХОБЛ (38%) является дыхательная недостаточность, представляющая собой патологический синдром, при котором возможности легких обеспечить нормальный газовый состав артериальной крови ограничены, а именно парциальное напряжение кислорода артериальной крови (P_{aO_2}) менее 60 мм.рт.ст., а парциальное напряжение углекислоты (P_{aCO_2}) более 45 мм.рт.ст. [2]. В то же время дыхательная недостаточность может наблюдаться при бронхиальной астме, интерстициальных заболеваниях легких, синдроме обструктивного апноэ-гипопноэ и др.



Рисунок 2 – Структура смертности от болезней органов дыхания за 2017 в Республике Беларусь [1]

Теоретический анализ

Дыхательная недостаточность может быть диагностирована путем измерения насыщения (сатурации) гемоглобина артериальной крови кислородом (SpO_2) неинвазивным методом пульсоксиметрии, так как показатель SpO_2 коррелирует с PaO_2 . В норме значение сатурации артериальной крови должно быть в диапазоне 96-100%, что соответствует парциальному напряжению 80-100 мм.рт.ст.. Таким образом, пульсоксиметр позволяет в режиме реального времени определить SpO_2 и, соответственно, выявить состояние, сопровождающееся дыхательной недостаточностью. Наиболее обоснованным методом лечения дыхательной недостаточности до настоящего времени остается кислородная терапия [3], целью которой является достижение значений PaO_2 более 60 мм.рт.ст., насыщения кислородом артериального гемоглобина SpO_2 более 90% [4]. Длительная кислородная терапия [5] на сегодняшний день является единственным методом лечения хронической дыхательной недостаточности, улучшающим выживаемость больных ХОБЛ [6]. У больных ХОБЛ с развившейся гипоксемией длительная кислородная терапия способна продлить жизнь на 6–7 лет.

Отдельного внимания заслуживают пациенты, у которых в результате ночного/суточного пульсоксиметрического мониторинга наблюдается десатурация (снижение SpO_2) исключительно во время сна, поскольку это может быть обусловлено синдромом обструктивного апноэ сна. Синдром обструктивного апноэ сна (СОАС) – это состояние, характеризующееся наличием храпа, периодическим спадением верхних дыхательных путей на уровне глотки и прекращением легочной вентиляции при сохраняющихся дыхательных усилиях, снижением уровня кислорода крови, грубой фрагментацией сна и избыточной дневной сонливостью. Таким образом, в основе болезни лежит периодическое прекращение дыхания из-за спадения стенок дыхательных путей на уровне глотки. В случае полного смыкания дыхательных путей и прекращения воздушного потока длительностью 10 секунд и более со снижением SpO_2 на 3% и более говорят об обструктивном апноэ. Если же происходит неполное спадение дыхательных путей, уменьшение дыхательного потока не менее чем на 50% не менее чем на 10 секунд со снижением SpO_2 на 3% и более говорят об обструктивном гипопноэ.

В то же время следует отличать обструктивное апноэ сна от центрального апноэ сна. При центральном апноэ сна происходит снижение функции или остановка дыхательного центра и прекращение дыхательных усилий. При этом дыхательные пути остаются открытыми.

Степень тяжести обструктивного апноэ сна определяется частотой приступов апноэ и гипопноэ за 1 час сна – индекс апноэ-гипопноэ (ИАГ)[7].

При ИАГ от 6 до 14 апноэ-гипопноэ за 1 час – это легкая степень.

При ИАГ от 15 до 29 – средняя степень.

При ИАГ от 30 и выше – тяжелая степень.

Одним из наиболее эффективных нехирургических способов лечения обструктивного апноэ сна является СИПАП-терапия. СИПАП-терапия заключается в создании в дыхательных путях положительного давления воздуха, за счет которого дыхательные пути пациента во время сна остаются открытыми. Задача СИПАП-терапии состоит в том, чтобы определить состояние апноэ-гипопноэ и адаптировать уровень давления, исходя из индивидуальных потребностей пациента, тем самым подстраиваясь под ритм дыхания пациента и выбирая оптимальное терапевтическое давление.

Практическая часть

Предлагается лечебно-диагностический комплекс для организации раннего выявления и диагностики, а в случае необходимости контролируемой и адаптируемой терапии болезнью органов дыхания, отягощенных дыхательной и/или сердечной недостаточностью, синдромом апноэ-гипопноэ на базе санаторно-курортных и оздоровительных учреждений.

Работа с предлагаемым комплексом состоит из двух этапов:

1. Первый этап – диагностический, включает в себя пульсоксиметрию, ночной/суточной пульсоксиметрический мониторинг, полисомнографию.

Применяемое на диагностическом этапе оборудование:

- Портативный пульсоксиметр «Оксимед» [8] – предназначен для определения насыщения кислородом гемоглобина крови человека (SpO₂) и частоты сердечных сокращений. Позволяет быстро и качественно выявить пациентов с пониженной сатурацией.

- Пульсоксиметр медицинский «Пульсар» – контрольно-диагностический медицинский прибор предназначен для длительного мониторинга насыщения кислородом гемоглобина крови человека (SpO₂) и частоты сердечных сокращений.

- Полисомнограф Polymate УН-1000С – кардио-респираторная система, для дифференциальной диагностики центрального и обструктивного апноэ сна.

Мероприятия диагностического этапа:

1.1. На первичном приеме пациенту измеряют сатурацию (SpO₂) портативным пульсоксиметром «Оксимед», при показаниях меньше 96% пациенту рекомендуется проведение ночного/суточного пульсоксиметрического мониторинга.

1.2. Пульсоксиметрический мониторинг - мониторинг сатурации и частоты сердечных сокращений в течение определенного промежутка времени пульсоксиметрической системой «Пульсар», в ходе которого рассчитывается количество десатураций за 1 час – индекс десатурации (ИД):

- при ИД меньше 5 на втором этапе пациенту рекомендуется процедура «Кислородный коктейль»;

- при ИД от 5 до 15 пациенту рекомендуется уточняющая диагностика – полисомнография;

- при ИД более 15 возможна уточняющая диагностика – полисомнография, на втором этапе пациенту рекомендуется СИПАП-терапия.

1.3. Полисомнография – контроль состояния пациента в течение определенного промежутка времени (сна) на основе регистрации и оценки диагностических показателей организма с целью выявления их отклонения от нормы с использованием полисомнографа Polymate УН-1000С. В ходе полисомнографии рассчитывается индекс апноэ-гипопноэ (ИАГ):

- при ИАГ до 6 на втором этапе пациенту рекомендуется процедура «кислородный коктейль»;

- при ИАГ от 6 до 15 на втором этапе пациенту рекомендуется кислородная терапия [4] или нормоксическая лечебная компрессия с применением концентратора кислорода «Оксимед» и бабкамеры «ОхуHealth»;

- при ИАГ более 15 на втором этапе пациенту рекомендуется СИПАП-терапия с применением аппарата ВМС RESmart AUTO CPAP.

Таким образом, результатом диагностики, проведенной в рамках первого этапа, является выявление расстройств дыхания, сопровождающихся дыхательной недостаточностью и синдромом обструктивного апноэ-гипопноэ.

2. Второй этап – терапевтический, предусматривает кислородную терапию, нормоксическую лечебную компрессию, СИПАП-терапию.

Применяемое на терапевтическом этапе оборудование:

- Оборудование для приготовления кислородных коктейлей – включает концентратор кислорода «Оксимед» и миксер.

- Концентратор кислорода «Оксимед» - аппарат для выделения молекул кислорода из окружающей атмосферы, их концентрации и выдачи в виде потока чистого кислорода – предназначен для кислородной терапии и приготовления кислородных коктейлей.

- Сипап-аппарат BMC RESmart AUTO CPAP - аппарат дыхательной терапии для лечения храпа и синдрома обструктивного апноэ сна.

- Барокамера OxyHealth [9] – оборудование для нормоксической лечебной компрессии – кислородной терапии при оптимальном избыточном давлении.

Таким образом, результатом терапии, проведенной в рамках терапевтического этапа, является повышение сатурации, снижение индекса десатурации, индекса апноэ-гипопноэ.

Применение предлагаемого лечебно-диагностического комплекса позволяет быстро, оперативно и без больших затрат выявить заболевания органов дыхания на ранней стадии, установить их причины и начать терапию в условиях санаторно-курортного учреждения.

Кислородная терапия и СИПА-терапия проводятся согласно утвержденным Министерством здравоохранения Республики Беларусь методикам [4], [7].

Все вышеперечисленное оборудование прошло клинические испытания, зарегистрировано в Министерстве здравоохранения Республики Беларусь в качестве медицинской техники и разрешено к применению.

Целесообразность организации раннего выявления болезней органов дыхания на базе санаторно-курортных и оздоровительных учреждений с целью своевременной терапии и недопущения развития тяжелых степеней заболевания обуславливается следующими аспектами:

1. Для санаторно-курортных и оздоровительных учреждений:

- в оздоровительном учреждении обеспечены условия для проведения подбора режимов СИПАП и кислородной терапии, их мониторинга, адаптации характеристик и оценки эффективности применения;

- проведение диагностики и терапии не требует использования отдельных помещений, т.к. все процедуры проводятся непосредственно в палатах (номерах) пациентов (клиентов);

- невысокая стоимость необходимого оборудования, отсутствие расходных материалов.

2. Для пациента (клиента):

- нахождение в санатории предусматривает наличие свободного времени, которого не хватает в повседневной жизни, в том числе в случае необходимости проведения суточного или ночного мониторинга;

- окружающая обстановка способствует усилению мотивации использования свободного времени для диагностики и терапии;

- находясь в оздоровительном учреждении, отдыхающие стараются получить максимальный комплекс услуг по восстановлению своего здоровья и обращают внимание медицинского персонала даже на слабовыраженные симптомы;

- мониторинг и терапия проводятся непосредственно в номере (палате) у пациента (клиента), что позволяет приблизить процедуру к естественному сну;

- стоимость услуг в санаторно-курортных и оздоровительных учреждениях значительно ниже стоимости услуг специализированных медицинских центров.

Заключение

Раннее выявление заболеваний с целью их предупреждения и эффективного лечения является приоритетом медицины. Большинство заболеваний легче предотвратить, чем лечить, а лечение на ранних стадиях обычно более эффективно и менее затратно. Предлагаемый лечебно-диагностический комплекс осуществляет мониторинг и анализ уровня насыщения кислородом гемоглобина крови, частоты сердечных сокращений, носового и ротового воздушных потоков, дыхательного усилия грудной клетки и живота, храпа, положения тела в режиме реального времени. Это позволяет проводить скрининг 100% отдыхающих в санаторно-курортных и оздоровительных учреждениях на первичном приеме терапевта, и в случае выявления отклонения значений параметров от нормы – ночное или суточное мониторирование с целью уточнения диагноза и, при необходимости, подбора режимов СИПАП и/или кислородной терапии и их последующего проведения, контроля и адаптации.

Список литературы

1. Давидовская, Е.И. Итоги работы пульмонологической службы за 2017 год и основные направления работы в 2018 году / Е.И. Давидовская // Проблемы легочного здоровья: вызовы времени : Республ. научн.-практ. конф., Минск, 29 марта 2018 г.
2. Causes of death in patients with COPD and chronic respiratory failure / J.L. Zielinski [and others] // *Monaldi Arch Chest Dis.* – 1997. – № 1 (52). – С. 43–50.
3. Авдеев, С.Н. Дыхательная кислородная терапия при хронической недостаточности / С.Н. Авдеев. – Москва : ФГУ НИИ Пульмонологии Росздрава, 2011. – 16 с.
4. Инструкция по применению «кислородотерапии при хронических обструктивных болезнях легких»: утв. М-вом здравоохранения Респ. Беларусь 01.07.05. – Минск : Дикта, 2005. – 10 с.
5. Давидовская, Е.И. Устройство для проведения длительной кислородной терапии / Е.И. Давидовская, О.Б. Зельманский // Доклады БГУИР. – 2016. – № 7 (101). – С. 226–230.
6. Титова, О.Н. Клинические и фармако-экономические подходы к эффективной медицинской реабилитации больных инвалидов по хронической обструктивной болезни легких: автореф. дис. докт. мед. наук : 14.00.51 ; 14.00.43 / О.Н. Титова ; Санкт-Петербургский гос. мед. ун-т им. акад. И.П. Павлова. – Санкт-Петербург, 2008. – 39 с.
7. Инструкция по применению «метод сипап-терапии синдрома обструктивного апноэ сна» : утв. М-вом здравоохранения Респ. Беларусь 12.06.13. – Минск : 2013. – 7 с.
8. Устройство для измерения насыщения кислородом артериального гемоглобина крови человека и частоты сердечных сокращений: пат. 3721 Респ. Беларусь / О.Б. Зельманский; заявитель О.Б. Зельманский. – № f20160156; заявл. 13.09.2016; опубл. 16.01.2017// Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2017. – № 2(115). – С. 174.
9. Портативная система гипербарической оксигенации: пат. 11669 Респ. Беларусь, МПК8 А61G 10/02, А61М 16/00, В01D 53/04 / О.Б. Зельманский, Б.В. Зельманский, Е.И. Давидовская, О.А. Иванущик; заявитель О.Б. Зельманский, Б.В. Зельманский, Е.И. Давидовская, О.А. Иванущик. – № u20170277; заявл. 15.08.2017; опубл. 01.02.2018// Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2018. – № 2(121). – С. 154.

УДК[616.12-009.81]-048.65

НЕМЕДИКАМЕНТОЗНЫЕ МЕТОДЫ ЛЕЧЕНИЯ АРТЕРИАЛЬНОЙ ГИПЕРТОНИИ

Г. А. МИХЕЙЧИК, К. В. РОСЛЯКОВ, КОЗЛОВ И.Г., ДАВЫДОВ М.В., ОСИПОВ А.Н.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, Республики Беларусь

Аннотация. В статье проводится обзор ключевых исследований по лечению артериальной гипертонии.

Ключевые слова: артериальная гипертония, сердечно-сосудистые заболевания, артериальное давление, стимуляция, ренальная денервация, барорецепторы, артериовенозный сброс, каротидное тельце, барорефлекторная чувствительность.

Abstract. Article provides a review of main researches on the treatment of arterial hypertension.

Key words: arterial hypertension, cardiovascular diseases, arterial pressure, stimulation, renal denervation, baroreceptors, arteriovenous discharge, carotid body, baroreflex sensitivity.

Введение

Артериальная гипертония – часто встречающееся сердечно-сосудистое заболевание. В настоящее время существует большое количество медикаментов для лечения артериальной гипертонии (АГ). При проведении большого числа исследований было показано, что антигипертензивные препараты не только способствуют снижению уровня артериального давления (АД), но приводят к существенному уменьшению риска сердечно-сосудистых заболеваний.

С другой стороны, для некоторых пациентов медикаментозная терапия неэффективна, так как высок риск столкнуться с резистентной АГ (неконтролируемая АГ на фоне приема нескольких антигипертензивных препаратов различных). Для таких пациентов высокого риска крайне актуален поиск новых методов контроля уровня АД.

В последние несколько лет очень активно развиваются интервенционные подходы к лечению АГ, прежде всего – немедикаментозные терапии.

Ренальная денервация

Почки играют главную роль в регуляции АД. Медикаменты, снижающие артериальное давление, так или иначе воздействуют на почечные механизмы. Но при таком лечении даже принятие трех-четырех препаратов с различным механизмом действия не только не позволяют достичь нормализации артериального давления, но и приводят к появлению резистентной гипертонии.

В 2003 г. Была предложена методика, которая с помощью термического повреждения афферентных и эфферентных симпатических почечных нервов благодаря катетерной радиочастотной абляции (РЧА). Суть её заключалась в том, что с помощью катетера, вводимого в почечные артерии, до глубины, достаточной, чтобы достать до симпатических нервов, расположенных в данных артериях и последующим их нагревом (до 60 °С), что приводило в итоге к повреждению симпатических нервных сплетений, и в результате к снижению АД [1].

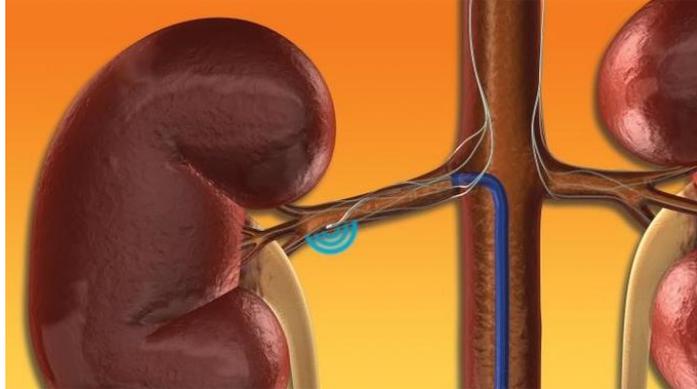


Рис. 1. Процесс ренальной денервации почек

Medtronic Symplicity Catheter System является первой системой, которая использовалась для ренальной денервации. Она состоит из радиочастотного генератора, вырабатывающего постоянные радиочастотные волны и катетера, кончик которого управляется специальным механизмом. С помощью генератора также осуществлялся постоянный контроль температуры на кончике катетера. Электрод, являющийся кончиком катетера, состоит из платиново-иридиевого сплава, из-за чего в процессе денервации является меткой, для определения его местоположения.

Первоначально, при денервации проводят ангиографию почечной артерии, затем, после обнаружения точного местоположения артерии, в её устье запускают катетер, который с помощью специального механизма и под ангиографическим контролем проводят до требуемого уровня работы и включают генератор. После чего проводится последовательное перемещение катетера от почки к аорте, выполняя при этом 4–6 точечных радиочастотных воздействий по 2 мин с шагом не менее 5 мм.

В результате было получено, что ренальная денервация способствует снижению артериального давления у пациентов с неконтролируемой артериальной гипертонией.

Стимуляция каротидных барорецепторов

Барорецепторы каротидной зоны работают по принципу отрицательной обратной связи, то есть способствуют снижению уровня АД. Стимуляция основана на воздействии на чувствительные зоны барорецепторной каротидной зоны.

Перед имплантацией электрода, проводится поиск наиболее чувствительной зоны, куда и подводят электрод, а питающий элемент подшивается под кожу на передней поверхности грудной клетки [2].

Однако за время исследования было зарегистрировано 8 серьезных нежелательных явлений (7 – связанных с процедурой и 1 – с самим устройством), хотя случаев стеноза каротидных артерий или изменения состояния барорецепторной функции выявлено не было [3].

Методика постоянно совершенствуется: исследование Varostimneo с прибором 2-го поколения для односторонней стимуляции показало значительное уменьшение количества нежелательных явлений, связанных с самой процедурой имплантации при сохранении гипотензивного эффекта сравнимого с предыдущими исследованиями. Однако стимуляция барорецепторов применима не при всех вариантах АГ (например, при ангиотензин II-зависимой гипертонии). У некоторых пациентов без предшествующего лечения стимуляция барорецепторов не сопровождается существенным снижением уровня АД [4].

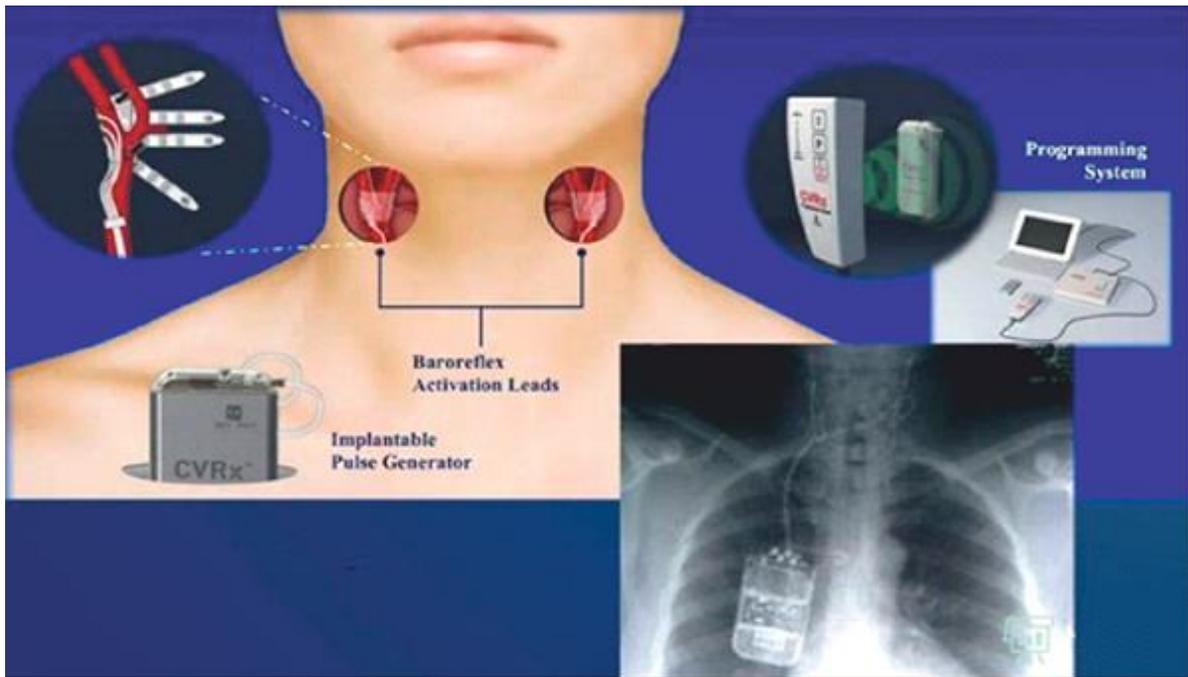


Рис. 2. Стимуляция каротидных барорецепторов
Артериовенозная фистула

Устройство для создания артериовенозного сброса изначально разрабатывалось для пациентов с хронической обструктивной болезнью легких (ХОБЛ). При лечении данным методом больных отмечалось значимое снижение уровня АД через 6 и 12 месяцев после имплантации устройства, при этом существенного изменения АД у пациентов без АГ не отмечалось [5]. В настоящее время доступны данные для одного устройства (ROXcoupler, производство ROXMedical, США), которое представляет собой устройство, самостоятельно расправляющееся при имплантации пациенту, с формированием артериовенозной фистулы диаметром 4 мм между наружными подвздошными артерией и веной прямо над уровнем головки бедренной кости. Предполагается, что влияние на уровень АД связано со большим количеством факторов: увеличение кардиопульмонального кровотока стимулирует секрецию предсердного натрийуретического пептида, который способствует расширению сосудов и уменьшению реабсорбции натрия; увеличение сердечного выброса стимулирует барорецепторы правого предсердия и, возможно, механорецепторы, что способствует уменьшению симпатической активности, также как и снижение активности периферических и почечных хеморецепторов в условиях повышенной оксигенации [6].

Абляция каротидного тельца

Каротидное тельце – это парный орган, который находится в области каротидного синуса и представляет собой хеморецептор, который реагирует на снижение оксигенации и изменение pH крови.

Известно, что при АГ отмечается повышенная чувствительность каротидного тельца. В то время как увеличение чувствительности каротидного тельца предшествует повышению уровня АД у лиц с различными вариантами АГ [7]. Повышенная чувствительность хеморецепторов может способствовать развитию АГ посредством увеличения активности симпатической нервной системы. Это подтверждают клинические данные у пациентов после удаления каротидных телец (например, бронхиальная астма и ХОБЛ): через 5 дней после двустороннего вмешательства у больных с сопутствующей АГ отмечалось уменьшение уровня, которое сохранялось продолжительное время. В настоящее время ведутся активные исследования по односторонней или двусторонней абляции каротидных телец.

Нейростимуляция глубоких структур головного мозга и спинного мозга

Электростимуляция периакведуктального (PAG) или перивентрикулярного (PVG) серого вещества приводит к изменению частоты сердечных сокращений, уровня АД, изменение которых зависит от места стимуляции. Это свидетельствует о том, что данные структуры участвуют в регуляции уровня АД и работы сердечно-сосудистой системы в целом, что подтверждается экспериментальными исследованиями. Данная стимуляция сопровождалась как снижением уровня АД,

так и улучшением барорефлекторной чувствительности [8]. Однако в наше время вседанные ограничивается случаями или сериями случаев, поэтому требуется дальнейшие исследования с определением оптимальной локализации стимуляции, показаний и эффективности.

При электростимуляции спинного мозга были получены похожие данные, при периферическом заболевании сосудов и рефрактерной стенокардии. В исследованиях на животных было показано, что стимуляция спинного мозга приводит к снижению уровня АД преимущественно за счет активации парасимпатической системы, а также к выраженной вазодилатации сосудов кожи в экспериментах на крысах [9]. Предполагается, что стимуляция приводит к активации афферентных волокон в задних рогах спинного мозга с выделением кальцитонингенсвязанного пептида (CGRP).

Однако, возможно, необходима длительная стимуляция, а также и выбор оптимального уровня и режима стимуляции спинного мозга для коррекции АД.

Заключение

Таким образом, данные методы лечения АГ являются очень перспективными, особенно с учетом положительных, хотя и ограниченных, клинических данных. Однако все они требуют дальнейшего изучения. Поэтому медикаментозная терапия все равно будет актуальной ещё долгое время в лечении больных АГ.

Список литературы

1. Brinker S, Pandey A, Ayers C, Price A, Raheja P, Arbique D et al. Therapeutic drug monitoring facilitates blood pressure control in resistant hypertension. *J Am Coll Cardiol.* 2014;63 (8):834-835. doi: 10.1016/j.jacc.2013.10.067
2. Ng GA, Brack KE, Patel VH, Coote JH. Autonomic modulation of electrical restitution, alternans and ventricular fibrillation initiation in the isolated heart. *Cardiovascular research.* 2007; 73(4):750-60.
3. Murakawa Y, Yamashita T, Ajiki K, et al. Effect of Cervical Vagal Nerve Stimulation on Defibrillation Energy. *Japanese heart journal.* 2003;44(1):91-100.
4. Brack KE, Patel VH, Mantravardi R, et al. Direct evidence of nitric oxide release from neuronal nitric oxide synthase activation in the left ventricle as a result of cervical vagus nerve stimulation. *The Journal of physiology.* 2009; 587(12):3045-3054.
5. Vanoli E, De Ferrari GM, Stramba-Badiale M, et al. Vagal stimulation and prevention of sudden death in conscious dogs with a healed myocardial infarction. *Circulation research.* 1991; 68(5):1471-1481.
6. Faul J, Schoors D, Brouwers S, Scott B, Jerrentrup A, Galvin J et al. Creation of an iliac arteriovenous shunt lowers blood pressure in chronic obstructive pulmonary disease patients with hypertension. *J Vasc Surg.* 2014;59(4):1078-1083. doi: 10.1016/j.jvs.2013.10.069
7. Sinski M, Lewandowski J, Przybylski J, Bidiuk J, Abramczyk P, Ciarka A et al. Tonic activity of carotid body chemoreceptors contributes to the increased sympathetic drive in essential hypertension. *Hypertens Res.* 2012;35(5):487-91.
8. Carrive P, Bandler R. Control of extracranial and hind limb blood flow by the midbrain periaqueductal grey of the cat. *Exp Brain Res.* 1991;84(3):599-606.
9. Linderoth B, Herregodts P, Meyerson BA. Sympathetic mediation of peripheral vasodilation induced by spinal cord stimulation: Animal studies of the role of cholinergic and adrenergic receptor subtypes. *Neurosurgery.* 1994;35 (4):711-719.

УДК 615.831.7; 615.832.1

АЛГОРИТМ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ РЕЖИМАМИ РАБОТЫ ИНФРАКРАСНОЙ КАБИНЫ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ МОНИТОРИНГА ФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПОЛЬЗОВАТЕЛЯ

М.М. МЕЖЕННАЯ, В.Ю. ДРАПЕЗА, М.Х.-М. ТХОСТОВ, Н.С. ДАВЫДОВА, М.В. ДАВЫДОВ

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники

Аннотация. Разработана инфракрасная (ИК) кабина для активации функциональных резервов человеческого организма в лечебной, оздоровительной и спортивной практике. Отличительной особенностью предлагаемого устройства является реализация биотехнической обратной связи посредством мониторинга основных физиологических показателей пользователя и автоматического управления параметрами ИК процедуры на основе результатов мониторинга. Это позволяет согласовать интенсивность тепловой нагрузки с индивидуальным функциональным состоянием пользователя на протяжении всего сеанса ИК терапии.

Ключевые слова: инфракрасное излучение, инфракрасная кабина, биотехническая обратная связь, автоматическое управление параметрами воздействия.

Abstract. The infrared cabin (IR) has been developed to restore the human body functional state. Distinctive features of this device are monitoring of user physiological parameters and automatic control of IR procedure parameters based on the monitoring results. This allows to adjust the intensity of the heat load with the individual functional state of the user throughout the entire session of IR therapy.

Keywords: infrared radiation, infrared cabin, biotechnical feedback, automatic control of exposure parameters.

Введение

В современной медицине инфракрасная (ИК) терапия широко используется для лечения кожных болезней (угревая сыпь, экзема, атопический дерматит, аллергическая кожная сыпь), хирургических заболеваний (трофические язвы, пролежни, ожоги), болезней опорно-двигательного аппарата (растяжение связок, пяточная шпора, ушибы и травмы суставов, вывихи, артрозы и артриты, миозиты, спортивные травмы), патологии ЛОР-органов (ринит, фронтит, тонзиллит, отит, ларингит). Современный уровень развития технологий позволяет совершенствовать медицинскую технику, при этом перспективной является разработка лечебно-диагностических комплексов с функцией управления параметрами воздействия исходя из физиологических характеристик биообъекта. Применительно к устройствам для инфракрасной терапии это позволит генерировать тепловую нагрузку, адекватную индивидуальному функциональному состоянию пользователя.

В связи с вышеизложенным авторами разработана энергоэффективная мобильная инфракрасная кабина для низкоинтенсивного воздействия ИК излучением преимущественно ближнего ИК диапазона на тело человека. Отличительной особенностью предлагаемого устройства является реализация биотехнической обратной связи посредством мониторинга физиологических показателей пользователя и автоматического управления параметрами ИК процедуры на основе результатов мониторинга.

Разработка принципов автоматического управления режимами работы ИК кабины

Разработанное авторами устройство представляет собой ИК кабину с автоматическим управлением параметрами воздействия на основе физиологических показателей пользователя (рисунки 1). Устройство содержит датчики для регистрации физиологических показателей пользователя, датчики теплового режима, аналого-цифровой преобразователь (АЦП), блок передачи данных, блок приема данных, блок управления, устройство ввода данных, устройство отображения информации, ИК излучатели, блок питания ИК излучателей [1].

На основании проведенных авторами экспериментальных исследований разработаны принципы автоматического управления режимами воздействия ближнего инфракрасного излучения на организм человека, а именно: в основу управления воздействием ИК излучения на организм человека положены два информационных канала – данные с датчиков теплового режима и данные от датчиков физиологических показателей пользователя.

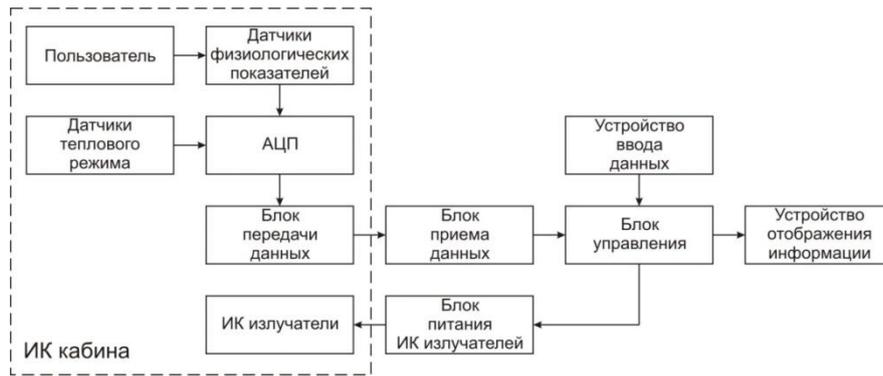


Рис. 1. Структурная схема устройства инфракрасной кабины с автоматическим управлением параметрами воздействия на основе физиологических показателей пользователя

Для контроля теплового режима внутри ИК кабины целесообразно использовать:

1. $T_i^{\text{air_near_body}}$ – температура воздуха внутри ИК кабины, зарегистрированная в области туловища человека в текущий (i -ый) момент времени.
2. $T_i^{\text{air_near_head}}$ – температура воздуха внутри ИК кабины, зарегистрированная в области головы человека в текущий (i -ый) момент времени.

Данные параметры следует использовать следующим образом:

1. Началом ИК процедуры следует считать момент $T_i^{\text{air_near_body}} = 38^\circ\text{C}$. До этого момента происходит разогрев ИК кабины.
2. Длительность ИК процедуры определяется врачом/пользователем, устанавливается программно (с помощью блока управления) и отсчитывается от описанного в п.1 момента. По истечении длительности процедуры происходит автоматическое отключение ИК излучателей.
3. В процессе процедуры происходит автоматическое управление мощностью ИК излучателей на основании мониторинга данных с датчиков теплового режима. Мониторинг данных необходимо проводить с шагом Δt не более 1 минуты.
4. В процессе ИК процедуры должны соблюдаться следующие условия теплового режима воздуха внутри ИК кабины:

$$T_i^{\text{air_near_body}} \leq 42^\circ\text{C}, \quad (1)$$

$$T_i^{\text{air_near_head}} \leq 32^\circ\text{C}. \quad (2)$$

Превышение одного или двух показателей должно приводить к плавному уменьшению мощности ИК излучателей до тех пор, пока температурные показатели не вернуться к допустимым уровням.

Для оценки физиологических показателей пользователя целесообразно использовать:

1. $T_i^{\text{human_body}}$ – температура пользователя, находящегося внутри ИК кабины, зарегистрированная в области туловища в текущий (i -ый) момент времени.
2. $T_i^{\text{human_head}}$ – температура пользователя, находящегося внутри ИК кабины, зарегистрированная в области головы в текущий (i -ый) момент времени.
3. $\text{Pressure}_i^{\text{systolic}}$ – верхнее артериальное давление пользователя, находящегося внутри ИК кабины, зарегистрированное в текущий (i -ый) момент времени.
4. $\text{Pressure}_i^{\text{diasystolic}}$ – нижнее артериальное давление пользователя, находящегося внутри ИК кабины, зарегистрированное в текущий (i -ый) момент времени.
5. Pulse_i – пульс пользователя, находящегося внутри ИК кабины, зарегистрированный в текущий (i -ый) момент времени.

Данные параметры следует использовать следующим образом:

1. В процессе процедуры происходит автоматическое управление мощностью ИК излучателей на основании мониторинга данных с датчиков физиологических показателей пользователя. Мониторинг данных необходимо проводить с шагом Δt не более 1 минуты.
2. В процессе ИК процедуры должны соблюдаться следующие условия:

$$T_i^{\text{human_body}} \leq T_{\text{max}}^{\text{human_body}}, \quad (3)$$

$$T_i^{\text{human_head}} \leq T_{\text{max}}^{\text{human_head}}, \quad (4)$$

$$\text{Pressure}_i^{\text{systolic}} \leq \text{Pressure}_{\text{max}}^{\text{systolic}}, \quad (5)$$

$$\text{Pressure}_i^{\text{diasystolic}} \leq \text{Pressure}_{\text{max}}^{\text{diasystolic}}, \quad (6)$$

$$\text{Pulse}_i \leq \text{Pulse}_{\text{max}}. \quad (7)$$

Несоблюдение хотя бы одного из условий должно приводить к отключению ИК излучателей и досрочному прекращению ИК процедуры. Максимальные пороги устанавливаются программно и определяются врачом.

3. В процессе ИК процедуры должны соблюдаться следующие условия:

$$\Delta T_i^{\text{human_body}} \leq \Delta T_{\text{max}}^{\text{human_body}}, \quad (8)$$

$$\Delta T_i^{\text{human_head}} \leq \Delta T_{\text{max}}^{\text{human_head}}, \quad (9)$$

$$\Delta \text{Pressure}_i^{\text{systolic}} \leq \Delta \text{Pressure}_{\text{max}}^{\text{systolic}}, \quad (10)$$

$$\Delta \text{Pressure}_i^{\text{diasystolic}} \leq \Delta \text{Pressure}_{\text{max}}^{\text{diasystolic}}, \quad (11)$$

$$\Delta \text{Pulse}_i \leq \Delta \text{Pulse}_{\text{max}}. \quad (12)$$

Несоблюдение хотя бы одного из условий должно приводить к плавному уменьшению мощности ИК излучателей до тех пор, пока показатели не вернуться к допустимым уровням.

Максимальные пороги устанавливаются программно и определяются врачом.

Отклонения параметров рассчитываются по отношению к усредненному (например, по трем значениям) начальному показателю, например:

$$\Delta T_i^{\text{human_body}} = T_i^{\text{human_body}} - (T_1^{\text{human_body}} + T_2^{\text{human_body}} + T_3^{\text{human_body}})/3. \quad (13)$$

Описание работы ИК кабины

С учетом вышеописанных принципов автоматического управления режимами воздействия устройство ИК кабины функционирует следующим образом.

ИК кабина располагается в требуемом положении (вертикальном или горизонтальном).

Пользователь располагается в ИК кабине. Далее на теле пользователя размещаются датчики для регистрации физиологических показателей, а именно, датчики артериального давления, пульса, температуры тела. Посредством АЦП и блоков беспроводной передачи и приема данных информация о функциональном состоянии пользователя поступает в блок управления и выводится на устройство отображения в реальном режиме времени, что обеспечивает непрерывное наблюдение за пользователем врачом (оператором).

С помощью устройства ввода данных устанавливается длительность процедуры. Блок управления запускает блок питания ИК излучателей и осуществляет разогрев ИК излучателей до достижения рабочего теплового режима внутри устройства. Контроль теплового режима реализуется посредством датчиков температуры.

После разогрева ИК излучателей начинается отсчет времени процедуры. Поддержание рабочих параметров температуры воздуха внутри ИК кабины осуществляется блоком управления на основании информации от датчиков теплового режима.

В процессе проведения терапевтической процедуры осуществляется автоматическая корректировка параметров воздействия на основе мониторинга физиологических показателей пользователя (рисунок 2).

Во время мониторинга физиологических показателей пользователя характер изменения перечисленных биопараметров свидетельствует о происходящих в организме естественных адаптивных процессах терморегуляции. При этом предлагаемая ИК кабина с биотехнической обратной связью позволяет исключить переход в режим перегрузки и насыщения, критерием наступления которого является превышение вышеуказанными показателями допустимых величин. Для этого разработана двухуровневая система корректировки:

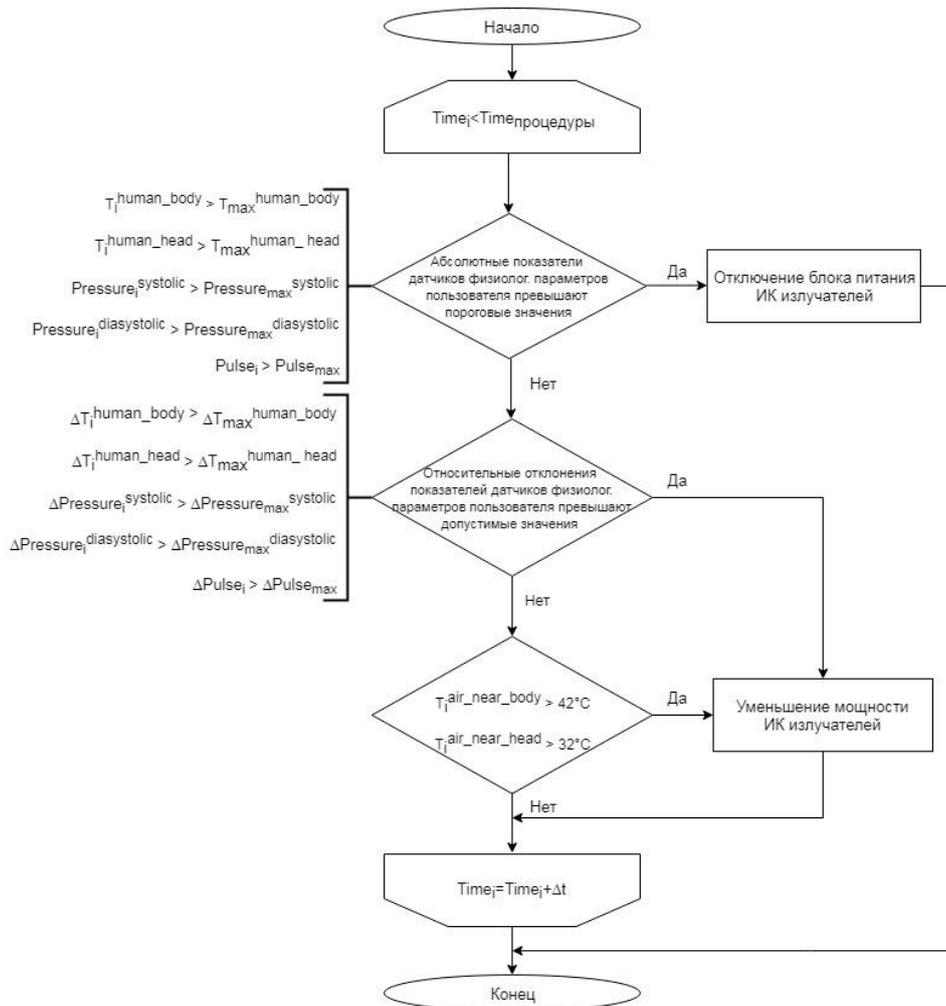


Рис. 2. Алгоритм автоматического управления параметрами воздействия на основе физиологических показателей пользователя

1. Если показатели относительного отклонения физиологических параметров пользователя превышают допустимые значения, выполняется уменьшение тепловой нагрузки на организм человека посредством снижения мощности ИК излучателей.

2. Превышение максимально допустимых абсолютных значений физиологических параметров является поводом для прекращения ИК процедуры (отключение ИК излучателей блоком управления) и последующей консультации с врачом.

По истечении требуемого времени терапевтической процедуры происходит автоматическое отключение ИК излучателей блоком управления.

Заключение

Разработана инфракрасная кабина для активации функциональных резервов человеческого организма в лечебной, оздоровительной и спортивной практике. Отличительной особенностью предлагаемого устройства является реализация биотехнической обратной связи посредством мониторинга основных физиологических показателей пользователя и автоматического управления параметрами ИК процедуры на основе результатов мониторинга (начиная от регулировки температурных режимов и заканчивая полным прекращением процедуры при необходимости). Это позволяет согласовать интенсивность тепловой нагрузки с индивидуальным функциональным состоянием пользователя на протяжении всего сеанса ИК терапии. Результаты работы представляют интерес для инженеров медицинской техники, а также для врачей физиотерапевтов и кардиологов.

Список литературы

1. Инфракрасная кабина с биотехнической обратной связью : пат. 11587 Респ. Беларусь, МПК А61Н33/06 / А.Н. Осипов, Т.М.-Х. Тхостов, М.М. Меженная, В.А. Кульчицкий, М.В. Давыдов, Д.А. Котов, Н.И. Стетюкевич, В.Ф. Шевцов, Н.С. Давыдова, В. Ю. Драпеза // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2018. – № 1 (120). – С. 169-170.

УДК 378.046.4

ОРГАНИЗАЦИЯ ПОВЫШЕНИЯ КВАЛИФИКАЦИИ СПЕЦИАЛИСТОВ САНАТОРНО-КУРОРТНОГО КОМПЛЕКСА РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ НА БАЗЕ ГРОДНЕНСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО МЕДИЦИНСКОГО УНИВЕРСИТЕТА

В.А.СНЕЖИЦКИЙ, Н.В.МАЗУР, Л.А.ПИРОГОВА, Г.Н. ХОВАНСКАЯ

*Гродненский государственный медицинский университет
ул.Горького, 80, г.Гродно, 230009, Республика Беларусь*

Аннотация. В статье представлен опыт организации повышения квалификации специалистов санаторно-курортного комплекса Беларуси на базе кафедры медицинской реабилитации Гродненского государственного медицинского университета. Раскрыты основные направления повышения квалификации медицинских кадров в целях получения им необходимых компетенций в вопросах, касающихся профессиональной деятельности в сфере курортной медицины.

Ключевые слова: санаторно-курортный комплекс, курортная медицина, повышение квалификации.

Abstract. The article presents the experience of organizing advanced training for specialists of the sanatorium-resort complex of Belarus on the basis of the Department of Medical Rehabilitation of the Grodno State Medical University. The main directions of advanced training of medical personnel are revealed in order to obtain the necessary competences in matters relating to professional activity in the field of resort medicine.

Keywords: sanatorium-resort complex, resort medicine, advanced training.

Санаторно-курортный комплекс Республики Беларусь (СКК РБ) является одним из важнейших элементов системы здравоохранения Республики Беларусь.

По состоянию на 01.01.2018 в Республике Беларусь функционируют 306 аттестованных санаторно-курортных и оздоровительных организаций на 66,0 тыс. койко-мест, из них:

106 санаторно-курортных организаций на 28,4 тыс. мест

200 оздоровительных организаций на 37,6 тыс. мест.

146 оздоровительных лагерей на 25,9 тыс. мест;

59 иных оздоровительных организаций (базы и дома отдыха, оздоровительные центры (комплексы), профилактории, пансионаты, иные организации, одним из видов деятельности которых является оздоровление населения) на 11,9 тыс. мест.

Государственная политика Республики Беларусь в сфере санаторно-курортного лечения и оздоровления населения направлена на:

удовлетворение социальных льгот, прав и гарантий категорий граждан, указанных в Законе Республики Беларусь «О государственных социальных льготах, правах и гарантиях для отдельных категорий граждан»;

реализацию Государственной программы по преодолению последствий катастрофы на Чернобыльской АЭС на 2011-2015 годы и на период до 2020 года;

реализацию Государственной программы «Здоровье народа и демографическая безопасность Республики Беларусь» на 2016-2020 годы

развитие экспорта санаторно-курортных услуг.

В отличие от западных курортов, где основными курортными учреждениями являются отели, гостиницы, включающими казино, бары и другие развлекательные заведения, в штате которых отсутствуют медицинские работники, а следовательно и квалифицированная лечебно-оздоровительная деятельность, отечественные санатории имеют гостиничные сектора высокого класса, заслуженно считают своим главным достоинством развитую курортную медицину, позволяющую оптимально использовать природные факторы для санаторно-курортного лечения. Штатное расписание наших санаториев включает высококвалифицированных врачей многих профилей, медсестёр, педагогов, работников культуры и других специалистов.

В этой отрасли работает более 820 врачей различных специальностей и около 3 тысяч среднего медперсонала. Кадровый состав представлен 4 кандидатами медицинских наук: это директор республиканского Центра по оздоровлению и санаторно-курортному лечению населения Болбатовский Г.Н., главный врач санатория «Железнодорожник» Марченко А.А., главный врач санатория «Неман» Войтов В.В., врач санатория «Лётцы» Руммо А.А., остальные врачи имеют высшую и первую категорию.

В связи с внедрением рыночных отношений в санаторно-курортную отрасль изменились как задачи, так и требования к специалистам, руководителям и к системе повышения квалификации и профессиональной переподготовки в целом. При этом на первый план выступают вопросы

внедрения современных методик применения местных природных факторов в практику работы отечественных санаторно-курортных организаций, Актуальны вопросы фундаментальных знаний по экономике, маркетингу, менеджменту, рекламе и, особенно, по повышению сервисного обслуживания пациентов (отдыхающих).

Медицинские кадры, являющиеся основой для работы СКК РБ, нуждаются в новых знаниях, оценивающих экспрессную оценку состояния здоровья, возможности применения новых оздоровительных технологий, основанных на применении местных природных факторов (климата, минеральных вод, лечебных грязей, лекарственных растений, диетотерапии, основанной на применении традиционных национальных блюд белорусской кухни).

Исследования, опросы, анкетирования показывают, что руководители успешно функционирующих санаторно-курортных организаций около 60% своего рабочего времени тратят на решение оперативных вопросов по экономике, материально-техническому обеспечению и реконструкции, 26-30% тратится на реализацию оздоровительного продукта и рекламу, до 10% - на решение оперативных и стратегических проблем по усовершенствованию сервисного и медицинского обслуживания.

На первом месте для отдыхающих стоит обеспеченность медицинскими процедурами, которых в санаториях более 150 видов медицинских услуг; на втором - организация питания; на третьем-условия проживания: уровень гостиничного комплекса ведущих здравниц соответствует четырёхзвёздочным отелям; на четвёртом - организация культурно-развлекательных мероприятий. Положительным фактором отдыха и оздоровления является расположение здравниц в живописных природно-ландшафтных условиях.

Современная рыночная экономика предъявляет к специалистам курортного дела новые требования по улучшению как традиционных оздоровительных услуг, так и внедрению новых схем сервисного обслуживания отдыхающих. Всё это требует повышения квалификации руководителей и специалистов курортной отрасли страны, владеющих современным набором специальных правовых и профессиональных знаний.

В России эти вопросы решает Институт повышения квалификации работников и специалистов курортного дела г.Сочи. Институтом разработаны целевые модульные образовательные программы, рассчитанные на специалистов высшего и среднего звена санаторно-курортных и оздоровительных комплексов. Обязательным условием является стажировка на ведущих курортах мира, а также в сочинских санаториях «Русь», «Рэдиссон», САС «Лазурное».

С 2015 года организована работа курсов повышения квалификации специалистов СКК РБ на базе кафедры медицинской реабилитации Гродненского государственного медицинского университета.

Основными направлениями повышения квалификации на базе кафедры являются:
знакомство с СКК страны,
организация климатолечения: методики аэротерапии, гелиотерапии, спелеотерапии, таласотерапии;
методики бальнеотерапии, гидротерапии, гидрокинезотерапии пелоидотерапии;
основы медицинской реабилитации на санаторном этапе; социально-культурный сервис;
практическое оснащение и эксплуатация санаторно-курортных комплексов;
основы менеджмента и маркетинга в условиях санаторно-курортных комплексов.

Обучение проводится на кафедре медицинской реабилитации ГрГМУ, диспансера спортивной медицины, практические занятия проводятся на базе санаториев «Радон», «Альфа-Радон», «Жемчужина», «Поречье», «Озёрный», «Неман», расположенных в живописных уголках Гродненщины. При этом образовательные программы учитывают специфику курортной медицины, включают последние достижения отечественной и зарубежной науки, направленных на оздоровление отдыхающих.

Сотрудники кафедры разрабатывают и внедряют в практику работы новые оздоровительные рекреационные технологии; совместно с руководителями, слушателями готовят научные доклады, принимают самое активное участие в работе международных и республиканских конференций.

Значительное место в научных исследованиях занимает разработка методик, основанных на применении местных природных факторов, минеральных вод, климатических факторов, сочетанное применение природных факторов.

Важная роль в обучении отводится организации социально-культурного сервиса СКК РБ, основой которого является создание социально-культурных условий для массового, группового, семейного и индивидуального развития творческих способностей, общения, отдыха, развлечений, восстановления духовных, физических сил различных категорий отдыхающих, обеспечивая взаимосвязанное развитие всех направлений досуговой деятельности. Пациентам наших здравниц предлагаются насыщенные и увлекательные программы проведения досуга: массовые мероприятия и праздники, танцевальные вечера, дни белорусской культуры, дни белорусской кухни, календарно-обрядовые праздники. Для комфортного культурного отдыха наши санатории располагают уютными киноконцертными залами, оснащёнными современным световым музыкальным и киновидеооборудованием. Приобщение к историческому и культурному наследию нашей республики осуществляется средствами экскурсионной деятельности, объектами которой являются краеведческие музеи, замки, мемориальные комплексы. Обучение включает знакомство слушателей курсов повышения квалификации с условиями проживания, характеристикой инфраструктуры санаториев.

За прошедший период с 2015 года прошло обучение 7 групп, и повысили квалификацию 54 специалиста среди них не только врачи из Беларуси, но и их российские коллеги, которые успешно применяют полученные знания в своей профессиональной деятельности.

Внедрение в практику работы современных методик лечения и оздоровления, основанных на использовании местных природных факторов (климатотерапия, минеральные воды, лечебные грязи и др.), позволяют обеспечить высокую эффективность использования природных лечебных факторов Беларуси и представлять конкурентоспособный продукт на отечественном и международном уровне.

Литература

1. Профессиональное повышение квалификации специалистов санаторно-курортного и оздоровительного комплекса Республики Беларусь/В.А. Снежицкий, Н.В.Мазур, Г.Н.Хованская и др.//Современные аспекты физиотерапии и курортологии: [материалы Республиканской научно-практической конференции, 12 апреля 2017 г., г. Минск/ под научн. ред. А.В.Волотовской].–Минск: Проф-пресс,2017.–136 с.

УДК 621.3.087.92

УЛУЧШЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ КАЧЕСТВА АЦП ПРИ РАБОТЕ В РЕЖИМЕ ЧЕРЕДОВАНИЯ ЗАСЧЕТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРОЦЕДУРЫ КАЛИБРОВКИ

В.С. ШЕКУНОВ, С.П. УРБАНОВИЧ, ДАВЫДОВ М.В.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники

Аннотация. Исследована возможность устранения побочных спектральных составляющих, возникающих при работе нескольких АЦП в режиме чередования, используя систему компенсации разброса параметров аналоговых трактов АЦП и процедуру калибровки. Система компенсации позволяет устранить смещение нуля, скомпенсировать неточность установки фаз тактовых сигналов и различия в коэффициенте передачи аналоговых трактов. Параметры системы компенсации автоматически подбираются в процессе калибровки.

Ключевые слова: аналого-цифровое преобразование, режим чередования, калибровка.

Abstract. The possibility of eliminating side spectral components of frequency-interleaved ADC using the system for compensating the variation of the parameters of the analogue ADC paths and the calibration procedure has been investigated. The compensation system allows to eliminate the zero offset, and to compensate the phases shift of the clock signals and differences in the transmission coefficient of the analog paths. The parameters of the compensation system are automatically selected during the calibration process.

Keywords: analog-to-digital conversion, interleaving mode, calibration.

Введение

В настоящее время одним из основных элементов медицинской диагностической техники является аналого-цифровой преобразователь. Постоянное улучшение характеристик АЦП позволяет заменить все больше элементов аналогового тракта последующей цифровой обработкой с помощью процессоров или ПЛИС. Ключевыми параметрами АЦП являются частота дискретизации и разрядность. Причем чем выше частота дискретизации, тем меньше можно рассчитывать на высокую разрядность, а, следовательно, и точность преобразования. Но есть возможность используя несколько АЦП с высокой разрядностью увеличить частоту дискретизации в несколько раз, включив их в режиме чередования.

Работа АЦП в режим чередования

Режим чередования АЦП — это метод, который позволяет использовать несколько идентичных аналого-цифровых преобразователей для обработки сигналов на более высокой частоте, чем частота дискретизации каждого отдельного АЦП [1]. Его суть заключается в том, что исследуемый сигнал подается на вход нескольких АЦП, фазы тактовых сигналов которых выставлены так, чтобы выборки совершались поочередно каждым АЦП. Таким образом, например, чередуя выборки четырех 10-битных/100 MSPS-АЦП, можно реализовать 10-битный/400 MSPS-АЦП.

Однако этот мощный инструмент не лишен недостатков. Если изучить спектр оцифрованного сигнала, то выяснится, что кроме основной гармоники в спектре присутствуют искажения, т.н. “interleaving spurs” (далее ИЛ-артефакты). ИЛ-артефакты могут рассматриваться как форма шума с фиксированным шаблоном во временной области и являются результатом отклонений параметров аналоговых трактов каждого из АЦП, которые из-за процесса чередования модулируют исследуемый сигнал.

Одной из причин появления ИЛ-артефактов является различное смещение нуля у каждого АЦП. При этом в сигнале появляются артефакты на частоте 0, $f_s / 4$ и $f_s / 2$ [2]. Данный вид артефактов представляет наименьшую проблему, т.к. паразитные составляющие имеют малую ширину спектра и фиксированную частоту в независимости от частоты входного сигнала.

Второй причиной являются различия в коэффициенте передачи аналоговых трактов. В случае работы двух АЦП в режиме чередования все четные выборки будут иметь коэффициент масштабирования G_1 , а все нечетные коэффициент масштабирования G_2 . Это равносильно тому, что полезный сигнал модулировался бы прямоугольным сигналом с частотой $f_s / 2$. Поэтому оцифрованный сигнал будет содержать артефакты на частоте $f_s / 2 - f_{IN}$ [3]. Их величина зависит от разницы между коэффициентами усиления и от величины входного сигнала.

Третьей причиной появления ИЛ-артефактов является несоответствие смещения фаз тактового сигнала и различия во времени прохождения сигнала по аналоговому тракту каждого АЦП. Эти артефакты лежат на той же частоте, что и искажения, вызванные различием в коэффициенте передачи. Их амплитуда зависит не только от амплитуды сигнала, но также увеличивается с ростом частоты входного сигнала.

Если сигнал узкополосный и не пересекает границу $f_s / 4$, то полезный сигнал и его копия находятся в разных частях спектра, что позволяет отфильтровать нежелательные искажения НЧ или ВЧ фильтром. Но при этом теряется смысл такого способа увеличения частоты дискретизации, т.к. нельзя оцифровать сигнал с шириной спектра больше $f_s / 4$. Единственное что здесь можно выиграть – это число значащих бит засчет передискретизации. Если отфильтрованный сигнал децимировать в два раза, то динамический диапазон увеличится на 3дБ. Если же сигнал пересекает границу $f_s / 4$, то масштабированная копия сигнала накладывается на основной сигнал, что сводит на нет преимущества увеличенной полосы пропускания, обеспечиваемой чередованием.

Хотя общая методика временного чередования существует уже несколько десятилетий, степень, с которой могут быть подавлены ИЛ-артефакты, ограничивала ее применимость. Однако недавние достижения в калибровке несоответствия каналов и в подавлении остаточных ИЛ-артефактов позволяют сегодня реализовать полностью интегрированные 12-, 14- и 16-разрядные АЦП работающие в режиме чередования с высокой скоростью.

Методика исследования

Для проведения экспериментального исследования работы АЦП в режиме чередования был изготовлен испытательный стенд. Главным элементом стенда является плата обработки сигналов, на которой установлены четыре АЦП AD9467. Каждый АЦП работает на частоте 250 МГц, что в режиме чередования дает частоту дискретизации равную 1 ГГц. Тактовые сигналы для АЦП генерирует многоканальный тактовый генератор LMK04828 со встроенными регулируемые линиями задержки. Обработка данных и управление тактовым генератором осуществляется с помощью ПЛИС.

Для подавления ИЛ-артефактов используется система компенсации смещения нуля [4], смещения фаз тактирующих сигналов и коррекции амплитуды. Для устранения смещения нуля используются сумматоры, которые вычитают постоянную составляющую из результатов измерений. Значение постоянной составляющей каждого из каналов рассчитывается в процессе калиб-

ровки. Для этого при отсутствии напряжения на входе АЦП записывается сигнал и рассчитывается среднее арифметическое его выборок. Рассчитанные значения поступают на входы сумматоров с обратным знаком.

Для того чтобы устранить неточности установки фаз[5], используются аналоговые линии задержки в тактовом генераторе. Шаг изменения задержки 25пкс. Процедура калибровки происходит следующим образом: на вход АЦП подается синусоидальный сигнал фиксированной частоты, процессор поочередно меняет задержку тактового сигнала для каждого АЦП. После каждого изменения вычисляется спектр оцифрованного сигнала и рассчитывается значение SFDR. Таким образом находится такая комбинация задержек, при которой значение SFDR будет максимальным.

Для коррекции амплитуды выборки сигнала умножаются на коэффициенты, рассчитанные в процессе калибровки. Процедура калибровки схожа с процедурой калибровки смещения фаз, только последовательно перебираются коэффициенты умножителей. Таким образом устраняется разность амплитуд сигналов между каналами.

Результаты

На рисунке 1 представлен спектр оцифрованного сигнала частотой 325МГц до проведения процедуры калибровки.

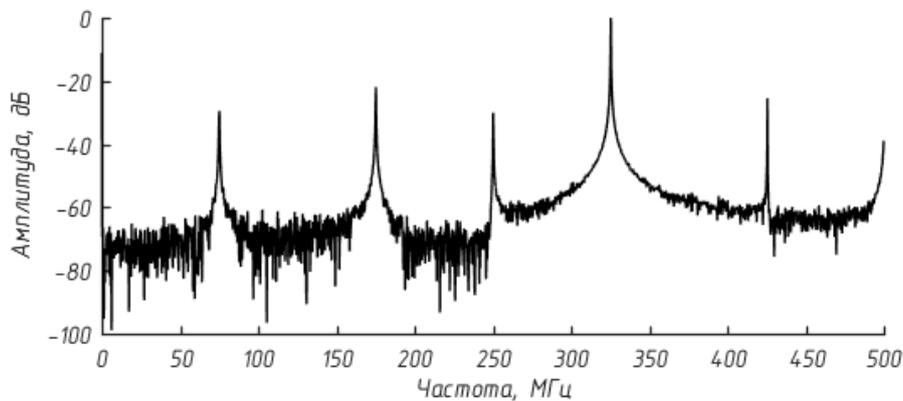


Рисунок 1 – Спектр сигнала частотой 325МГц до проведения калибровки

В спектре кроме основной гармоники присутствуют искажения. SFDR при этом равен 20,7дБ а SINAD равен 17,5 дБ.

На рисунке 2 представлен спектр оцифрованного сигнала после проведения калибровки.

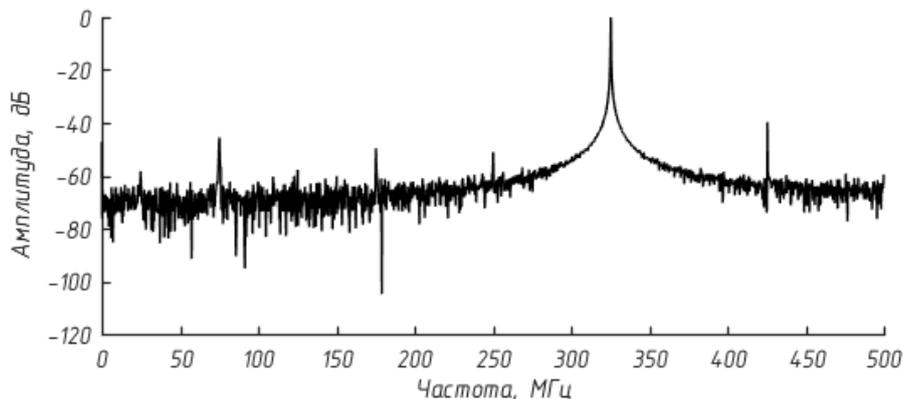


Рисунок 2 – Спектр сигнала частотой 325МГц после проведения калибровки

Значение SFDR увеличилось до 40,8 дБ а SINAD до 35,8 дБ. Таким образом удалось расширить динамический диапазон примерно на 20дБ.

Заключение

Проведенный эксперимент показал принципиальную возможность подавления П-артефактов благодаря использованию системы компенсации разброса параметров аналоговых трактов АЦП и процедуры калибровки. Однако основным препятствием на пути данной технологии является точность перестройки существующих линий задержки. У используемого

тактового генератора она равна 25пкс, что ограничило динамический диапазон на уровне 40,8 дБ. Если шаг перестройки будет меньше или равен величине джиттера тактового сигнала, то точность измерений в режиме чередования будет ограничиваться точностью самого АЦП.

Список литературы

1. *Behzad R.*, Design Considerations for Interleaved ADCs // IEEE J. Solid-State Circuits Vol. 48. P. 1806-1817
2. *Загорский В.* Передовые цифровые методы постобработки для высокоскоростных систем аналого-цифрового преобразования // Компоненты и технологии. 2004. №1. С. 76-80.
3. Interleaving ADCs: Unraveling the Mysteries [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.analog.com/en/analog-dialogue/articles/interleaving-adcs.html>
4. Digitally Removing a DC Offset: DSP Without Mathematics [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.xilinx.com/support/documentation/white_papers/wp279.pdf
5. *Behzad R.*, Problem of timing mismatch in interleaved ADCs // IEEE 2012 Custom Integrated Circuits Conference.

УДК 613.1:613.165.2

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА КЛИМАТОГЕОГРАФИЧЕСКИХ ОСОБЕННОСТЕЙ КУРОРТНЫХ ЗОН БЕЛАРУСИ

О.Л. БОГДАНОВИЧ¹, А.Н. КРАСОВСКИЙ², С.А. ЛЫСЕНКО³

¹ - ЧТУП “Универсальные технологии здоровья”, Минск, Беларусь, info@panto.by;

² – Национальный научно-исследовательский центр мониторинга озоносферы (НИИЦ МО) БГУ, Минск, Беларусь, krasovsky@bsu.by;

³ – ГНУ “Институт природопользования НАН Беларуси”, Минск, Беларусь

Аннотация. Исследования посвящены анализу и оценке климатогеографических особенностей курортных зон Беларуси. Представлены исследования ультрафиолетового индекса на курорте Нарочь.

Ключевые слова: санатории, национальные парки, метеорологические наблюдения, солнечная радиация, ПИОН-Ф.

Abstract. Studies are devoted to the analysis and assessment of climatic and geographical features of the resort areas of Belarus. Studies of the ultraviolet index in the resort of Naroch are presented.

Key words: sanatoriums, national parks, meteorological observations, solar radiation, PION-F.

Введение

Регулярные динамические наблюдения метеорологических явлений в Беларуси начались с 1872 года естествоиспытателем Яковом Оттоновичем Наркевичем-Иодко, который оборудовал в Оттонове Минской губернии (нынешний Узденский район Минской области) метеорологическую станцию [1]. Двухуровневая конструкция здания была удалена от остальных зданий. Нижняя цилиндрическая ее часть была кирпичной. На верхней деревянной находились приборы наблюдения. Станция сразу же привлекла внимание Русского географического общества и его Метеорологическую комиссию, а также Главную Николаевскую физическую обсерваторию Петербургской академии наук. Метеостанция в Оттонове была зачислена по второму разряду в сеть станций Петербургской физической обсерватории, а Я. О. Наркевич-Иодко был принят на конференции Академии наук в 1886 году ее членом.

В Оттонове систематически проводились приборные наблюдения состояния атмосферы: давления и температуры воздуха, направления и силы ветра, количества осадков, влажности почвы, толщины и особенностей снежного покрова. Эти изменения производились по программе Метеорологической комиссии Русского географического общества и помещались в выпускаемых ими трудах.

В 1889 году метеостанция была перенесена в имение Над-Неман и находилась в очень небольшом расстоянии от правого (северного) берега Немана. Все измерительные инструменты были установлены вдали от строений и больших деревьев в саду, флюгер - на довольно большой башне над домом. Исходные данные станции: координаты $53^{\circ} 20' \times 27^{\circ} 07'$, высота над уровнем моря 168 м. За метеостанцию владелец получил на выставке сельского хозяйства Минской губернии 1901 года бронзовую медаль. С 1895 года этой метеостанции после дополнительного оснащения специальными приборами, среди которых были и электрометры Экснера и Маскара (измерители электрического потенциала атмосферы), был присвоен I разряд. Разряд станций устанавливался после инспекции и заключения Главной физической обсерватории в Петербурге.

На территории дореволюционной Беларуси в разное время действовало 35 метеостанций II разряда, при этом 21 была расположена при учебных и сельскохозяйственных учреждениях.

Республика Беларусь расположена в центральной части Евразийского континента. Протяжённость с севера на юг – 560 км, с запада на восток – 650 км. Географические координаты: 50°00' с. ш., 28°00' в. д.

Климат Беларуси умеренно-континентальный находится под значительным воздействием преобладающих западных ветров. Характер его определяется положением республики в переходной зоне между областями морского и континентального типов климатов умеренных широт [2]. Основные климатообразующие факторы: радиационный режим, циркуляция атмосферы, влияние подстилающей поверхности. Радиационный режим определяет количество тепла и света и их биологическую активность, зависит от высоты и азимута солнца, облачности и прозрачности атмосферы. К поверхности Земли поступает прямая и рассеянная солнечная радиация (рассеянная радиация поступает к поверхности земли от всех точек небесного свода после рассеяния в атмосфере). Средняя годовая продолжительность солнечного сияния увеличивается с севера и северо-запада на юг и юго-восток на 7 % от 1750-1870 часов. В среднем солнечное сияние наблюдается в течение 40 % времени, когда солнце находится над горизонтом. В остальное время оно закрыто облаками и к земле приходит только рассеянная радиация.

Циркуляционный режим атмосферы (циклоны и антициклоны) определяет тип погоды, смену и изменчивость метеорологических параметров. Характерной особенностью циркуляционного режима в стране является повышенная циклоничность. В течение всех сезонов года циклонические ситуации преобладают над антициклоническими. Циклонические процессы во все сезоны составляют более 50 %. Отмечается усиление циклонической деятельности в теплый период (до 60 % весной и летом). Южный антициклон значителен летом (около 20 %), с ним связана сухая погода. Восточные антициклоны больше типичны для холодной половины года.

Средняя температура января колеблется от -4°C до -8°C, июля – от +17°C до +19°C. Подстилающая поверхность сказывается на создании различных микроклиматических условий отдельных районов. Рельеф Беларуси в целом равнинный. Для него характерно чередование возвышенных, равнинных и низменных пространств с озерами и болотами. Средняя высота над уровнем моря составляет 160 м. Наличие многочисленных возвышенностей и низин, озер и болот определяет пестроту в пространственном распределении температуры и влажности, режимах ветра и осадков. Чередование морских и континентальных воздушных масс создает неустойчивость погодного режима. Преобладание атлантического воздуха обуславливает в течение всего года высокую относительную влажность (110-150 дней с относительной влажностью выше 80%), значительное развитие облачности (150-160 пасмурных дней, 90-110 дней без солнца), достаточное увлажнение (в среднем 600-700 мм за год).

Учитывая нынешние глобальные и региональные изменения климатических факторов изучение метеорологических показателей в курортных зонах Беларуси является актуальным.

Цель исследования – провести сравнительную оценку климато-географических особенностей курортных зон Беларуси.

Материалы и методы

Курортные зоны Беларуси характеризуются лиственно-хвойными ландшафтами, наличием водных ресурсов (реки, озёра, водохранилища). [4] В основном около 21 тысячи рек ручьев общей протяженностью 90,6 тысяч километров, 11 тысяч озер общей площадью около 2 тысяч квадратных километров. Неотъемлемая часть белорусского пейзажа – болота, занимающая 4,4% площади страны.

Это создаёт специфические условия для биологически активной солнечной радиации (УФИ), фотосинтетически активной радиации (ФАР), а также общей облучённости приземным солнечным излучением.

Измерения УФИ проводились с помощью автономной дистанционной системы для мониторинга состояния озонового слоя и измерения дозы активного биологического ультрафиолетового излучения (УФ индекс) – ПИОН-Ф [3]. Технические характеристики приведены в таблице 1 и 2. Система для дистанционного мониторинга состояния озонового слоя и измерения дозы активного биологического ультрафиолетового излучения включает в себя двухканальный фотометр и солнечную панель. ПИОН-Ф полностью автономен и не требует внешних источников питания и связи с компьютером для хранения и обработки данных. Результаты измерений передаются посредством

сети GSM на удаленный сервер, что позволяет непрерывно следить за состоянием озоносферы в режиме online. Автономность системы и использование сети GSM для передачи данных позволяет устанавливать фотометр фактически в любом месте, где есть покрытие оператора сотовой связи, что позволяет в кратчайшие сроки создать сеть для эффективного мониторинга за озоносферой и оперативного предупреждения о риске УФ облучения.

Таблица 1. Краткие технические характеристики автономной системы ПИОН-Ф

Напряжения питания	3,4 - 4,2 В
Ёмкость встроенных Li-Ion аккумуляторов	6800 mAh
Спектральные диапазоны	280-320 нм и 305-345 нм
Рабочий температурный диапазон	-30 ... +30 °С
Каналы передачи данных	сеть GSM, 433 МГц на 1 км
Класс защиты корпуса	IP65

Таблица 2. Характеристики солнечной панели автономной системы ПИОН-Ф

Номинальное выходное напряжение	5 В
Максимальный выходной ток	800 м

Результаты и обсуждение

На территории Национального парка “Нарочанский” представлены озеро Нарочь с обширной водной поверхностью до 80 кв. км, лиственные-хвойные массивы [5]. В ходе исследований на курорте Нарочь получены среднемесячные суточные дозы эритемы, которые характеризуются ежемесячным их нарастанием (таблица 3). На рисунке представлено изменение среднемесячных суточных эритемных доз на этом курорте за 2012-2013 гг. и 2012-2016 гг.

Таблица 3. Среднемесячные суточные дозы эритемы на курорте Нарочь

Месяц	Среднемесячная суточная доза эритемы 2011-2013 гг. Нарочь.	Среднемесячная суточная доза эритемы 2011-2016 гг. Нарочь.
	Дж / м ²	Дж / м ²
1	166	237,47
2	417	428,94
3	946	785,94
4	1816	1349,73
5	2140	1763,84
6	2884	2396,37
7	2895	2030,46
8	2463	1987,08
9	1532	1130,04
10	442	437,1
11	250	277,91
12	160	205,49

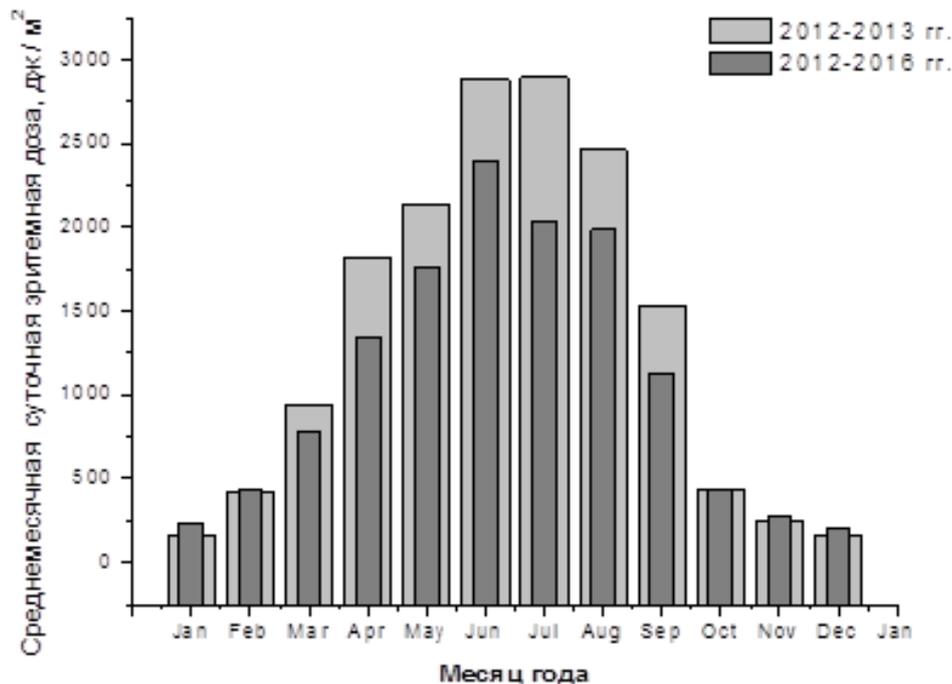


Рис. 1. Изменение среднемесячных суточных эритемных доз на курорте Нарочь в течение года

Санаторий «Подъельники» расположен в экологически чистой зоне в смешанном лесу у слияния рек: Уса, Лоша, Неманец, образующих неповторимо величавый Неман, несущий свои воды далеко по просторам Беларуси и Прибалтики [4, 5]. Есть поверье, что земля в этом месте обладает удивительно положительным энергетическим воздействием на человека. Спокойная гладь рек, успокаивающий шум леса, благоухание трав, очаровывающее пение птиц - все это уже само по себе благотворно сказывается на здоровье отдыхающих. Реки богаты рыбой, береговой растительностью. Благоприятный климат и живописные окрестности позволяют продолжительное время находиться на свежем воздухе в любое время года. А квалифицированные врачи и современное медицинское оборудование обеспечат качественное санаторно-курортное лечение. Административный и обслуживающий персонал санатория делает всё, чтобы условия оздоровления и отдыха соответствовали нормативным стандартам и высоким требованиям отдыхающих.

Список литературы

1. Улащик, В.С. Великие имена в истории физиотерапии: Я.О. Наркевич-Иодко — белорусский естествоиспытатель, физиотерапевт // *Здравоохранение*. – 1999. – № 5. – С. 56-58.
2. Логинов, В.Ф. Изменения климата. Тренды, циклы, паузы / В.Ф. Логинов, В.С. Микуцкий. – Минск: Беларуская навука, 2017. – 179 с.
3. Спектрометрирование для мониторинга приземного ультрафиолетового солнечного излучения / Л.Н. Турышев [и др.] // *Журнал прикладной спектроскопии*. – 2005. – Т. 72, № 2. – С. 264-270.
4. Ясовеев, М.Г. Курорты и рекреация в Беларуси / М.Г. Ясовеев, В.Ф. Логинов, Э.С. Кашицкий, И.И. Пирожник. — Могилёв: Бел.-Рос. Ун-т, 2005. – 489 с.
5. Бюллетень экологического состояния озер Нарочь, Мястро, Баторино (2015 год) / Т.В. Жукова [и др.]; под общ. ред. д-ра биол. наук Т.М. Михеевой. – Минск, 2016. – 99 с.

УДК 616-071

НЕИНВАЗИВНЫЙ АНАЛИЗАТОР КРОВИ В ЭКСТРЕННОЙ ДИАГНОСТИКЕ И ЛЕЧЕНИИТ.Ю. САВИЦКАЯ¹, Т.А. ЯСТРЕБОВА², А.О. ЗАРОВСКАЯ², Е.П. ШМЕРКО³¹ – Санаторий «Криница», Минская область, Минский район, аг. Ждановичи, 223028, Республика Беларусь;² – Санаторий «Ислочь» НАН Беларуси, Минская область, Воложинский район, агрогородок Раков, Раковский с/с, 11, 222365, Республика Беларусь;³ – ОО «Белорусское инженерное общество», Минск, ул. Сурганова, 24, Республика Беларусь

Аннотация. Представлены данные об использовании неинвазивного анализатора в диагностике и лечении. Рекомендуется широкое применение в комплексном лечении различных форм фитотерапии.

Ключевые слова: гомеостаз, диагностика, неинвазивный анализатор, фитотерапия.

Abstract. The data on the use of non-invasive analyzer in the diagnosis and treatment are presented. Recommended widespread use in the complex treatment of various forms of herbal medicine.

Key words: homeostasis, diagnostics, non-invasive analyzer, phytotherapy.

В наших исследованиях использовали до, во время и после оздоровления и лечения «неинвазивный анализатор крови АМП» в основу которого положена идея о взаимоотношении человека и внешней среды, о влиянии воздействия внешних факторов (атмосферного давления, химических, физических и др.) на гомеостаз человека и реологические свойства крови [1]. Система гомеостаза особенно тесно связана с такими органами, как костный мозг, легкие, селезенка, почки, паренхиматозные органы, клетки которых вырабатывают тромбоциты, а также участвуют в механизме утилизации продуктов гемокоагуляции и фибринолиза. Эти органы относятся к центральным органам системы гомеостаза. Нарушения системы гомеостаза крайне разнообразны, где от грамотности врача и быстрой информации на клеточном уровне зависит успешность лечения пациентов и порою даже их жизнь.

Лабораторная гематологическая диагностика требует от врача специальных знаний морфологии крови, владения методическими навыками и умения правильно интерпретировать результаты исследования с учетом всей клинической картины болезни [2].

Приведем пример одного пациента-строителя С., который часто болел хроническими тонзиллитами, гайморитами, заболеваниями желудочно-кишечного тракта, аллергией и другими сопутствующими заболеваниями, по поводу которых он уже в течение 10 лет принимал комплексную фито-дието-валеологию.

Не учитывая своего состояния пациент С., инженер-строитель, нанял строителей по ремонту его двухкомнатной квартиры, который длился около 5 месяцев, где наш пациент все время и проживал. Практически ремонт велся в зимние месяцы, не было достаточного проветривания, не учитывалась токсичность лаков, красок и других строительных материалов. Периодически делая исследования на «неинвазивном анализаторе крови» было зафиксированы серьезные нарушения в состоянии здоровья пациента. Проанализировав причины, стало понятно, что воздействие на организм токсических материалов привело к серьезным нарушениям в организме.

Какие изменения происходили в организме пациента после ремонта квартиры наглядно можно увидеть на рисунке 1, которые зафиксировал «неинвазивный анализатор крови АМП».

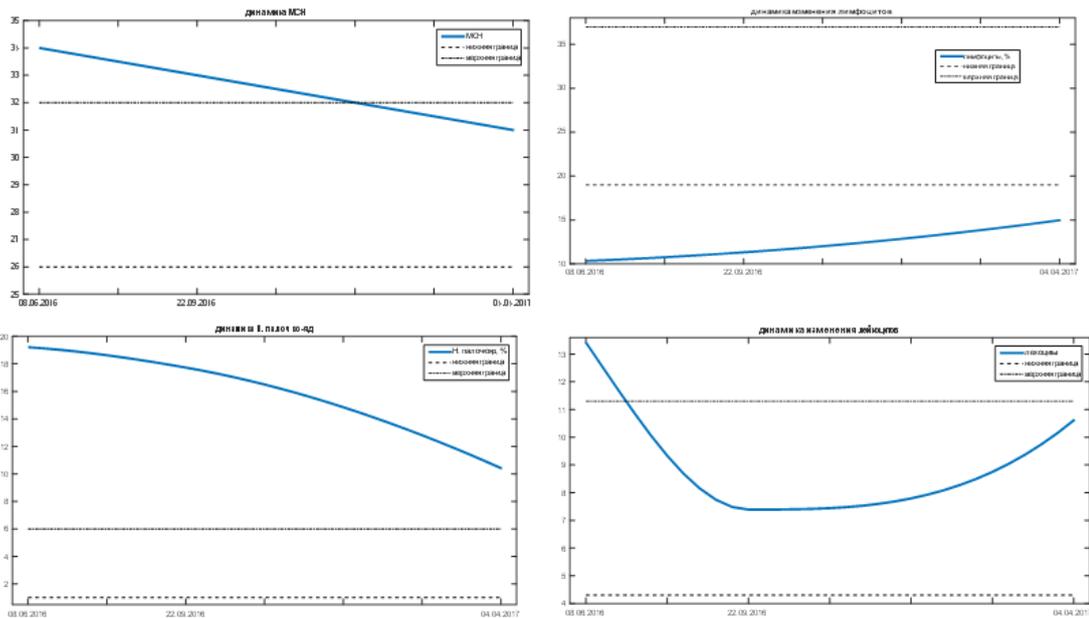


Рис. 1. Изменение отдельных показателей крови у пациента С.

Так, благодаря анализатору нам удалось установить причину, повлиявшую на состояние организма пациента, которому дополнительно назначены настои из сборов лекарственных растений, обладающие детоксикационными свойствами.

Особенностью лечения и профилактики явилось широкое применение разнообразных форм фитотерапии по методу чередования, которые использовались в виде настоев, отваров, фитоаппликаций, свежих соков из дикорастущих растений (сок березы, клена, одуванчиков, яблок, клюквы, брусники, голубики, калины, подорожника и др.) под контролем врача [3,4]. Дополнительный отдых в санатории, диетическое питание и непрерывное употребление настоев по методу чередования способствовали тому, что у мужчины при повторном исследовании отмечено полное восстановление здоровья.

Изложенное свидетельствует о важности приема настоев из сборов лекарственных растений, употребляемых по методу чередования, их детоксикационном, противовоспалительном, мочегонном, кровоостанавливающем, противоаллергическом и общеукрепляющем действии [5]. Это дает основание рекомендовать использование фитотерапии и метод чередования в комплексном лечении и длительной профилактике под контролем лечащего врача.

Список литературы

1. Гомеостаз / под ред. проф. И.М. Горизонтова. – М.: Медицина, 1976.– 463 с.
2. Земсков, А.М. Клиническая иммунология / А.М. Земсков, В.М. Земсков, А.В. Караулов. – М.: ГЭОТАР-Медик, 2008. – 422 с.
3. Ловкова, М. Я. Почему растения лечат. – М.: Наука, 1989. – 254 с.
4. Корсун, В. Ф. Фитотерапия кожных болезней / В. Ф. Корсун, А. Е. Ситкевич, Ю. А. Захаров. – Минск: Беларусь, 2001. – 446 с.
5. Турова, А. Д. Лекарственные растения СССР и их применение / А. Д. Турова. – М.: Медицина, 1974. – 422 с.

НОВЫЕ МЕТОДЫ ПСИХОДИАГНОСТИКИ И ПСИХОМЕТРИИ ПРИМЕНЯЕМЫЕ В САНАТОРНО-КУРОРТНОЙ ПРАКТИКЕ

Н.В. МАЗУР¹, С.В. МИХАЛЬЧИК²

Учреждение образования ¹Гродненский государственный медицинский университет ул. Горького80, г. Гродно, Беларусь*

ООО ²Национальный центр экспертных оценок психофизиологических состояний персонала Воронниковский переулок д.11. стр.1 г. Москва РФ*

Психологические факторы во многом определяют степень участия отдыхающих в программах направленных на укрепление здоровья, первичную и вторичную профилактику заболеваний, реабилитацию. Низкий комплайнс оказывает серьезное влияние на эффективность лечения хронических заболеваний. Новые подходы с использованием достижений современной науки позволяют достичь высоких показателей в лечении и реабилитации хронических заболеваний и повышении качества жизни.

Психологические факторы влияющие на удовлетворенность пациента (клиента) оказываемой медицинской помощью (услугой) выдвигаются в число важнейших показателей качества работы санаторно-курортной организации. Между тем удовлетворенность пациента (клиента) как заказчика и потребителя медицинской услуги проводимыми лечебно-реабилитационными мероприятиями в значительной мере определяются именно этими факторами.

Психометрия необходима при оценке эффективности восстановительного лечения, в частности повышения работоспособности и качества жизни. Психологические показатели – самые тонкие индикаторы состояния здоровья в целом. А на этапе предболезни и восстановления, первыми изменяются именно психологические показатели. Отсюда вытекает, что в современных условиях в МР (Медицинская реабилитация) психодиагностика и психометрия должны стать обязательными элементами рутинного обследования пациентов (первичный прием). Существует большое количество психологических тестов, однако не все из них отвечают необходимым требованиям. Обязательными требованиями являются: ВАЛИДНОСТЬ, НАДЕЖНОСТЬ, БЫСТРОТА.

Этим требованиям соответствует разработанная и запатентованная в РФ методика ВИДИ-КОР-М, патент на изобретение №2303947 и свидетельство на программу №2006610681.

В основу методики легли работы нобелевского лауреата Р Сперри 1980г. – хирургическое лечение генерализованной формы эпилепсии, а также работы наших отечественных ученых А.Р. Лурия, Е.Д. Хомся, Э.Гольдберг, Л.Д. Коста, П.В. Симонов и других. Принципы метода:

- методика позволяет решить задачу, т.е. убрать субъективную оценку и объективизировать процесс анализа, выявить признаки активности разных мимических мышц, которые отражают шесть основных эмоций и определить психическое состояние.

- объектом исследования является лицо человека, мы фотографируем пациента (первичный прием), производим анализ фото и получаем черепно-лицевой профиль. В отчете указано – состояние на момент фотографирования, прогноз на 48 часов, сильные и слабые стороны личности, виды деятельности которые больше всего подходят, как мотивировать и много другого.

- повторные исследования (фотографирования) можно и нужно производить через 5-7 суток, где будут видны те изменения которые происходят под воздействием тех или иных лечебных или реабилитационных мероприятий. Эти действия позволят наиболее эффективно использовать имеющийся потенциал санаторно-курортной организации.

- сама фотография является триггером для запуска внутренних ресурсов человека, что в свою очередь позволяет решить ряд внутренних проблем и улучшить качество жизни (новое направление – ФОТОТЕРАПИЯ).

Динамический ряд из фотографий позволяет вовремя определить деструктивные/конструктивные изменения в состоянии пациента и внести коррективы в реабилитационный процесс.

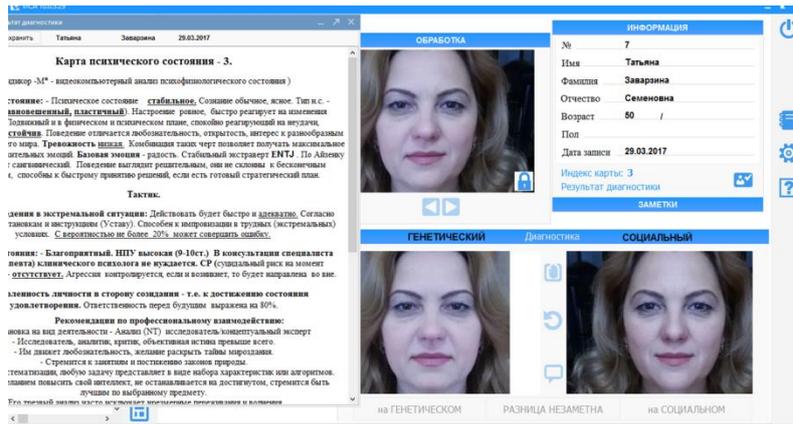


Рисунок 1. – пример рабочего окна интерфейса комплекса.



Рисунок 2. – пример положительных изменений произошедших в течении пребывания в санатории - 14 дней.



Рисунок 3. – пример фиксирования позитивных изменений:

- №1 – фото первичный прием
- №2 – фото повторный прием ч/з 7 дней
- №3 – фото накануне убытия.

Эта методика и реализованный на ее основе подход позволяет решить ряд проблем в санаторно-курортной отрасли, а именно:

- улучшить качество обслуживания отдыхающих (психологический профиль позволит максимально эффективно выстроить с ним отношения – камплайнс)
- подобрать для отдыхающего персональную программу реабилитации
- подобрать соответствующие кадры и обучить их

- позволит заполнить санатории в межсезонье
- позволит вернуть (повторные посещения) отдыхающих

Данная методика обладает высокой экономичностью и пригодна для практического здравоохранения, она доступна для применения обычным медицинским персоналом. Использование этой психодиагностической технологии способствует объективизации оценки и повышению эффективности реабилитационных мероприятий.

Литература

1. Учебник по восстановительной медицине /под ред. А.Н.Разумова, И.П.Бобровницкого, А. М. Василенко г. Москва 2009
2. Учебное пособие *Видеокomпьютерный анализ и коррекция психического состояния* А.К. Журавлев С.В. Михальчик г. Москва 2007

УДК 621.373.8:61

ФРАКЦИОННАЯ СО₂-ЛАЗЕРНАЯ КОРРЕКЦИЯ ГИПЕРТРОФИЧЕСКИХ И АТРОФИЧЕСКИХ РУБЦОВ КОЖИ АППАРАТОМ «ЭВОМАТРИКС»

Е.Н. МАЙСЕНЯ, Н.М. ЯКОВЕЦ, Е.В. ГУЛЕВИЧ

Медицинский центр ООО «Хепти Дерм»,

ул. Денисовская, 31-2Н, г. Минск, 220006, Республика Беларусь

Аннотация. В статье рассмотрены виды рубцов и возможности фракционной СО₂ лазерной шлифовки аппаратом «ЭвоМатрикс» в их лечении. Пролечено 20 пациентов с гипертрофическими и атрофическими рубцами кожи различной этиологии. Положительный эстетический результат достигнут у 18 пациентов.

Ключевые слова: СО₂-лазер, рубцы, коррекция, фракционная лазерная шлифовка

Abstract. The article describes the types of scars and the possibility of fractional CO₂ laser resurfacing using the EvoMATRIX device in their treatment. 20 patients with hypertrophic and atrophic scars of the skin of various etiology were treated. A positive aesthetic result was achieved in 18 patients.

Keywords: CO₂ laser, scars, correction, fractional laser photothermolysis

Введение

Лечение пациентов с рубцовыми дефектами кожи – актуальная проблема современной медицины [1, 2]. Рубцы являются не только косметическим, но зачастую и функциональным недостатком, что приводит к значительному психоэмоциональному дискомфорту.

Теоретический анализ

Рубец – это соединительнотканное образование, возникшее вследствие регенерации тканей в месте повреждения различными травмирующими факторами. Причины возникновения разнообразны: физические, механические и химические травмы, воспалительные процессы, кожные заболевания, хирургические вмешательства. Рубцовая ткань состоит преимущественно из коллагена и отличается от тканей, которые она замещает [2 – 4]. Выделяют следующие виды рубцов:

- атрофические — располагаются ниже уровня кожи, что связано со сниженной реакцией кожи на травму (пр. рубцы постакне, стрии);
- нормотрофические — самые благоприятные, приближены к параметрам нормальной кожи, как правило не требует коррекции;
- гипертрофические — представляют собой избыток рубцовой ткани, имеют вид кожных валиков, возвышаются над уровнем кожи, плотные, ограничены поврежденной областью;
- келоидные рубцы — возникают из-за избыточной реакции кожи на травму, могут формироваться даже на месте незначительных повреждений, распространяются за пределы первоначальной раны, имеют красно-фиолетовый цвет, болезненны и сложно поддаются лечению.

Дифференциальный диагноз гипертрофических и келоидных рубцов важен для выработки адекватной тактики лечения. Для этого различными авторами предложен ряд признаков, таких как высота рубца, плотность, эластичность, цвет, наличие зуда и гиперестезии. Также используются вычислительные методы и диагностика с помощью высокочастотного ультразвука [5 – 7]. Хотя диагностика келоида в большинстве случаев не представляет трудностей, что подтверждено

Gulamhuseinwala N. et al. (2008), которые, проведя ретроспективное исследование 568 пациентов с келоидами, установили, что клинический диагноз совпадал с гистологическим в 94% случаев [8].

Лечение рубцов достаточно сложный и длительный процесс, требующий со стороны врача индивидуального подхода с учетом основных параметров рубца: вида, размеров, локализации и длительности его существования; а со стороны пациента – терпения и соблюдения всех рекомендаций. В настоящее время предлагается большое количество консервативных методов коррекции рубцов:

- медикаментозные (кортикостероиды, препараты, влияющие на коллагенообразование);
- физические и физиотерапевтические (использование окклюзивных повязок и компрессионной терапии, криохирургия, радиоволновая шлифовка и т. д.);
- косметические процедуры, направленные на внешнюю коррекцию дефекта [2 – 4].

Несмотря на большое количество предложенных консервативных и хирургических методов лечения, все эти многочисленные методики не полностью удовлетворяют врачей и пациентов, что требует дальнейшего совершенствования и разработки новых методов коррекции рубцов кожи.

Фракционный фототермолиз — это одна из составляющих лазерной эстетической медицины. Суть метода заключается в том, что лазерный луч разделяется на огромное число ультратонких лучей (фракций). Их микроскопический диаметр позволяет, минимально травмируя эпидермис, проникать в глубокие слои, выпаривая клетки дермы. Вокруг перфорации (по размеру ~ равна диаметру луча) всегда есть зона необратимой микротравмы или некроза (~ 100 мкм) и зона обратимой микротравмы (также ~ 100 мкм). Если диаметр луча большой, то это, во-первых, приводит к сильной травматизации и длительному реабилитационному периоду, а во-вторых, при увеличении плотности фракций на коже быстро происходит слияние травмированных зон в единое поле и остается совсем мало промежутков для ее регенерации. В лазере ЭвоМАТРИКС (СоларЛС, Республика Беларусь) лазерный луч, еще до попадания на сканер, трансформируется с помощью специальной оптической системы, которая уменьшает его расходимость, обеспечивая фокусировку луча в рабочей зоне до оптимального диаметра ~ 90 мкм [9].

Таблица 1. Технические характеристики лазерной системы ЭвоМАТРИКС

Активный элемент	волноводная RF труба
Длина волны	10,6 мкм
Качество излучения	ТЕМ ₀₀
Макс. выходная мощность	30 Вт
Макс. энергия импульса	250 мДж
Частота следования импульсов	0,2...1000 Гц
Длительность импульса	0,1...10 мсек
Режимы работы	Фракционный, Суперимпульсный, Импульсный, CW
Диаметр луча	менее 100 мкм
Система подачи луча	шарнирный манипулятор с 7-ю зеркалами
Фракционный режим	
Максимальная плотность точек	10 000 точек/см ²
Расстояние между точками	0,1...2,6 мм
Наложение в одну точку от	1 до 20 импульсов
Макс. зона сканирования	20 мм x 20 мм
Режим сканирования	свободный, последовательный, зональный
Графика сканирования	квадрат/прямоугольник, круг/эллипс, треугольник, линия

Такой малый диаметр луча недостижим для CO₂ лазеров, представленных на рынке в настоящее время (имеют диаметр луча от 180 до 120 мкм). Эта уникальная особенность ЭвоМАТРИКС позволяет существенно уменьшить травматичность процедур и минимизировать восстановительный период, сохраняя высокую эффективность воздействия.

Материал и методы исследования

Лечение пациентов с рубцовыми изменениями кожных покровов проводили в условиях медицинского центра ООО «ХэппиДерм» (г. Минск). Всего пролечено 20 пациентов, из них у 12 имелись гипертрофические рубцы (7 - послеоперационные, у 4 пациентов – посттравматические, у 1 – поствоспалительный рубец), у 8 пациентов – атрофические рубцы (3 – посттравматические, у 4

– поствоспалительные рубцы (постакне), у 1 рубцы-стрии). Пациенты с келоидными и нормотрофическими рубцами не вошли в группу исследования. У 7 пациентов рубцы локализовались на коже живота, у 8 – на коже лица, у 1 пациента на коже спины, у 4 – на коже конечностей.

Причиной обращения пациентов за помощью и показанием к проведению лечения во всех случаях (20) была эстетическая неудовлетворенность видом рубца, которая заключалась: в нарушении рельефа кожи (20 случаев), резкости границ рубца (18 случаев), отличии по цвету от окружающей кожи (12 случаев), ухудшении эластично-прочностных свойств кожи в области рубца (5 случаев). У двоих пациентов также наблюдались выраженные рубцовые деформации кожи подвижных областей тела, ограничивающие нормальный объем движений.

Для лечения рубцов во всех случаях применяли метод фракционной CO₂-лазерной шлифовки аппаратом «ЭвоМАТРИКС» (СоларЛС, Беларусь). Перед процедурой проводили локальное очищение кожи от возможных загрязнений, обрабатывали ее спиртовым антисептиком («Септоцид», РБ). Процедура лечения лазером выполнялась с использованием местной аппликационной анестезии (крем «Lightfrost», РФ), время экспозиции под полиэтиленовой пленкой составило 30-45 минут. Использовались различные режимы воздействия в зависимости от типа, размера и локализации рубцов. Длительность лазерного микроимпульса была в диапазоне от 1,5 до 6 мсек, расстояние между точками (фракциями) – от 0,6 до 0,8 мм, интервал между лазерными микроимпульсами – от 5 до 20 мсек, энергия в точке составила от 30 до 180 мДж. Обработка проводилась в режиме «gandom». Во всех случаях выполнялась периферическая лазерная «растушевка» методом «свободной руки». После процедуры в течение трех недель пациенты 3 раза в сутки выполняли обработку антисептиками («Хлоргексидина биглюконат», РБ), увлажняли кожу кремами («Пантенол», РФ), избегали травматизации и УФ-излучения области проведенного лазерного лечения. В зависимости от достигнутого эффекта и пожеланий пациентов проводилось от 1 до 4 лазерных процедур, интервал между ними составил от 1,5 до 3 месяцев. У 10 пациентов лазерное лечение дополнилось местным инъекционным введением гормонального препарата («Кеналог», Италия).

Результаты и обсуждение



Рис.1 Послеоперационный рубец передней брюшной стенки до и после 2-х процедур CO₂-лазерной шлифовки аппаратом «ЭвоМАТРИКС».

У 18 пациентов (90%) был достигнут положительный эстетический результат, заключающийся в сглаживании (визуальном выравнивании рельефа) гипертрофических (11 случаев) и атрофических (7 случаев) рубцов, снижении резкости границ рубцов (14 случаев), ретракции рубцовой ткани (3 случая) (пример - рис. 1). У одной пациентки (с атрофическими рубцами по типу стрий) эстетический результат отсутствовал: заметных изменений внешнего вида кожи в области воздействия не наблюдалось. В одном случае (гипертрофический послеоперационный рубец кожи живота) после 3-го сеанса лазерного лечения имела место отрицательная динамика в виде спонтанного усиления гипертрофии кожи в зоне обработки. У двоих пациентов с рубцовыми деформациями кожи подвижных областей тела отмечено умеренное (но не полное) увеличение объема движений. Во всех случаях после лазерного лечения наблюдались стойкая поствоспалительная гиперемия и временная пиг-

ментация, разрешавшаяся в течение 6 месяцев. Применение плазмотерапии и биоревитализации в области воздействия ускоряли восстановление нормального цвета кожных покровов.

Заключение

Фракционная CO₂-лазерная шлифовка аппаратом «ЭвоМАТРИКС» является эффективным методом эстетической коррекции нарушений рельефа гипертрофических и атрофических рубцов, резкости границ рубцов и эластично-прочностных свойств кожи в области рубца. Метод позволяет также увеличивать объем движений подвижных участков кожи в случае рубцовых контрактур. Требуют дальнейшего углубленного исследования механизмы спонтанной гипертрофии кожи после лазерного воздействия.

Список литературы

1. Aarabi S., Longaker M.T., Gurtner G.C. Hypertrophic scar formation following burns and trauma: new approaches to treatment / S. Aarabi, M.T. Longaker, G.C. Gurtner // PLoS Med. – 2007. 4(9). – е. 234.
2. Арндт К.А. Коррекция рубцов. М: Рид Элсивер, 2009. – 116 с.
3. Белоусов А.Е. Рубцы и их коррекция. Ст-Петербург: Командор-SPB, 2005. – 128 с.
4. Озерская О.С. Рубцы кожи и их дерматокосметическая коррекция. Ст-Петербург: Искусство-России, 2007. – 224 с.
5. Трыкова И.А. Неинвазивная дифференциальная диагностика гипертрофических и келоидных рубцов с помощью высокочастотного ультразвука / И.А. Трыкова, В.И. Шаробаров, И.Е. Тимина и др. // Анналы пластической, реконструктивной и эстетической хирургии. – 2012. – № 3. – С. 66-71.
6. Галлямова Ю.А., Кардашова З.З. Гипертрофические и келоидные рубцы / Ю.А. Галлямова, З.З. Кардашова // Лечащий врач. – 2009. – №10. – С. 20-23.
7. Долотова Д.Д. Использование вычислительных методов и экспертного подхода для определения типа послеожоговых рубцов кожи / Д.Д. Долотова, Л.В. Шурова, Б.А. Кобринский, Л.И. Будкевич // Российский вестник перинатологии и педиатрии. – 2014. – С. 88-92.
8. Gulamhuseinwala N. Should excised keloid scars be sent for routine histologic analysis? / N. Gulamhuseinwala, S. Mackey, P. Meagher, B. Powell // Ann. Plast. Surg. – 2008. – N 60 (2). – P. 186-187
9. Руководство по эксплуатации ЛУИГ 3.970.014РЭ от 10.03.2016

УДК 656.1/5

ОСОБЕННОСТИ ВНЕДРЕНИЯ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ РАБОТЫ МАШИННОГО ПАРКА СТАНЦИИ СКОРОЙ МЕДИЦИНСКОЙ ПОМОЩИ

М.А. МАСНЫЙ

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
ул. П.Бровки, 6, 220013, Минск, Республика Беларусь*

Поступила в редакцию

Аннотация. Рассмотрены задачи, применения и особенности внедрения программного обеспечения для оптимизации машинного парка станции скорой медицинской помощи, наглядно показана работа программного обеспечения и дано краткое определение ERP-системы.

Ключевые слова: ERP-система автоматизации, оптимизация работы машинного парка, автоматическое формирование наилучшего маршрута, использование навигационных карт Google Maps, сбор, хранение и анализ больших объемов данных.

Abstract. The task of application and the peculiarities of introduction of the software for optimization of the machine park of the ambulance station are examined, the work of the software is visually shown and the brief definition of the ERP system is given.

Keywords: Enterprise Resource Planning automatization system, the optimization of the work of the machine park, automatic creation of the optimal route, the usage of the Google Maps, collection, storage and analysis of the large amounts of data.

Введение

В наше время, внедрение ERP-систем является актуальным решением правильного распределение ресурсов предприятий. Термин ERP происходит от английского «Enterprise Resource Planning», что переводится как «планирование ресурсов предприятия». ERP-система, или система планирования

ресурсов предприятия, позволяет посредством целого комплекса интегрированных приложений создать единую информационную среду с целью автоматизации всех сфер деятельности предприятия от планирования бизнес-процессов до контроля над их реализацией и последующего анализа достигнутых результатов. [1]

Присутствие работающей системы оптимизации управления машинным парком станции скорой медицинской помощи дает возможность полностью обеспечить контроль всего потока ресурсов (транспортных средств) - от исполнителя (места здравоохранения) до заказчика (пациента), - оптимизировать каждое действие на пути к цели, достигая значительной экономии ресурсов организации в плане материально-технических средств. [2]

Актуальность

Развитие ERP-систем (Enterprise Resource Planning System — системы планирования ресурсов предприятия) в современных машинных парках станций скорой медицинской помощи, становится ощутимым при создании программного обеспечения (ПО). Это ПО обеспечивает специалистам медицинских учреждений (операторам ПВЭМ, диспетчерам) определенные удобства, сокращающие трудовые затраты и обеспечивающие более углубленные возможности в оптимизации принимаемых решений. Главной особенностью является интерфейс ПО, который должен погружать специалиста в решаемую им задачу, быть простым и доступным. [3]

В этой области знаний определены и специфичные термины [4]:

- «пользователь» - лицо, допущенное к изменению содержимого таблиц в базе данных, командного интерфейса программы;
- «пользовательский интерфейс» - совокупность средств, с помощью которых пользователь может общаться с системой.

Создание удобного пользовательского интерфейса - задача сложная и требует комплексного подхода. В пользовательском интерфейсе должны быть учтены все основные важные данные и исключительные ситуации.

Задачи

Основными задачами внедрения программного обеспечения для оптимизации больших объемов данных машинного парка станции скорой медицинской помощи является следующее: сбор, аккумулирование, анализ, передача и обработка информации.

При решении этих задач организации часто сталкиваются с множеством проблем, например, такими как:

- пустая трата времени квалифицированных специалистов на продельвание множества операции при заполнении заявки и организации необходимого вида транспортного средства для предоставления заказчику (пациенту), нуждающемуся в экстренной или обычной медицинской помощи; отсутствие систематизации информации;
- несвоевременное обновление больших объемов информации о наличии транспортных средств, приводящих к задержке выезда и транспортировки заказчиков (пациентов);
- ручное заполнение и подтверждение согласованных документов подписью, которые могут повлечь возникновение непредвиденных ошибок, вынуждающих сотрудников повторно заполнять документы;
- расхождение между требованиями заказчиков и возможностями организационных транспортных средств.

Эти проблемы могут быть устранены при внедрении соответствующих информационных систем управления, в частности программного обеспечения для оптимизации машинного парка станции скорой медицинской помощи.

Описание работы разработанного программного обеспечения

Данное программное обеспечение для оптимизации машинного парка станции скорой медицинской помощи соответствует всем требованиям, описанным и изложенным выше в данной статье, а также позволяет сотрудникам медицинских учреждений контролировать и управлять заявками, принятыми от пациентов, нуждающихся в экстренной и обычной медицинской помощи. В программное обеспечение поступают онлайн-заявки через специально разработанный для этого веб-сервис и заявки, зарегистрированные работниками (операторами) через поступающие звонки по телефонной или мобильной линии в общую базу данных. В заявке необходимо и достаточно указать ФИО, адрес проживания и примечание в котором можно указать жалобы пациента. ID и

дата заявки присваиваются автоматически, это необходимо для целостности системы в многопользовательском режиме. Интерфейс программного обеспечения показан на рисунке 1.

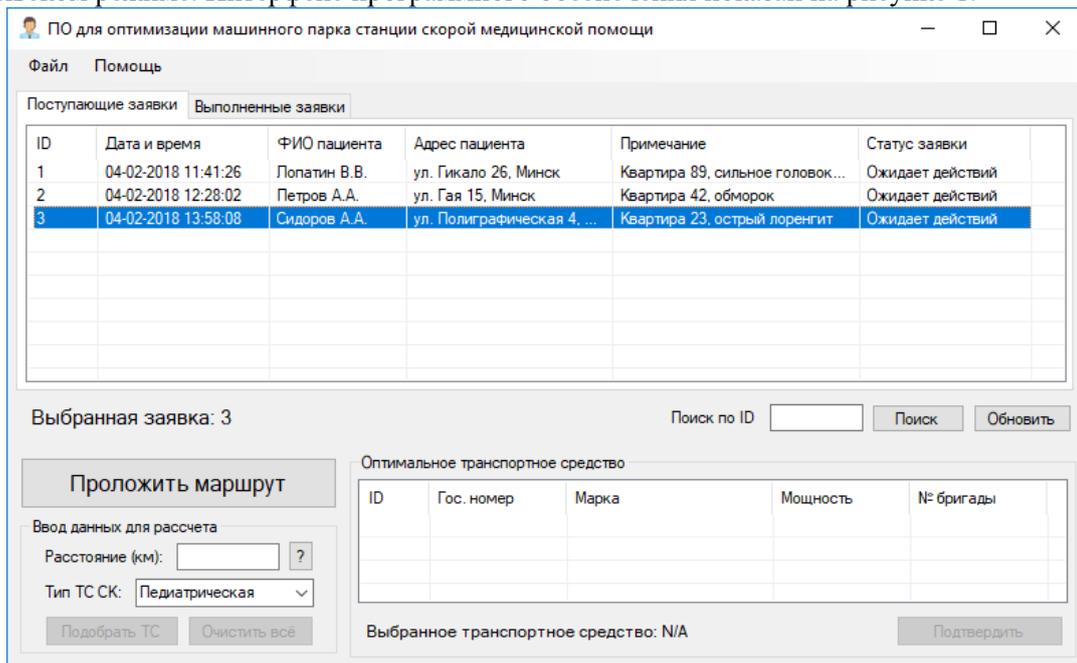


Рис. 1. – Интерфейс программного обеспечения

После выбора одной из текущих заявок, оператору необходимо нажать на кнопку “Проложить маршрут” и на экране монитора будет представлена форма, показанная на рисунке 2, где необходимо принять решения по одному из предложенных системой маршрутов.

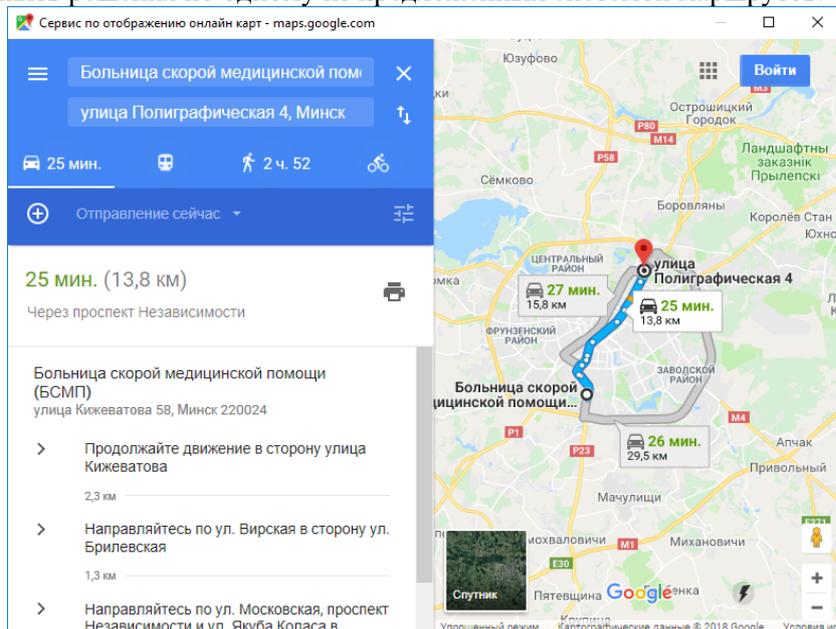


Рис. 2. – Интерфейс программного обеспечения

При работе с данным сервисом у оператора появляется возможность выбрать наиболее подходящий маршрут в режиме real-time из всех доступных на данный момент маршрутов, на которых можно увидеть приблизительное время доезда машины скорой медицинской помощи, расстояние, загруженность пути (пробки) и движение согласно выбранному маршруту. Также присутствует возможность распечатать данный маршрут, нажав на соответствующую кнопку на форме.

После выполнения всех вышеперечисленных действий, оператору необходимо указать километраж и выбрать подходящий тип транспортного средства для пациента. Это необходимо, чтобы система автоматически подобрала наилучший автомобиль и предложила оператору использовать его. Также в данной системе предусмотрена история хранения заявок, отображение и редактирование машинного парка и изменение статуса заявки после её выполнения.

В данном программном обеспечении одним из основных приоритетов является оптимизация больших объемов данных машинного парка станции скорой медицинской помощи. Это различные заявки (статусы, которые допустимы для изменения на протяжении всего взаимодействия с ними, информация от пациентов, время создания заявки и так далее), транспортные средства машинного парка (технические характеристики, состояние, информация о бригаде, закрепленной за тем или иным транспортным средством, и так далее) и многое другое. Работа с большим количеством данных всегда является огромной проблемой для пользователя, поэтому программный интерфейс необходимо сделать максимально информативным, но в то же время и минимально нагруженным для восприятия.

На рисунке 3 показана информация о текущем состоянии машинного парка станции скорой медицинской помощи в котором можно узнать всю необходимую информацию о том или ином транспортном средстве. Каждая из технических характеристик играет огромную роль в работоспособности программного обеспечения на стадии подбора автомобиля. Это такие данные, как мощность, пробег, тип и статус транспортного средства. На примере видно, что парк относительно небольшой, но отображённая информация соответствует всем заявленным требованиям: простоте и удобству в использовании. Также реализован программный поиск, для быстрого выполнения операции с конкретным транспортным средством, а это, несомненно, еще один плюс при работе с большими объемами данных.

ID	Статус	Заявка	Гос. номер	Марка	Тип ТС	Мощность	Пробег	№ бригады
1	Свободно	-	3289AA-5	Fiat Ducato B	Педиатрическая	88 л.с.	13,8	10360
2	Свободно	-	8223IK-7	ГАЗель Бизнес B	Психиатрическая	75 л.с.	0	6697П
3	Свободно	-	8563AB-7	Mercedes-Benz Sprinter Cla...	Реанимация	80 л.с.	0	8532P
4	Свободно	-	4589PP-7	LADA Largus MC-1	Педиатрическая	64 л.с.	0	6758П
5	Свободно	-	1456DG-7	Mercedes-Benz 311 Sprinter...	Психиатрическая	109 л.с.	0	7514П
6	Свободно	-	2534IA-7	LADA Largus MC-2	Педиатрическая	87 л.с.	0	52370
7	Свободно	-	4852SU-7	Mercedes-Benz 311B	Реанимация	109 л.с.	69,1	2379P
8	Свободно	-	7591KA-7	Mercedes-Benz C	Реанимация	108 л.с.	0	5742P
9	Свободно	-	1468YU-7	ГАЗель NEXT C	Реанимация	106 л.с.	0	4475P
10	Свободно	-	6245QA-7	Volkswagen Crafter 35 B	Педиатрическая	109 л.с.	36,45	24570
11	Свободно	-	4524OI-7	Peugeot BOXER	Психиатрическая	160 л.с.	0	5486П

Поиск ID транспортного средства: Выбранно ТС: N/A

Рис. 3. – Интерфейс программного обеспечения с отображением машинного парка станции

В дальнейшем при усовершенствовании системы возможно будет увеличивать объемы хранимой информации путем связи нескольких баз данных по единому ключу, например, такому как ID транспортного средства. Все это необходимо для минимизации больших объемов данных путем разбивки их на определенные сектора (определенные базы данных), для простоты и удобства использования уже конечным пользователем (оператором ПЭВМ).

Заключение

Использование программного интерфейса, значительно повышающее наглядность и простоту осознания выходных данных, становится все более популярным в информационной технологии поддержки принятия решений. Таким образом, методы и программные средства оптимизации работы машинных парков дает возможность ускорить процесс и организовать распределенную систему сбора и обработки информации при работе с большими объемами данных.

Список литературы

1. ERP [Электронный ресурс] – Россия, 2017 – Режим доступа: <http://erp.web-3.ru/html> - Дата доступа: 15.10.2018
2. Харрисон, А. – Управление логистикой / А. Харисон // Издательство: ОлимпБизнес, 2010. – 640 с.
3. Econbooks, Inc. (1999). Диапазон областей применения СППР. [Электронный ресурс] – Москва, 2017 – Режим доступа: <http://econbooks.ru/books/part/10362> - Дата доступа: 19.10.2018
4. Ажеренок, В.А. – Разработка управляемого интерфейса / В.А.Ажеренок, А.В. Островерх, М.Г. Радченко, Е.Ю. Хрусталева. – М.: ООО “1С-Паблишинг”, 2010. – 723 с.

УДК 621.38:61

БИОКЛИМАТИЧЕСКИЕ РЕСУРСЫ САНАТОРИЯ «ЖЕМЧУЖИНА»А.А. НОВАЦКАЯ¹, С.Т. ЗАРЕЦКАЯ¹, А.В. ФЕДЮК², М.М. ЖМИНДА², Н.В. МАЗУР²¹Санаторий «Жемчужина» СУП «АзотСервис», Республика Беларусь²Учреждение образования «Гродненский государственный медицинский университет»,

Аннотация. В данной статье представлена информация о местоположении и климатических особенностях санатория «Жемчужина». Описаны основные виды климатотерапии, а также методы их организации.

Ключевые слова: климатотерапия, ландшафтотерапия, биоклимат, водолечение, термолечение.

Abstract. This article provides information about the location and climatic features of the sanatorium "Zhemchuzhina". The main types of climatotherapy, as well as methods for their organization, are described.

Keywords: sanatorium, climatotherapy, landscape therapy, bioclimate, hydrotherapy, thermal therapy.

В 1967 году в реликтовой дубовой роще на живописном берегу реки Неман начал функционировать профилакторий ГПО «Азот», который осуществлял оздоровление работников предприятия. В 1991 году был построен лечебный корпус водолечебницы с бассейном. С начала 2006 года санаторий «Жемчужина» постепенно начал обновлять свои корпуса. Данная реконструкция продолжалась до 2014 года, после которой «Жемчужина» полностью возобновила свою деятельность на 150 коечных мест.

«Жемчужина» располагается в Гродненской области, на 4,5 км северней от города Гродно. Для области характерен равнинный рельеф, центральное положение занимает Неманская низменность, вытянутая вдоль реки. Большую часть низины занимает зандр, сложенный песчано-гравийными отложениями мощностью 5–20 м. Эти образования постепенно замещаются к югу дельтовой и озерно-ледниковой равнинами. Поверхность зандровых равнин, осложненная многочисленными термокарстовыми западинами с озерами, нередко приобретает бугристо-западинный характер. Характерной особенностью низины является широкое развитие эоловых образований. Наибольшее разнообразие рельефу здесь придают дюны различной формы и с асимметричными склонами, кучевые пески в форме беспорядочно разбросанных холмов, камовые холмы, термокарстовые западины и реже озевые гряды. [1]

Санаторий находится на территории Республиканского ландшафтного заказника «Гродненская пуца», который был основан в 2000-х годах после объединения Гожевского и Сопоткинских заказников. Гродненская пуца является частью одного из крупнейших в Европе лесных массивов. Экосистема, состоящая из лесов Западной и Восточной Европы, образует «зеленые легкие Европы». Заказник был создан с целью сохранения в естественном состоянии ценных природоохраняющих систем, а также сохранения мест произрастания и обитания дикорастущих растений и диких животных, включённых в Красную книгу Республики Беларусь. [1]

Территория санатория и окружающая ее местность характеризуются богатой и многообразной флорой, что обусловлено произрастанием различных растительных сообществ: ива, берёза бородавчатая и обыкновенная, ольха чёрная, ель, дуб черешчатый, осина, сосна обыкновенная, хвощ полевой, иван-чай узколистный, купена, подорожник большой, тысячелистник обыкновенный, чистотел большой, различные виды папоротников. На богатых почвах встречается примесь из липы, вяза, граба. В подлеске чаще встречается можжевельник, малина, лещина, режа - рябина, барбарис, бузина, крушина, ежевика, жимолость, шиповник, боярышник, бересклет.

Многие из растений обладают фитонцидными свойствами: дуб черешчатый, сосна обыкновенная, можжевельник обыкновенный, берёза обыкновенная и другие. Фитонциды — это летучие вещества, которые очищают воздух, обладают антимикробным действием, повышают иммунитет организма. Они, вырабатываются листьями дуба, снижают давление у больных гипертонической болезнью во всех стадиях заболевания. Фитонциды лаванды, душицы, Melissa вызывают успокаивающий эффект, а мяты - вызывают расслабление гладкой мускулатуры кровеносных сосудов, способствуют сосудорасширяющему действию и снимают сердечные боли при ишемической болезни сердца. Фитонциды выделяемые березой, чабрецом, липой расширяют бронхи.

Украшают ландшафтный рисунок различные виды мхов, фиалка, венерин башмачок, кислица, ландыш, перелеска благородная, и многие другие.

На клумбах высаживаются такие цветы как: цинерария, сальвия, бегония, различные виды бархатцев, можжевельник и другие.

Климат умеренно-континентальный с преобладанием воздушных масс с Атлантического океана. Среднегодовая температура воздуха по результатам многолетних наблюдений – +6,5°C.

Зима мягкая со средней температурой $-5,0^{\circ}\text{C}$, самый холодный месяц – январь. Лето тёплое, влажное, средняя температура $+17,7^{\circ}\text{C}$, самый тёплый месяц – июль.

Число часов солнечного сияния от 1750 до 1870 в году.[2] Продолжительность купального сезона более 80 дней.

По количеству среднегодовых осадков территория относится к зоне достаточного увлажнения. За год выпадает 545–600 мм, причем 70% из них наблюдается в теплое время года. Преобладают южные, восточные и юго-восточные направления ветра.

Круглогодично санаторий обеспечивает пациентов различными видами климатолечения: дасотерапия (лесная терапия), талассотерапия (река, бассейн), гелиотерапия (солярий), спелеотерапия (соляная комната), ландшафтотерапия (природные особенности рельефа, разнообразие флоры).

Для оздоровления отдыхающих в санатории используются минеральные воды, лечебные грязи, целебный воздух, экологически чистые натуральные продукты. А также санаторий располагает хорошо оснащенной медицинской базой с комплексом следующих физиотерапевтических процедур. Водолечение – применение воды в виде ванн, душей, обливаний, обтираний, компрессов, обёртываний и т. д. Различные способы наружного применения воды с лечебной и профилактической целью имеют общее действие: температурное, механическое и химическое. Для бальнеолечения применяются различные виды ванн: жемчужные, общие и 4-х камерные гальванические, контрастные, сухие углекислые, лечебные ванны с хвойным экстрактом, с чередой и ромашкой, ванны Клеопатры, йодобромные, морские, с экосапропелью, сероводородные, ванны скипидарные, пантовые, нафталановые, гидромассажные ванны «Hirana» и «Гейзер», а также вихревая ванна для нижних конечностей «Cascad». В качестве питьевого оздоровления используется привозная минеральная вода «Поречье». С 2017 года применяется лечебная минеральная вода «Жемчужина», которую производит «Молочный мир». Обеспечен 100% охват пациентов бальнеолечением.

Термолечение представлено грязелечением, парафиновыми и озокеритовыми аппликациями. Для грязелечения применяются сапропелевые лечебные грязи озера Дикое Дятловского района Гродненской области. Грязи применяются в виде: принятия ванн, местных и общих аппликаций. Теплолечение улучшает кровообращение и микроциркуляцию, обмен в тканях, обладает рассасывающим и противовоспалительным действием, стимулирует трофические и регенеративные процессы.

Для озонотерапии применяется: питьё озонированной дистиллированной воды, подкожные инъекции озона, внутривенное введение озонированного физиологического раствора, орошения, озонорефлексотерапия.

Для оздоровления широко применяется галотерапия, метод профилактики и лечения, основанный на использовании искусственного микроклимата, близкого к условиям подземных соляных пещер. Здесь основным лечебным фактором выступает распыляемый в воздухе сухой аэрозоль природной каменной соли.

Высокоэффективным методом при лечении многих заболеваний является карбокситерапия (подкожные газовые CO_2 инъекции). Он применяется для улучшения кровообращения, лечения заболеваний суставов и позвоночника, а также снятия болевого синдрома.

Лечебный бассейн оснащен: душем-каскадом, разноуровневыми торцевыми массажными пушками, подводными гейзерами, водными тренажерами, аппаратом вертикального вытяжения позвоночника «Аист» и джакузи. Бассейн оборудован русской и финской сауной с зоной отдыха.

В лечебном корпусе находится СПА-капсула «Neo-Q Professional», которая выполняет различные программы по оздоровлению пациентов: жемчужная, антицеллюлитная, нормализация сна, оздоровление мышечной системы, стройный силуэт, моделирование тела с морскими водорослями, омоложение с подтягивающим эффектом. Проводятся различные виды обёртываний: шоколадное, имбирное для тела, термальное, антицеллюлитное, обёртывание волосистой части головы, обёртывание зелёной (косметической) сапропелевой грязью, обёртывание чёрной (косметической) сапропелевой грязью, обёртывание лечебной сапропелевой грязью, льняное обёртывание.

В жилом корпусе «Здоровье» размещён фитобар, где готовятся фиточаи, кислородные коктейли на основе корня солодки с добавлением натуральных соков, сиропа шиповника.

Медицинские услуги санатория оказывают 6 врачей высшей и первой категорий по следующим специальностям: терапевты, диетолог, иглорефлексотерапевт, стоматолог, а также 26 человек среднего медицинского персонала. [3]

Ежедневно каждый отдыхающий получает от 8 до 10 видов оздоровительных медицинских услуг. За период пребывания пациент получает от 80 до 100 процедур.

Для занятия спортом на территории санатория оборудованы спортивные площадки для бадминтона, баскетбола, волейбола, большого тенниса. Имеется тренажёрный зал, который имеет достаточное количество силового оборудования и тренажёров, а также на берегу реки Неман и вокруг санатория проложены туристические велосипедные маршруты по программе трансграничного сотрудничества с республикой Литва и терренкуры для нордической ходьбы.

На территории санатория имеются пешеходные дорожки, мощенные тротуарной плиткой, велосипедные дорожки и терренкуры для нордической (скандинавской) ходьбы. Вдоль дорожек установлены фонари, которые создают приятную атмосферу для вечерней прогулки. В лечебной дубовой роще также обустроены места для рекреации: беседки, качели, скамейки и площадки с мангалами, а также оборудованы 2 детские площадки, одна из которых с антитравматическим покрытием. Дополняют красочный антураж установленные около дорожек малые архитектурные формы, олицетворяющие сказочных героев, а именно русалку, деда Мазая с зайцами, старика с золотой рыбкой и т. д. Выполнены они были на заказ народным мастером Беларуси из Каменца Анатолием Турковым в 2012 году.

Санаторий «Жемчужина» обладает благоприятным биоклиматом и высоким экологическим состоянием ландшафта для организации различных форм климатолечения в течение года. Живописная парковая зона, состоящая преимущественно из реликтовых дубов, которых здесь насчитывается более 200, создаёт прекрасные условия для оздоровительного отдыха. На основе полученных данных был проведен анализ качества медицинских и реабилитационных процедур, результатом которого стало: значительное улучшение – 97,9%, без изменений – 2,03%, ухудшение – 0,07%.

Список литературы

1. Проект международной технической помощи «Менеджмент трансграничных особо охраняемых природных территорий Алитусского уезда и Гродненской области и их интеграция в Общеввропейскую экологическую сеть» (LLB-2-175)/<http://gpf.lt/> - Режим доступа: http://gpf.lt/images/File/Baltarusiai/Biosphere Reserve Concept Paper_Ru.pdf.
2. Организация санаторно-курортной и туристско-оздоровительной деятельности/М. Г. Ясовеев [и др.]; под науч. ред. проф. М. Г. Ясовеева, - Минск: БГПУ, 2016. – 264 с.
3. Аттестационный паспорт санаторно-курортных и оздоровительных учреждений санатория «Жемчужина» СУП «АзотСервис».

УДК 551.508:528.8

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДИАМЕТРА ВИДИМЫХ СОСУДОВ БУЛЬБАРНОЙ КОНЬЮНКТИВЫ ГЛАЗА

¹В.А. ФИРАГО, ²А.И. КУБАРКО

¹Белорусский государственный университет

²Белорусский государственный медицинский университет

Аннотация. В статье описываются конструкция и параметры созданной авторами установки для регистрации цифровых изображений конъюнктивы глаза с пространственным разрешением 2 мкм. Показывается, что использование высокоразрешающей монохромной видеокамеры и импульсной подсветки с помощью светодиодов и оптоволоконной техники позволяет получать качественные видеозаписи изображения сосудов бульбарной конъюнктивы. Приводятся примеры получаемых изображений и обсуждаются алгоритмы обработки видеозаписей, позволяющие получать высококонтрастные цифровые изображения сосудистого рисунка. Большое внимание уделяется алгоритмам трассировки скелета сосудистой сети и методам определения диаметра и площади поперечного сечения сосудов разного калибра. Работа направлена на создание алгоритмов функционирования перспективной цифровой аппаратуры для ранней диагностики сосудистых патологий и подбора лекарственных препаратов.

Ключевые слова: Цифровая микроскопия, Алгоритмы обработки цифровых изображений, Биоинформатика.

Abstract. The article describes the design and parameters of the developed device equipment for recording the digital images of the conjunctival vessels with a spatial resolution of 2 μm . It is shown that the use of high-resolution monochrome video camera and pulse illumination by light-emitting diodes and fibre-optic technology allows obtaining the high-quality video recordings of images of bulbar conjunctiva vessels. Examples of obtained images are given and algorithms for processing the video recordings allowing obtaining the high-contrast digital images of the vascular pattern are discussed. Special attention is paid to the algorithms for tracing the skeleton of the vasculature and methods of determination the diameter and cross-sectional area of vessels of different diameters.

Keywords: Digital microscopy, Image processing algorithms, Bioinformatics.

Введение

Разработке методик выявления сосудистых патологий на ранней стадии продолжает уделяться большое внимание. Одно из перспективных направлений диагностики – оценка параметров сосудов тканей глаза, которые доступны для непосредственного наблюдения [1–6].

При изучении реакции сосудов на воздействия, в том числе и сосудорасширяющих препаратов, большой интерес представляет оценка диаметра и площади сечения внутреннего просвета сосудов. В клинической практике хорошо налажено получение цифровых снимков дна глаза. Ряд исследовательских коллективов [5–8] создали алгоритмы и программы, позволяющие визуализировать сосудистый рисунок на цветных цифровых изображениях дна глаза и оценивать диаметр сосудов сетчатки. К сожалению, фундус-камеры позволяют получать лишь однократные изображения, поскольку дно глаза подсвечивается одним мощным световым импульсом белого цвета. После его воздействия зрачок быстро (за 200 мс) суживается, что осложняет получение следующих изображений. Это препятствует получению достоверных оценок диаметра внутреннего просвета малых сосудов, изображение которых на одном снимке состоит из мелких фрагментов, вследствие наличия промежутков прозрачной плазмы крови между эритроцитами. Поэтому целью нашей работы явилось разработка аппаратуры, алгоритмов и программ для получения цифровых видеозаписей бульбарной конъюнктивы глаза с пространственным разрешением 2 мкм, что позволяет при цифровом накоплении или усреднении по нескольким десяткам кадров проследить все сосуды, включая и капилляры.

Установка и методика получения цифровых изображений конъюнктивы глаза

Установка для получения цифровых видеозаписей тканей бульбарной конъюнктивы собрана на платформе щелевой лампы. Эта платформа позволяет перемещать видеокамеру с блоком импульсной подсветки и устройством визуального наведения и фокусировки по трем координатам x, y, z с фиксацией выбранного положения. Также есть механическая система фиксации лица пациента и возможность смещения камеры вправо и влево [1]. В установке используется монохромная видеокамера Imrex Bobcat IGV-B1410M с объективом от микроскопа. Используется трехкратное увеличение изображения. При этом формируется 10-ти разрядное цифровое изображение 1040×1392 пикселей. Максимальная частота передачи кадров составляет 23.2 Гц. Необходимость использования монохромной камеры обусловлена требованиями получения максимальной чувствительности при требуемом пространственном разрешении видеосъемки, равной 2 мкм.

Поскольку глаз непрерывно двигается, используется периодическая импульсная подсветка снимаемого участка бульбарной конъюнктивы с длительностью 1–2 мс [1]. Диаметр пятна подсве-

чивающего излучения, фокусируемого на выбранный участок склеры глаза, составляет около 3 мм, что согласуется с полем зрения камеры и глубиной резкости формируемого изображения сферической поверхности глаза.

Наилучший контраст изображений сосудистого рисунка обеспечивается при подсветке выбранного участка бульбарной конъюнктивы излучением светодиода с белым цветом свечения и применении полосового оптического фильтра с диапазоном пропускания излучения примерно 510–600 нм. Для улучшения визуального восприятия сосудистого рисунка проводится стабилизация положения последовательности цифровых изображений с помощью специально разработанного корреляционного алгоритма и цифровое усреднение по нескольким десяткам кадров. После цифрового накопления прослеживаются без разрывов практически все капилляры. Поскольку подсветка снимаемого участка склеры ведется под углом к ее нормали, на цифровых изображениях ее сосудов отсутствует световой рефлекс [8]. Наличие светового рефлекса упрощает алгоритмы определения диаметра внутреннего просвета сосудов глазного дна. Обычно выделяют правую и левую ветви контура поглощения излучения сосудом в плоскости перпендикулярной его оси и расстояние между ними на полувысоте принимают за его внутренний диаметр D_v .

Методика определения диаметра и площади внутреннего просвета сосудов

Анализ контуров поглощения излучения подсветки сосудами бульбарной конъюнктивы, полученных при пространственном разрешении 2 мкм, показал, что форма этого контура зависит от диаметра сосуда. Для малых сосудов контур можно приблизительно описать перевернутым гауссовым профилем. Контур поглощения больших сосудов имеет другую форму, описываемую более сложным выражением. Поэтому в наших исследованиях при определении диаметра внутреннего просвета сосуда использовался модифицированный подход, основанный на определении площади S_{ac} контура поглощения и его максимальной высоты h_{ac} . Разделив площадь на высоту можно получить эквивалентный диаметр внутреннего просвета D_{ve} , который для малых сосудов приблизительно пропорционален количеству эритроцитов, прошедших за время усреднения через рассматриваемый участок сосуда. Для более крупных сосудов эта зависимость нарушается, но крутизна спада склонов контура поглощения гораздо больше и использование выражения для вычисления диаметра $D_{ve} = S_{ac}/h_{ac}$ дает достаточно достоверные результаты.

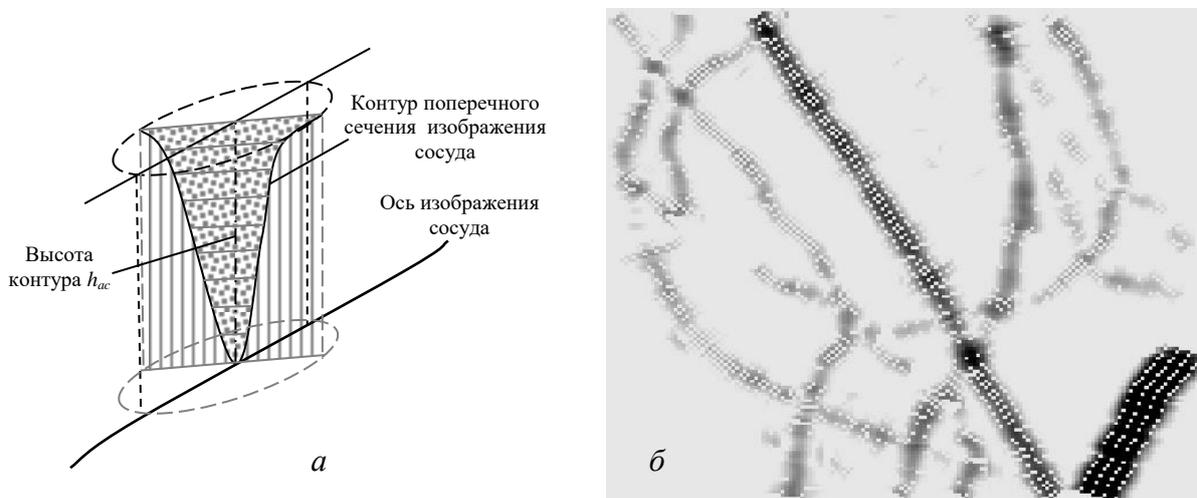


Рис. 1. Иллюстрация, поясняющая способ определения площади поперечного сечения изображения сосуда (а), и обработанный фрагмент исходного изображения склеры, демонстрирующий процесс определения площади поперечного сечения сосудов бульбарной конъюнктивы (б)

На первом этапе алгоритма определения эквивалентного диаметра D_{ve} необходимо провести трассировку скелета сосудистого рисунка, т. е. определить положение осей сосудов. Тогда появляется возможность использования кольцевых структур и определения площади поперечного сечения S_{ac} . Иллюстрация, поясняющая этот процесс, приведена на рис. 1,а. Процесс трассировки скелета сосудистого рисунка осложняется сильной неоднородностью коэффициента рассеяния излучения тканями бульбарной конъюнктивы. Поэтому при создании алгоритма трассировки использовались принципы анализа, свойственные зрительной системе человека, которая легко решает эту задачу. Вна-

чале по аналогии с алгоритмами функционирования нейронов Off-рецептивных полей в области fovea сетчатки глаза определяются локальные минимумы усредненного изображения бульбарной конъюнктивы. При обнаружении локального минимума яркости изображения с координатами i, j радиус R кольцевой структуры или рецептивного поля увеличивается. Для нового значения R определяется зависимость суммы противоположных точек окружности с радиусом R от угла поворота сечения или его направления. Далее находится максимум разностей этой зависимости для перпендикулярных направлений и сравнивается с величиной порога, зависящего от яркости изображения в локальной окрестности точки i, j .

При превышении порога процесс поиска скелета сосуда для текущего локального минимума продолжается. Примерно через 2–3 итерации увеличения R с последующей пороговой обработкой вероятность правильного отнесения к классу сосудов точки локального минимума, находящейся на оси сосуда, становится близкой к единице, и рассматриваемый локальный минимум помечается как ось сосуда. Разработанный алгоритм позволяет за один проход проанализировать каждый пиксель исходного изображения и найти оси всех сосудов с небольшим содержанием ложных точек, относящихся к протяженным неоднородностям склеры со структурой профиля, похожей на капилляры. После трассировки появляется возможность при повторном проходе исходного изображения проводить анализ зависимости площади сечения изображения сосуда от угла поворота. При этом опять используются кольцевые структуры с расширяющимся радиусом R . Определяются зависимости сумм высот противоположных берегов и сумм высот противоположных точек дна русла сосуда от угла поворота контура сечения или его направления. Находя максимум разности этих сумм и расширяя радиус R используемой кольцевой структуры определяем направление контура сечения с максимальной площадью и его правую и левую границы. При определении границ используется сложный критерий, учитывающий скорость изменения крутизны контура при удалении от оси изображения сосуда. После определения границ подсчитывается окончательная площадь изображения сосуда в рассматриваемой точке i, j его оси и рассчитывается эквивалентный диаметр $D_{ve}(i, j)$.

На рис. 1, б представлен обработанный фрагмент исходного изображения склеры, показывающий градациями серого цвета профили изображения сосудов и пиксели, участвующие в определении D_{ve} . Белыми точками отмечены пиксели, которые не участвовали в процессе определения диаметра сосудов. Зрительная система человека при рассматривании получаемых изображений занижает оценку видимого диаметра малых сосудов D_{ve} .

Результаты и обсуждение

Описанный алгоритм позволяет автоматически формировать карту распределения эквивалентных диаметров внутреннего просвета видимых сосудов бульбарной конъюнктивы глаза. Для этого на их монохромное изображение накладывается найденный скелет сосудистого рисунка, раскрашенный палитрой с цветной шкалой значений эквивалентных диаметров. На рис. 2 представлен фрагмент такой карты, полученный для сосудов разного калибра исходного изображения склеры.

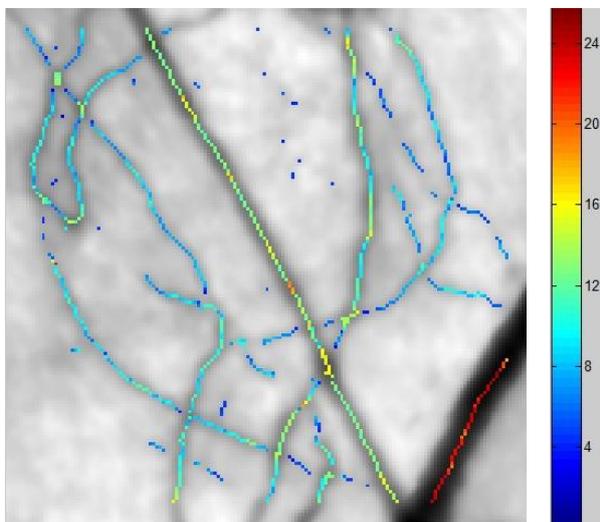


Рис. 2. Карта распределения эквивалентных диаметров внутреннего просвета сосудов фрагмента изображения на рис. 1 и соответствующая цветовая шкала в мкм

Поскольку обработка с помощью кольцевых структур не может распространяться за пределы исходного изображения, на краях рис. 2 остаются области, где определение $D_{ve}(i, j)$ невозможно. Наличие небольшого количества ложных точек иллюстрирует необходимость учета (при дальнейшем развитии рассматриваемого алгоритма) информации о направлении оси сосуда и протяженности связанных цепочек пикселей [9].

На пересечениях сосудов определение диаметра их внутреннего просвета по распределению яркости их изображения невозможно. Поэтому при острой необходимости получить непрерывные фрагменты протяженных участков сосудов с пересечениями алгоритм необходимо дополнить механизмами двумерной

интерполяции продолжения сосудов в точках пересечения.

Более информативными для решения задач анализа микроциркуляторного русла кровеносной системы являются гистограммы распределения эквивалентного диаметра D_{ve} и рассчитанной по его величине эквивалентной площади $S_{ve} = \pi D_{ve}^2/4$. Получаемые гистограммы, примеры которых приведены на рис. 3, имеют несколько мод, которые соответствуют сосудам разного калибра.

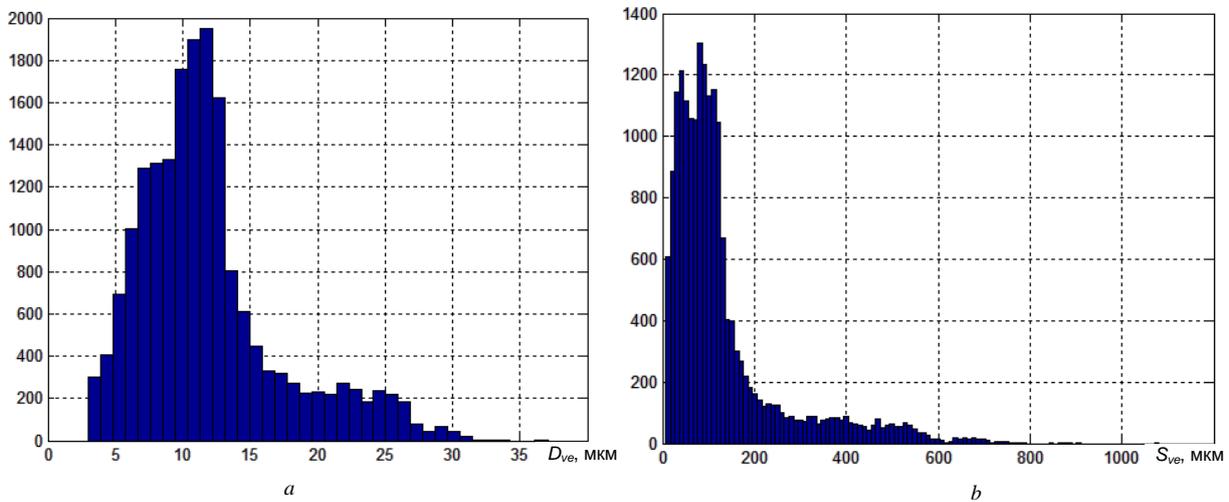


Рис. 3. Гистограммы распределения эквивалентного диаметра (а) и площади (b) внутреннего просвета видимых сосудов бульбарной конъюнктивы, полученные при обработке изображения участка склеры с размерами $2,16 \times 1,7 \text{ мм}^2$

Заметим, что при достаточно большой площади анализируемого участка бульбарной конъюнктивы, равной нескольким квадратным миллиметрам, моды гистограммы сильно перекрываются и сглаживаются, вследствие плавности изменения диаметров внутреннего просвета по мере перехода от артерий к артериолам, капиллярам, венам и венам. Для оценки изменений сосудов при направленных воздействиях на сердечнососудистую систему человека лучше использовать гистограмму распределения площади внутреннего просвета S_{ve} (рис. 3, b), которая более чувствительна к малым изменениям внутреннего просвета сосудов, чем гистограмма распределения D_{ve} . Для ускорения работы описываемого алгоритма не использовались решения, основанные на анализе направления оси сосуда и протяженности связанных цепочек пикселей [9]. Слабоконтрастные участки изображения малых сосудов, вследствие малого количества эритроцитов, давших вклад в контур поглощения, дают искаженное представление о диаметре внутреннего просвета капилляров. Поэтому столбики гистограммы, лежащие на краю ее левого крыла обычно не учитывают и потребность удаления ложных точек с карты распределения диаметра внутреннего просвета сосудов отпадает.

Заключение

Продемонстрированные возможности описанной методики получения и обработки цифровых изображений бульбарной конъюнктивы глаза указывают на перспективность ее применения при исследовании гемодинамики микроциркуляторного русла сосудистой системы. Получаемые гистограммы распределения диаметра и площади внутреннего просвета сосудов бульбарной конъюнктивы могут быть использованы физиологами и врачами при исследованиях кислородного обмена, ранней диагностике сосудистых патологий, подборе сосудорасширяющих лекарственных средств и т. д.

Список литературы

1. Firago V., Kubarko A., Hotra A. Determination of blood flow velocity in vessels of bulbar conjunctiva // *Przegląd Elektrotechniczny*. – 2016, Vol. 92 № 8. – P. 105–108.
2. Lisenko S., Firago V., Kugeiko M. Determination of Structural and Morphological Parameters of Human Bulbar Conjunctiva from Optical Diffuse Reflectance Spectra // *J. of Applied Spectroscopy*. – 2016, Vol. 83, №. 4. – P. 617–626.
3. MacKenzie L., Choudhary T., McNaught A. In vivo oximetry of human bulbar conjunctival and episcleral microvasculature using snapshot multispectral imaging // *Experimental Eye Research*. – 2016, Vol. 149. – P. 48–58.
4. Li J., Zhang X. A. Novel Method for Blood Flow Measurement based on Sclera Images // *2012 4th International Conference on Bioinformatics and Biomedical Technology IPCBEE*. 2012, vol. 29. – P. 74–81.
5. Alabboud I. Human Retinal Oximetry using Hyperspectral Imaging. Submitted for the Degree of Doctor of Philosophy at Heriot-Watt University on Completion of Research in the School of Engineering and Physical Sciences. – 2009. – P. 280.

6. Hotra O., Firago V., Kubarko A. Determination of colour-contrast sensitivity of the retina // *Acta Physica Polonica*. – A-2014, vol. 125, № 6. – P. 1367-1370.
7. Fraz M.M., Barman S.A., Remagnino P. An approach to localize the retinal blood vessels using bit planes and centerline detection // *Computer Methods and Programs in Biomedicine*. – 2012, Vol. 108, № 2. – P. 600-616.
8. Hunter A., Lowell J., Steel D. Non-linear filtering for vascular segmentation and detection of venous beading / *Technical Report University of Durham*. – 2003.
9. Duits R., Almsick M. A. The explicit solutions of linear left-invariant second order stochastic evolution equations on the 2D-Euclidean motion group // *Quarterly of Applied Mathematics*. – 2008, Vol. 66. P. 27-67.

УСТАНОВКА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ АКУСТИЧЕСКОЙ КАВИТАЦИИ В СУСПЕНЗИЯХ КЛЕТОК И ИМИТАТАХ БИОЛОГИЧЕСКИХ СТРУКТУР

А.В. КОТУХОВ, А.М. СКОПЦОВ, В.С. МИНЧУК, Н.В. ДЕЖКУНОВ

УО Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники

Петруся Бровки, 6, Минск, 220000, Республика Беларусь

Аннотация. В работе предлагается усовершенствованная методика исследования кавитации и установка для ее реализации. Приведены результаты испытаний установки, обсуждаются новые результаты, полученные с ее использованием. Установлены закономерности эволюции спектральных характеристик кавитационной области при увеличении интенсивности ультразвука.

Ключевые слова: ультразвук, кавитация, сонодинамическая терапия.

Abstract. The paper proposes an improved methodology for the study of cavitation and installation for its implementation. The results of the installation tests are presented, new results obtained with its use are discussed. The regularities of the evolution of the spectral characteristics of the cavitation region with increasing ultrasound intensity are established

Keywords: ultrasound, cavitation, sonodynamic therapy.

Введение

Кавитация представляет собой явление образования, роста, пульсаций и захлопывания микропузырьков газа под действием переменного давления [1, 2]. Этот эффект играет определяющую роль в ультразвуковой интенсификации физико-химических явлений, используемых в звукохимии [3], и различных технологических процессах.

В последние годы обнаружены новые возможности воздействия ультразвуком в кавитационном режиме на биологические структуры, например: повышение проникающей способности лекарств через мембраны клеток – сонопорация [4], подавление роста опухолевых клеток [5], усиление действия лекарств или выделение лекарств из носителей [6].

Однако закономерности развития кавитационной области изучены недостаточно, а известные в литературе данные во многих случаях противоречивы и характеризуются низкой воспроизводимостью, что сдерживает широкое внедрение передовых ультразвуковых технологий в медицине и технике. В данной работе предлагается методика исследования кавитации, основанная на одновременной регистрации нескольких кавитационных эффектов: звуколюминесценции, кавитационного шума, поглощения ультразвука, нагрева жидкости и спектров кавитационного шума. Разработана установка для реализации данной методики, приводятся результаты испытаний установки.

Установка и методика исследований

Схема установки приведена на рисунке 1. Рабочая емкость представляет собой цилиндр из нержавеющей стали диаметром 100 мм и высотой 160 мм. Через отверстие в дне емкости устанавливается излучатель ультразвуковых колебаний. В данной работе использовались высокочастотный (ВЧ - 720 кГц) фокусирующий излучатель диаметром 40 мм и низкочастотный (НЧ - 34,46 кГц) плоский излучатель диаметром 50 мм. Торец емкости, противоположный излучателю, снабжен конической крышкой с конусом вовнутрь емкости. Поверхность конуса выполнена гофрированной, что обеспечивает при закрытии емкости этой крышкой высокий уровень однородности ультразвукового поля и предотвращает образование стоячих волн. Гидрофон вмонтирован через крышку емкости таким образом, что его приемный пьезокерамический элемент диаметром 2 мм и толщиной 0,25 мм находится за фокальным пятном ВЧ излучателя на расстоянии 25 мм от него. Такая конструкция обеспечивает постоянство уровня жидкости в рабочей емкости и существенно уменьшает площадь поверхности раздела жидкость - газ. Отметим, что в большинстве известных в литературе исследований уровень жидкости не контролировался или контролировался с недостаточной точностью.

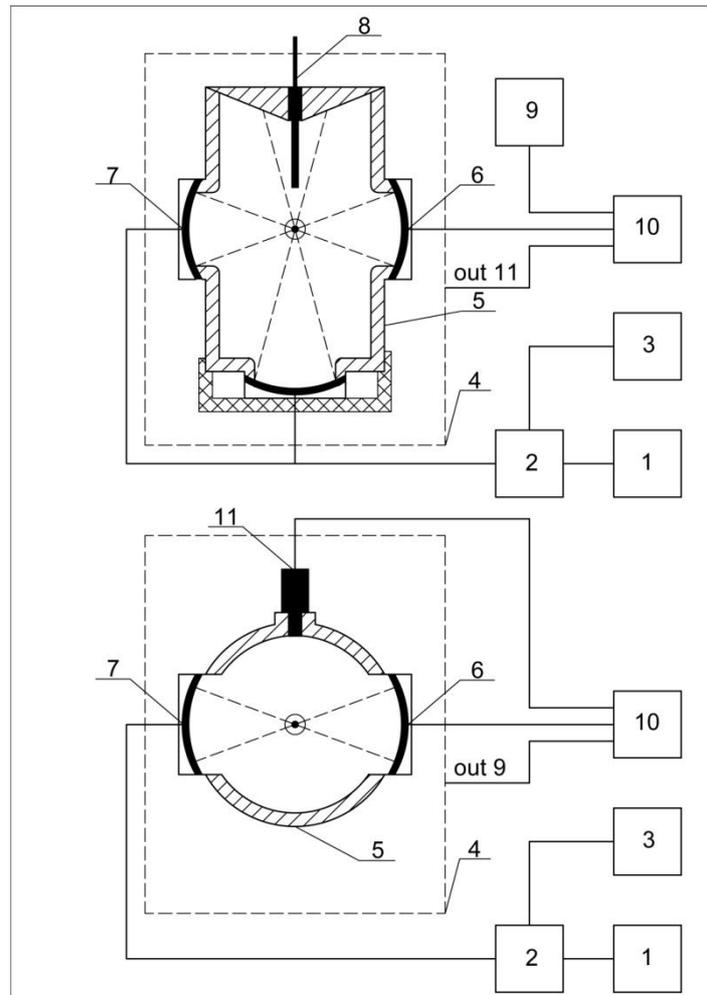


Рисунок 1. Схема экспериментальной установки

1-генератор переменного напряжения частотой f_0 , 2-генератор импульсов, 3-смеситель, 4,6, светонепроницаемый короб, 5-рабочая ёмкость, 6 – приемный пьезоэлемент, 7-излучатель, 8-гидрофон, 9-предусилитель, 10 - запоминающий осциллограф, 11- фотоумножитель

На уровне фокального пятна излучателя в боковой поверхности емкости выполнено три окна. В одном из них установлен фотоумножитель PhillipsXP1110 со световодом диаметром 20 мм, в двух других оппозитно друг другу – фокусирующие высокочастотные (980 кГц) излучатели. Вместо одного из ВЧ излучателей может быть вмонтирован НЧ излучатель и тогда возможно проведение исследований во взаимодействующих ВЧ и НЧ ультразвуковых полях.

Для питания излучателя используется управляемый компьютером генератор УЗГ-08-01 (БГУИР), оснащенный системой автоматического поддержания резонансной частоты (АПЧ).

Методика проведения экспериментов состоит в следующем. Ячейка заполняется рабочей жидкостью и отстаивается в течение двух суток. Затем жидкость дегазируется под действием ультразвука в течение двух часов. Ультразвук при этом включается на 5 минут при напряжении на излучателе 170В ($\approx 10\text{Вт/см}^2$), затем генератор отключается также на 10 минут и так далее. В момент отключения можно наблюдать всплытие больших газовых пузырей диаметром от 0,5 до 2-х миллиметров, образующихся вследствие коалесценции более мелких под действием ультразвука. Как показали эксперименты, предварительная дегазация жидкости существенно повышает воспроизводимость результатов. После дегазации емкость герметично закрывается крышкой конусом вовнутрь.

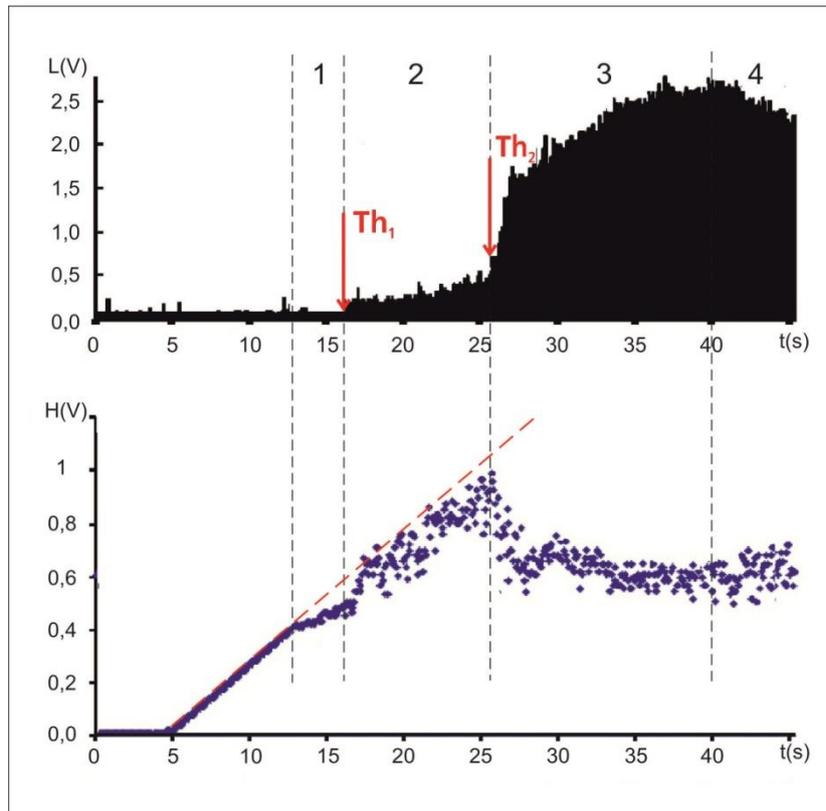


Рисунок 2. Результаты одновременной регистрации выходных сигналов фотоумножителя L и гидрофона H в импульсном фокусированном ультразвуковом поле при плавном увеличении напряжения на излучателе. Период следования импульсов ультразвука $T=100$ мс, длительность импульсов ультразвука $\square = 3$ мс. Вертикальными штриховыми линии отделены различные стадии развития кавитационной области. Скорость роста напряжения на излучателе, задаваемая программно – 7 В/с, температура жидкости – $21 \pm 1,5^\circ\text{C}$

Выходные сигналы фотоумножителя L и гидрофона H (после предварительного усиления) подаются на многоканальный цифровой осциллограф Hewlett Packard 54601A. Для записи спектров акустического сигнала, принимаемого гидрофоном, используется анализатор спектра Hewlett Packard E4411B. В состав установки входит также кавитометр ICA-4D (БГУИР, г. Минск) и блок АЦП (БГУИР, Минск), позволяющий регистрировать и обрабатывать одновременно три параметра, например, напряжение на излучателе, выходной сигнал фотоумножителя и выходной сигнал кавитометра. Потенциально число регистрируемых параметров может быть увеличено до пяти. Для обработки данных разработана программа, которая обеспечивает возможность построения в реальном масштабе времени зависимостей исследуемых параметров от времени и вычисление статистических параметров, как то: максимальное и минимальное значения, среднее значение в ходе одного эксперимента (например, если параметры поля поддерживаются постоянными), среднее по трем измерениям и среднеквадратичное отклонение от среднего.

Ниже приведены результаты испытаний установки, демонстрирующие ее возможности.

Результаты испытаний и их обсуждение

На рисунке 3 приведены результаты одновременной регистрации напряжения на излучателе U, выходного сигнала фотоумножителя L (верхняя зависимость) и выходного сигнала гидрофона H (нижний график) от времени t при плавном увеличении напряжения со скоростью 7 В/с. В докавитационном режиме выходной сигнал гидрофона H увеличивается линейно со временем. Примерно на 13-й секунде после начала эксперимента, отмечено отклонение H от первоначальной прямой в сторону уменьшения наклона зависимости $H(t)$. Сигнал с фотоумножителя регистрируется начиная примерно с 17-й секунды после включения ультразвука. Этот момент отмечен стрелкой Th1- первый порог возникновения звуколюминесценции (ЗЛ). Одновременно с возникновением ЗЛ меняется характер кривой $H(t)$, а именно: появляется значительный разброс сигнала, записываемого осциллографом. При некотором критическом значении напряжения U скорость роста интенсивности ЗЛ увеличивается скачкообразно. Этот момент отмечен стрелкой Th2 - второй по-

рог ЗЛ. Быстрый рост интенсивности ЗЛ сопровождается соответствующим быстрым падением выходного сигнала гидрофона Н.

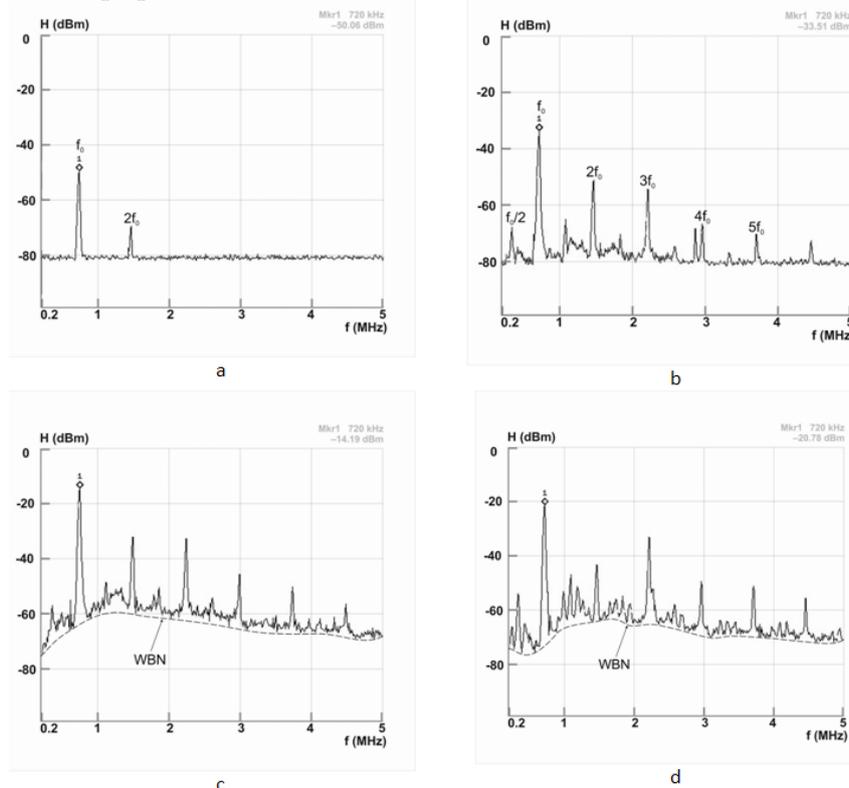


Рисунок 3. Спектры акустического сигнала для различных стадий развития кавитационной области: а - первая, б - вторая, в - третья, д – четвертая стадии развития кавитационной области. Период следования импульсов ультразвука $T=100$ мс, длительность импульсов ультразвука $\tau = 3$ мс. Температура жидкости при регистрации спектров - $21 \pm 2^\circ\text{C}$. Маркером отмечена основная частота - $f_0 = 720$ кГц, штриховой линией показан уровень широкополосного шума – WBN (wide band noise).

Полный акустический сигнал Н является результатом суммирования исходного ультразвукового поля и кавитационного шума. Стабильно пульсирующие полости и коллапсирующие пузырьки снижают акустическую прозрачность кавитационной области.

Захлопывающимися полостями генерируются ударные волны, которые могут быть причиной импульсов повышенной интенсивности – точки выше средней линии $H(t)$. После быстрого роста интенсивность ЗЛ стремится к некоторому предельному значению и затем начинает уменьшаться.

На основании приведенных выше результатов можно выделить 4 стадии развития кавитационной области в поле фокусирующего излучателя: 1 - возникновение пузырьков и их пульсации без генерирования звуколюминесценции; 2 - возникновение свечения и медленный рост интенсивности ЗЛ при слабом увеличении поглощения ультразвука; 3 - быстрый рост интенсивности ЗЛ, сопровождающийся быстрым ростом увеличения поглощения ультразвука в кавитационной области; 4 - состояние насыщения кавитационной области пузырьками. На рисунке 2 эти стадии отделены вертикальными штриховыми линиями.

На рисунке 3 приведены результаты регистрации эволюции спектров кавитационного шума при увеличении интенсивности ультразвука. При интенсивности ультразвука ниже порога кавитации в спектре представлена только основная частота f_0 (рисунок 3а). Первые гармоники $2f_0$, $3f_0$, и $4f_0$ появляются до возникновения ЗЛ (рис. 3б, 3в), т.е. на первой стадии развития кавитационной области. Низкая интенсивность первых гармоник и отсутствие в спектре более высоких гармоник позволяет считать, что объёмная концентрация пузырьков в фокальной области излучателя при этом незначительна и что характер их пульсаций мало отличается от линейных.

Появление в спектре акустического сигнала гармоник $3f_0$, $4f_0$ и более высоких (рис. 3г) связано, по-видимому, с возникновением нелинейно пульсирующих полостей и существенным

увеличением их объемной концентрации. Этот режим соответствует первой стадии развития кавитационной области, когда импульсы ЗЛ еще не регистрируются.

При дальнейшем увеличении Одновременно регистрируются отдельные импульсы звуколюминесценции и появляются первые признаки непрерывной составляющей, частоты $f_0/2$ (субгармоника), а также частоты $nf_0/2$, где $n=2, 3, 4$ и т.д. Одновременно возникает также и звуколюминесценция. Увеличение интенсивности ультразвука приводит к дальнейшему расширению спектра в сторону высокочастотных составляющих возникновению широкополосного шума и повышению интенсивности ЗЛ.

Третья стадия характеризуется быстрым ростом интенсивности высокочастотных гармоник и широкополосной составляющей (рис. 3с). В режиме, соответствующем максимуму интенсивности ЗЛ достигается также и максимальное значение непрерывной составляющей кавитационного шума. Из представленных выше данных следует, что спектральные характеристики кавитационного шума кардинально различаются для каждой из упомянутых выше стадий развития кавитационной области.

Заключение

Предложена усовершенствованная методика исследования кавитации и установка для ее реализации.

Новизна заключается в том, что одновременно регистрируется несколько кавитационных эффектов. Это, в частности, звуколюминесценция, кавитационный шум, поглощение звука в кавитационной области, спектры кавитационного шума. Создана установка для реализации данной методики. Одновременная регистрация нескольких параметров позволяет повысить достоверность выводов о корреляции различных явлений, вызываемых кавитацией, а также существенно расширяет возможности экспериментального исследования динамики генерирования кавитационной области и механизмов генерирования кавитационных эффектов, том числе в суспензиях клеток и биологических структурах.

Приведены результаты испытаний установки, обсуждаются новые результаты, полученные с ее использованием. В частности, выделено четыре стадии развития кавитационной области, различающиеся характером зависимостей регистрировавшихся величин от приложенного к излучателю напряжения. Установлены спектральные признаки кавитационного шума, характерные для каждой из стадий развития кавитационной области. Показано, что характер эволюции активности кавитации во времени при нагреве жидкости различается для различных точек поля: в точках, соответствующих максимуму давления стоячей компоненты волны, активность кавитации уменьшается при нагреве жидкости, а в точках, соответствующих минимальному давлению, активность кавитации вначале растет, достигает максимального значения и затем начинает уменьшаться.

Благодарности

В статье представлены результаты, полученные в ходе выполнения работ по проекту «Разработать и изготовить ультразвуковой кавитационный комплекс (УЗКК)» подпрограммы «Уникальное научное оборудование» государственной научно-технической программы «Эталоны и научные приборы». Авторы выражают благодарность сотрудникам БГУИР В.А. Колтовичу, А.Ф. Грибу и В.А. Гаврилюк за подготовку оборудования для проведения исследований и помощь при проведении измерений.

Список литературы

1. Сиротюк М. Г. Акустическая кавитация. М.: Наука, 2008. 271С.
2. Leighton T.G. Acoustic Bubble.- London.: Pergamon Press, 1995.- 650 P.
3. Маргулис М.А. Основы звукохимии.- М.: Химия, 1986.- 375 С.
4. P. Qin, L. Xu, T. Han, L.F. Du, A.C.H. Yu, Effect of non-acoustic parameters on heterogeneous sonoporation mediated by single-pulse ultrasound and microbubbles, Ultrasonics Sonochemistry, 31 (2016) 107-115.
5. P. D. Costley, C. Mc Ewan, C. Fowley, A.P. McHale, J. Atchison, N. Nomikou, J.F. Callan, Treating cancer with sonodynamic therapy: a review, Int. J. Hyperth. 31 (2) (2015) 107–117.
6. G.M. Hesham, M.M. Ana, A.H. Ghaleb, Review on Triggered Liposomal Drug Delivery with a Focus on Ultrasound, Current Cancer Drug Targets 15 (2015) 282–313.

УДК 613.64 (043.3)

КОМПЬЮТЕРНАЯ СИСТЕМА ДЛЯ ПСИХОЛОГИЧЕСКОЙ РАЗГРУЗКИ СОТРУДНИКОВ ОРГАНИЗАЦИИ

И.Г. Шупейко, А.Ю. Яцкевич, А.Н.Ежов

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
ул. П. Бровки, 6, Минск, 220013, Беларусь*

Аннотация. В статье рассматривается проблема снятия психического напряжения. Обосновывается целесообразность использования для этого современных информационных технологий. Предлагается метод снятия психического напряжения посредством переключения на деятельность иного содержания, способную увлечь и заинтересовать сотрудников. Описывается компьютерная система психологической разгрузки сотрудников организации.

Ключевые слова: стресс, психологическая разгрузка, компьютерная система.

Abstract. The article deals with the problem of relieving psychological stress. The expediency of using modern information technologies for this purpose is reasoned. It is proposed to relieve mental stress by switching to other content activities. The computer system for organisation staff's psychological stress relief is described.

Keywords: stress, stress relief, computer system.

Введение

В современном мире присутствует множество факторов, по причине которых человек испытывает большое количество стрессов. Усталость, нервное напряжение, ответственные дела, взаимоотношения с людьми, суматоха города – все это факторы стресса, вызывающие не только снижение работоспособности, но и нередко становящиеся причинами нервного истощения или даже серьезного заболевания. Чтобы помочь человеку избежать их разрушительного воздействия, можно применять различные способы психологической разгрузки, позволяющие уменьшить степень психического напряжения, как в домашней обстановке, так и во время перерывов в течение рабочего дня в офисе [1, 2, 3].

Методы психологической разгрузки сотрудников

Психологическая разгрузка офисных работников в компаниях Японии и США – обычное явление корпоративной жизни. Например, во многих японских компаниях имеются специальные комнаты психологической разгрузки и релаксации, где в специально оборудованных помещениях можно не только отдохнуть на диване после обеда, но и выместить все накопившиеся негативные эмоции на манекене, внешне напоминающем руководителя.

В СССР достаточно широкое распространение получили кабинеты психологической разгрузки, представляющие собой усовершенствованный вариант комнаты отдыха, в которой созданы оптимальные условия для быстрого и эффективного снятия эмоционального перенапряжения, восстановления работоспособности, проведения психотерапевтических и психогигиенических мероприятий.

В таких кабинетах применяется комплексный метод оптимизации психических процессов, который включает физиологические и психологические средства восстановления работоспособности и предупреждения переутомления эмоционального происхождения [4, 5, 6].

Перечисленные методы борьбы со стрессом на рабочих местах имеют ряд существенных недостатков. Прежде всего они требуют значительных экономических затрат, поскольку предполагают наличие специально оборудованных помещений и привлечение квалифицированного персонала. Эффективность работы комнаты (кабинета) психологической разгрузки существенно зависит от опыта и квалификации специалиста-психолога.

Методика использования кабинетов предполагает либо работу по одной схеме и программе со всеми клиентами, либо индивидуальную работу, требующую больших затрат времени на диагностику особенностей и состояния клиента.

Отмеченные недостатки можно успешно преодолеть средствами современных информационных технологий путем создания специальных компьютерных систем, позволяющих решать проблемы психологической разгрузки сотрудников организации.

Описание компьютерной системы психологической разгрузки

Разработанная нами компьютерная система построена на основе следующей теоретической концепции. Известно, что лучшим способом снятия психического напряжения является переключение на деятельность иного содержания, выполнение которой позволяет отвлечься от всего того, что стало причиной возникновения психического напряжения.

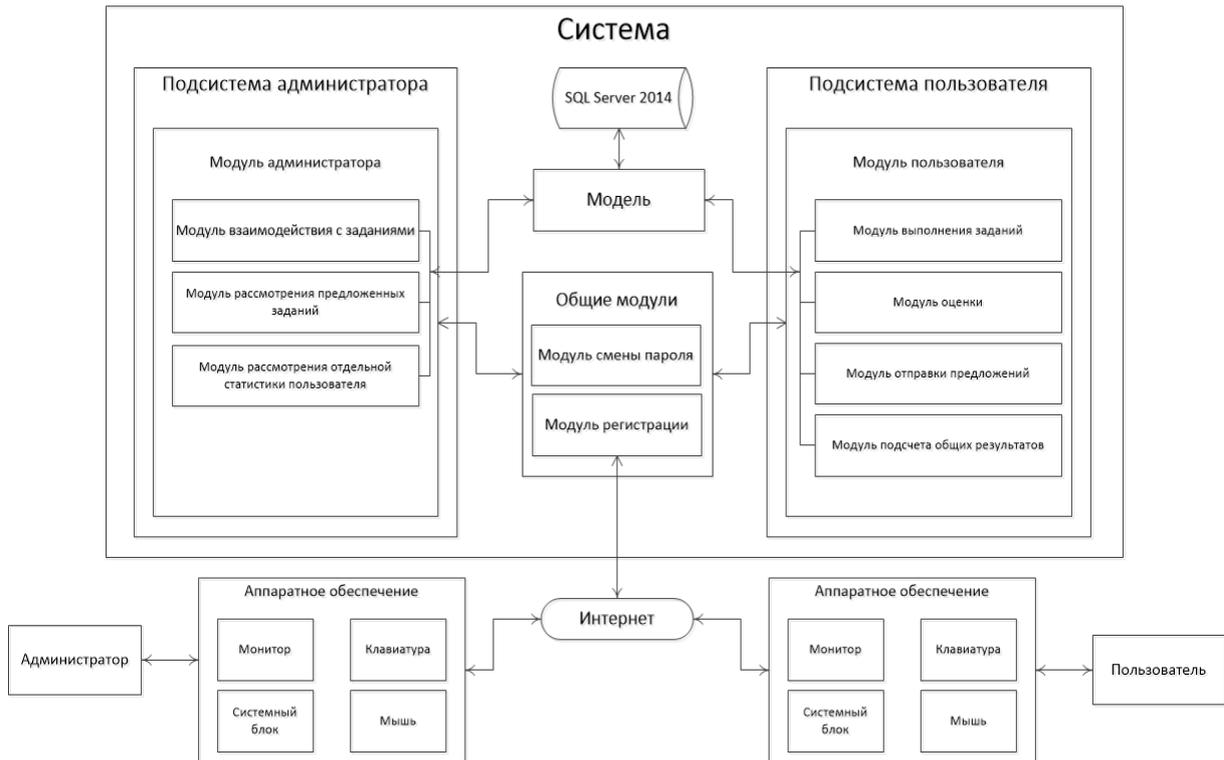


Рис. 1. Структурная схема системы

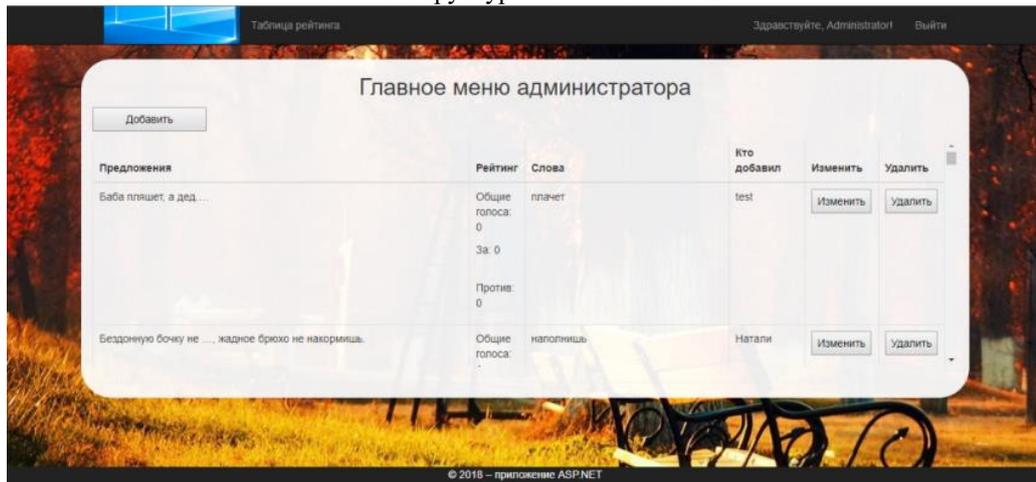


Рис. 2. Скриншот интерфейса администратора

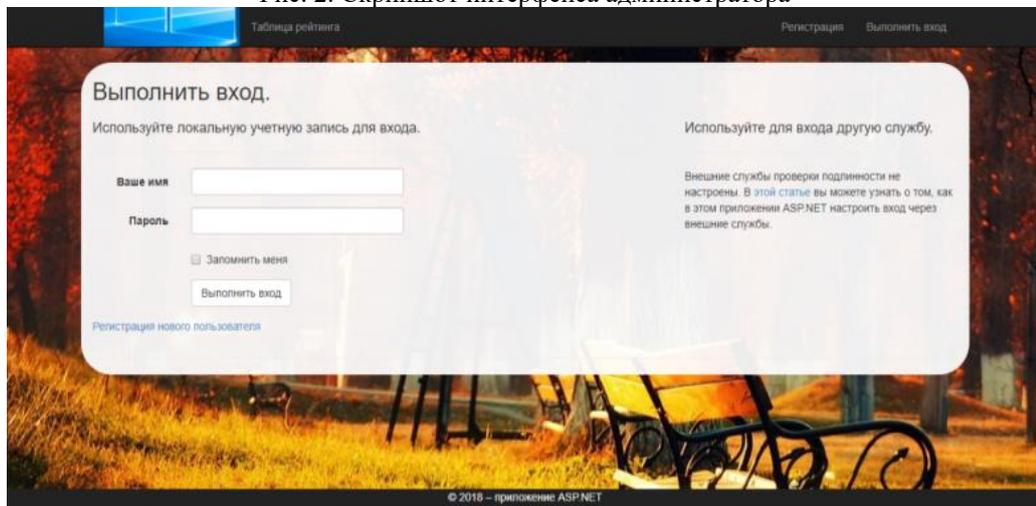


Рис. 3. Скриншот интерфейса пользователя

Заключение

Достоинствами системы является то, что она позволяет: снимать психическую напряженность и предупреждать психологическое выгорание сотрудников, вызванное рутинными условиями профессиональной работы; способствовать общему развитию сотрудников, повышению уровня их общей культуры и эрудиции; создавать условия для улучшения социально-психологического климата в организации.

Система является самодостаточной, она не требует для обеспечения процесса функционирования участия специалиста-психолога, а банк используемых заданий формируется и пополняется самими сотрудниками организации, заинтересованными в ее функционировании.

Список литературы

1. Снятие стресса [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://nperov.ru/zdorove/8-sovetov-kak-snyat-stress-i-napryazhenie-bez-lekarstv-i-alkogolya/>. – Дата доступа: 3.02.2018
2. Стресс в современном мире [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://psyhoday.ru/stress/v-sovremennom-mire.html>. – Дата доступа: 25.01.2018
3. Стресс на рабочем месте [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://volrb.by/stati/stress-na-rabote-sposoby-upravleniya-stressom-na-rabochem-meste/>. – Дата доступа: 11.01.2018.
4. Пути решения проблемы стресса [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.trainings.ru/library/articles/?id=14343>. – Дата доступа: 27.02.2018.
5. Способы управления стрессом [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://79.mchs.gov.ru/document/2569558/>. – Дата доступа: 27.02.2018.
6. Способы снятия стресса и эмоциональная разрядка [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://lyceum87.nnov.ru/psiholog/stati/sposoby-snyatiya-stressa-i-emotsionalnaya-razryadka.html>. – Дата доступа: 05.03.2018.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БИОКЛИМАТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ ЛАНДШАФТНОГО ЗАКАЗНИКА «ОЗЁРЫ» В ОЗДОРОВЛЕНИИ И САНАТОРНО-КУРОРТНОМ ЛЕЧЕНИИ.

Н.В. МАЗУР¹, Л.А.ПИРОГОВА¹, Т.Л.НИКИТЮК¹, Э.С. КАШИЦКИЙ², А.В.ПУТИЛО³,
А.М.КУПРАШЕВИЧ⁴, В.А.КУРАТЧИК⁴

¹*Гродненский государственный медицинский университет, кафедра медицинской реабилитации,*

²*Институт физиологии НАН РБ,*

³*ГНУ «Институт экспериментальной ботаники им. В.Ф.Купревича» НАН Беларуси,*

⁴*ОАО «Санаторий «Озёрный»*

Территория, на которой образован заказник «Озёры», в XV-XVI в. во времена Речи Посполитой и Великого Княжества Литовского, составляла основу двух королевских пуц: Озёрской и Берштанской. Позже во времена Российской империи входила в состав Гродненской пуцы. Закреплением природоохранного режима стало создание ландшафтного заказника республиканского значения «Озёры» в марте 1990 года с целью сохранения в естественном состоянии ценных экологических систем и уникальных природно-ландшафтных комплексов с участием дикорастущих растений и диких животных, относящихся к видам, занесённым в Красную книгу.

Ландшафтный заказник «Озёры» площадью 23870,9 га, расположенный на северо-востоке Гродненского района у границы с Литвой, также захватывает территорию Щучинского района вокруг озера Берштовское. Заказник «Озёры» располагается в пределах Озёрской водно-ледниковой низменности, которая относится к области белорусского Поозерья. Рельеф слабоволнистый, слегка холмистый, с небольшими прерывистыми мореными грядами, островками камовых холмов, редкими озовыми грядами, континентальными дюнами. В сочетании с озёрами ледникового происхождения, участками низменных и верховых болот и долинами рек, которые прорезают территорию заказника, данный рельеф делает ландшафты красочными, и поэтому территория заказника используется для оздоровления и санаторно-курортного лечения [1].

Занимая крайнее северо-западное положение у государственной границы Беларуси с Польшей и Литвой, территория ландшафтного заказника «Озёры» состыковывает природоохранные системы этих государств: через лесные массивы, расположенные к западу от д. Поречье и к северу от г. Гродно, эта территория образует с системой заказников «Гожевский», «Сопоцкинский» естественное природоохранно-миграционное русло, стыкующее через лесные массивы Польши природоохранные системы Беларуси и Польши. Точно также территория ландшафтного заказника «Озёры» через долину р. Ку-

сенка стыкуется с ботаническим заказником «Поречский», расположенным к северу от д. Поречье и, далее, с крупными лесными массивами Литвы, а по долине р. Котры через ландшафтный заказник «Котра» с заповедником «Чяпкялю» (на территории Литвы). Территория заказника «Озёры» является в этом плане единственно возможным вариантом стыковки белорусской и литовской природоохранных систем. [2]

Климат умеренно-континентальный с преобладающим влиянием воздушных масс с Атлантического океана. Обычно зима мягкая со средней температурой -5°C (самый холодный месяц-январь). Лето тёплое, влажное, средняя температура $+18^{\circ}\text{C}$ (самый тёплый месяц-июль). Среднегодовое количество осадков 545-600 мм.

Заказник «Озёры» входит в состав зоны отдыха «Озёры» республиканского значения. Здесь сформирована сеть санаториев, турбаз и мест для отдыха. На территории заказника на берегу озера Белое расположен санаторий «Озёрный», в непосредственной близости от заказника «Озёры» на берегу озера Молочное расположен санаторий «Поречье». Наряду с перечисленными санаториями туристический потенциал заказника «Озёры» составляют база отдыха «Озёры», спортивно-оздоровительный центр «Свитанок» Гродненского центра олимпийского резерва по хоккею с шайбой, турбаза «Химик» хоккейного клуба «Неман» олимпийского резерва и областного совета РГОО «БО-ОР», детские оздоровительные лагеря «Берёзка» и «Дружба», детский оздоровительный центр «Озёры» и агроусадьбы.

Санаторий «Озёрный» основан в 2003 году на базе оздоровительных лагерей «Веснянка» и «Бригантина». Площадь территории санатория 16 га, коечная мощность 394 места. Географические координаты: $55,75^{\circ}$ с.ш., $24,21^{\circ}$ в.д.

В 2012 году учёными института экспериментальной ботаники имени В.Ф.Купревича НАН РБ совместно с соисполнителями ГрГУ им Я.Купалы провели обследование биологического разнообразия основных компонентов природных комплексов и объектов республиканского заказника «Озёры». На основе результатов исследований растительного и животного мира дана оценка рекреационного потенциала заказника, определено экологическое состояние природных комплексов и объектов особо охраняемой природной территории. Специфическими особенностями приземной атмосферы заказника является то, что 88% поверхности земли покрыто лесом, земли под водами 5,2%, земли под болотами-1,9%. Леса занимают доминирующее положение и представлены 12 лесными формациями: сосновые - 70%, берёзовые-14,7%, черноольховые-9, 5%, еловые-4,9%, Встречаются и другие формации: ясеники, клёны, грабы, тополя, насаждения белой акации, ивовых кустарников.

Флора высших сосудистых растений заказника «Озёры» весьма представительна, богата и разнообразна. Это обусловлено многообразием местообитаний и растительных сообществ (лесных, болотных, водных, луговых). На территории заказника встречается значительное количество лекарственных растений таких как баранец обыкновенный, хвоц полевой, сосна обыкновенная, можжевельник обыкновенный, чистотел большой, дуб черешчатый, виды рода ива, очанка, зверобой продырявленный, лапчатка прямостоячая, репешок обыкновенный, лабазник обнаженный, толокнянка обыкновенная, первоцвет весенний, омела белая, болиголов крапчатый, валериана лекарственная, подорожник большой, пустырник пятилопастной, душица обыкновенная, тимьян ползучий, буквица лекарственная, арника горная, полынь горькая, цмин песчаный, тысячелистник обыкновенный, череда трехраздельная и др. [2].

Многие из растений обладают фитонцидными свойствами: сосна обыкновенная, можжевельник обыкновенный, ежевика сизая, полынь обыкновенная, пижма обыкновенная, багульник болотный, бузина красная и др.

Украшают ландшафтный рисунок курортной местности произрастающие виды декоративных растений таких как кувшинка чисто-белая, водосбор обыкновенный, перелеска благородная, виды рода прострел, фиалка, василистник водосборолистный, хохлатка плотная, гвоздика травянка, гвоздика прусская, гипсолюбка пучковатая, армерия обыкновенная, волчегодник обыкновенный, арника горная, венерин башмачок настоящий и мн. др;

Экологическое состояние лечебно-оздоровительной местности санатория «Озёрный», его расположение на живописном берегу озера Белое, состояние ландшафта, наличие курортного парка, обустроенных мест для рекреации (беседки, павильоны, клумбы, спортивные сооружения, маршруты терренкура) отвечает современным требованиям курортной инфраструктуры. Обеспечен 100%-ный охват пациентов видами климатотерапии. В этих целях для оздоровления отдыхающих широко используются следующие методы климатотерапии: дассотерапия (лесная терапия), талассотерапия (озеро, бас-

сейн, аквапарк), гелиотерапия (пляж, солярий), терренкуры (прогулки по пешеходным маршрутам в природно-ландшафтном заказнике «Озёры»), ландшафтотерапия (обусловлена месторасположением в живописной местности).

От воздействия биоклиматических факторов наблюдается положительный эффект у больных с различными заболеваниями бронхо-лёгочной, нервной и других систем. Перестройка компенсаторных реакций наблюдается и в системе кровообращения. Под влиянием климатолечения в условиях санатория «Озёрный» улучшается клиническое состояние, исчезают или уменьшаются жалобы, нормализуется артериальное давление, отмечается улучшение функции сердца, обменных процессов в миокарде, улучшение кровоснабжения сердечной мышцы, на что указывает положительная динамика показателей электрокардиограммы. У большинства больных отмечалось клиническое улучшение, наблюдалось соответствие между минутным объёмом сердца и удельным периферическим сопротивлением сосудов. Всё это указывает на то, что биоклиматические воздействия способствуют нормализации регулирующих механизмов. Под влиянием климатолечения улучшается функциональное состояние центральной нервной системы.

Учёными Гродненского государственного медицинского университета совместно с НАН РБ на основе предложенных Пятигорским государственным НИИ курортологии новых методик оценки курортологического потенциала местности [3] и разработанных новых технологий климатоландшафтной терапии и метеопрофилактики в 2018 году проведена оценка ландшафтно-рекреационного потенциала для оптимальных методов климатолечения и ландшафтотерапии. Ландшафтно-рекреационный потенциал территории санатория «Озёрный», обследованный по принятой в курортологии модульной технологии, оценивается как высокий (Кн=2,51-2,52 балла), обладающий повышенными реабилитационными свойствами и мощным лечебно-оздоровительным действием на организм человека.

Литература

1. Мазур Н.В., Пирогова Л.А., Купрашевич, А.М., Куратчик В.А. Использование климатических факторов в оздоровлении и санаторно-курортном лечении. / Медэлектроника-2015. Средства медицинской электроники и новые медицинские технологии: сб. науч. ст. IX междунар. науч.-техн. конф. (Минск, Республика Беларусь, 4-5 декабря 2015 года. - Минск: БГУИР, 2015-268 с.

2. Отчёт ГНУ «Институт экспериментальной ботаники им. В.Ф.Купревича» НАН Беларуси о научно-исследовательской работе по заданию «Подготовка представления о преобразовании республиканского ландшафтного заказника «Озёры» Согласно договору № 18/7/1.1.13/2012, от 26.03.2012 г.- 80 с.

3. Бенберин В. В., Каиргельдина С. А., Разумов А. Н., Турова Е.А. Основные принципы оценки биоклиматического потенциала курорта Алма-Ата (Казахстан) для медицинских целей. / Вопросы курортологии, физиотерапии и лечебной физической культуры.-№1-2017.- с.51-55.

УДК 615.838.97: 616 – 008.9

ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ МИНЕРАЛЬНОЙ ЛЕЧЕБНО-СТОЛОВОЙ ВОДЫ «ДАРИДА» НА ПАЦИЕНТОВ С МЕТАБОЛИЧЕСКИМ СИНДРОМОМ

Г. Н. ХОВАНСКАЯ, Н. В. МАЗУР, Д.В.НЕВЕРОВИЧ

УО «Гродненский государственный медицинский университет», кафедра медицинской реабилитации

Аннотация. В результате проведенной реабилитации с применением минеральной воды «Дарида» отмечена благоприятная динамика клинических симптомов заболевания. У большинства пациентов - 94,8% исчезали общая слабость, повышенная утомляемость, раздражительность, тревожность, сухость кожи. Кроме того, установлено, что у этих пациентов регистрируются весьма существенные изменения в различных функциональных системах, контролируемых метаболические реакции.

Ключевые слова: медицинская реабилитация, минеральная вода, метаболический синдром, пациенты.

Abstract. As a result of the rehabilitation with the use of mineral water "Darida" marked favorable dynamics of clinical symptoms. In most patients - 94.8% disappeared General weakness, fatigue, irritability, anxiety, dry skin. In addition, it was found that these patients recorded very significant changes in various functional systems that control metabolic reactions.

Keywords: medical rehabilitation, mineral water, metabolic syndrome, patients.

Введение

Современная медицина обладает огромным арсеналом методов лечения и реабилитации. Важное место занимают лечебные физические факторы, которые улучшают центральную регуляцию жизненно важных функций, нормализуют возбудимость и проводимость нервно-мышечного аппарата, центральной нервной системы, вегетативных нервных образований, повышают энергетические ресурсы организма, ускоряют обменные процессы.

Не вызывает сомнений, что физические факторы, включая и факторы природного происхождения (минеральные воды, биологически активные комплексы растительного и животного происхождения, климат), которые давно и успешно применяются в народной и современной медицине, оказывают как специфическое, так и неспецифическое действие на организм человека.

Специфические эффекты, как правило, связаны с физико-химической структурой действующего начала. Однако, не всегда удельный вес, концентрация ионов в минеральной воде, витаминов и биологически активных веществ растительного и животного происхождения, степень гипоксии незначительны и не в состоянии изменить гомеостаз этих параметров в организме человека. Неспецифические эффекты природных физических факторов могут быть связаны с их способностью активизировать саногенетические процессы.

Исследования последних лет убедительно свидетельствуют о важности нарушения метаболических реакций в механизмах развития соматических заболеваний, их хронизации и обострения. Это связано, прежде всего, с тем, что нарушение обмена веществ создают благоприятную почву для снижения функциональных резервов различных органов и систем, способствуют формированию энергодефицитных состояний. Особое место среди метаболических нарушений занимает метаболический синдром, провоцирующий развитие сердечно-сосудистой патологии с неблагоприятным прогнозом – атеросклероз, ишемия миокарда и мозга, инсульт или инфаркт.

В то же время оптимизация обмена веществ, применение факторов, способных оказать стимулирующее влияние на эндокринную регуляцию метаболических реакций, имеет лечебное действие при различных заболеваниях.

Так, оптимизация углеводного обмена введением инсулина применяется не только при сахарном диабете, но и язвенной болезни, постинфарктных состояниях. Выявлено, что природные факторы, в том числе и минеральные воды, оказывают стимулирующее действие на гормональный статус, тем самым оказывая неспецифический лечебный эффект.

Природные минеральные воды (МВ) представляют собой природные коктейли минеральных солей и газов, причем концентрация последних достаточно мала.

Минеральной считается вода, насыщенная минеральными солями, микроэлементами и некоторыми биологически активными компонентами. Воды могут содержать газы: углекислый, сероводород, азот, радон. На поверхность Земли минеральные воды выходят в виде естественных минеральных источников или выводятся из недр при помощи буровых скважин глубиной 300-400 м и более.

Лечебное действие МВ определяется физическими, химическими и биологическими свойствами. Терапевтический аспект воздействия МВ на организм человека зависит от ряда факторов: общей минерализации, ионного состава, содержания специфических элементов (органических микроэлементов, радиоактивных и др.), температуры, реакции среды.

В состав минеральных вод входят практически все содержащиеся в недрах Земли химические элементы. Наиболее распространены катионы Na^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+} и анионы Cl^- , SO_4^{2-} , HCO_3^- .

Минеральная лечебно-столовая вода «Дарида» является сульфатно-хлоридной натриевой. Общая минерализация воды составляет 3,6 г/дм³. Добывается на глубине более 380 метров и образуется в результате растворения минералов, богатых натрием, калием, кальцием, сульфатами, хлоридами, гидрокарбонатами и массой других микроэлементов.

Цель исследования

Целью нашего исследования являлось изучение влияния минеральной лечебно-столовой воды «Дарида» негазированной, а также артезианской воды негазированной «Дарида Аква», (бутилированной по 1,5л) на пациентов с метаболическим синдромом.

Метаболический синдром (МС) - одна из сложнейших медико-социальных проблем современности. Это состояние высокого риска развития сердечно-сосудистых заболеваний. Распространенность МС растет с каждым годом, принимая характер эпидемии, и встречается в среднем у каждого пятого взрослого человека среди населения развитых стран.

Популяционные исследования, проведенные в развитых странах, показали, что около 5-10% взрослого населения имеют проявления МС. Хроническое, часто бессимптомное течение является общей чертой всех его составляющих. При лечении пациентов метаболическим синдромом необходим комплексный подход, чрезвычайно важная роль отводится при этом немедикаментозным методам. Они направлены на снижение массы тела, изменение стереотипов питания, отказ от вредных привычек, формирование здорового образа жизни.

Имеется множество научно-исследовательских работ, которые доказывают, что курортные факторы, в частности, минеральные воды активно влияют на снижение массы тела (в том числе и абдоминально-висцеральной жировой ткани), повышение чувствительности периферических тканей к инсулину, нормализацию показателей липидного и углеводного обмена, снижение артериального давления.

Приведенные свойства минеральных вод обосновывают эффективность их использования при метаболическом синдроме.

Задачи исследования

Провести оценку антропометрических, клинико-метаболических, гормональных показателей, уровня артериального давления, результатов обследования суточного мониторирования артериального давления у больных метаболическим синдромом в исходном состоянии и после курса лечения минеральной водой «Дарида».

Предполагается, что одним из механизмов развития метаболического синдрома является дискоординация секреции инсулина в пищеварительный период: в раннюю фазу скорость поступления гормона в кровь снижается, а в позднюю — увеличивается, тогда как в норме имеет место обратная картина. В связи с этим идет поиск лечебных факторов, способных активизировать энтероинсулярные гормональные взаимодействия, ответственные за адекватную скорость поступления инсулина в кровь при пероральных нагрузках. В этом плане особый интерес представляют минеральные воды, в механизме действия которых при их внутреннем приеме большое значение придается их стимулирующему влиянию на секрецию гастроинтестинальных гормонов, обладающих инсулинопотропным действием. Учитывая большое внимание к проблеме метаболического синдрома, представляет интерес изучение возможности питьевого применения минеральных вод различного состава и их воздействие на основные патогенетические механизмы МС.

Материал и методы исследования

На базе Гродненской областной клинической больницы медицинской реабилитации нами отобрана группа пациентов из 25 человек с метаболическим синдромом (1 группа), которым на условии добровольного согласия была предложена программа питьевого режима минеральной водой «Дарида».

При диагностике ожирения рассматривали показатели антропометрии, рекомендованные ВОЗ для исследования пациентов с избыточной массой тела и ожирением.

Массу тела оценивали по индексу Кетле (ИК) – отношение массы тела (кг) к росту (m^2). Нормальная масса тела диагностировалась при ИК 18,5–24,9 $кг/m^2$, избыточная масса тела – при ИК, равном 25,0–29,9 $кг/m^2$, ожирение 1-й степени – при ИК 30,0–34,9 $кг/m^2$, ожирение 2-й степени – при ИК 35,0–39,9 $кг/m^2$ и ожирение 3-й степени – при ИК свыше 40,0 $кг/m^2$. Критериями абдоминального ожирения считали окружность талии (ОТ) больше 94 см у мужчин и больше 80 см у женщин.

Все пациенты с метаболическим синдромом получали рекомендации по диете и питьевому режиму минеральной воды.

Назначалось питьевое лечение - прием минеральной воды в дозе 3-4 мл на 1 кг массы тела 3-4 раза в день за 10-20 минут до еды. У всех пациентов до и после курса реабилитации (длительность которого составляла 18-21 день) в крови натощак определялись следующие показатели: общий анализ крови, биохимический анализ крови: в том числе, определение глюкозы, общего холестерина.

Для оценки нормальных значений исследуемых параметров были привлечены 22 практически здоровых (2 группа) добровольца (4 мужчин, 18 женщин) средним возрастом $42 \pm 2,6$ года.

Оценка эффективности проводилась с учетом антропометрических, клинико-биохимических, гормональных показателей и результатов кардиоритмографии, измерения АД.

Использовались следующие критерии:

«Значительное улучшение» - характеризовалось существенным улучшением общего состояния, полнотой и скоростью исчезновения клинических симптомов, хорошей динамикой массы тела (снижение массы тела более 3 кг), ИМТ, нормализацией показателей углеводного обмена, липидограммы, уровня инсулина, уменьшением проявлений сопутствующих заболеваний.

«Улучшение» - критерий с заметным улучшением состояния, снижением массы тела и положительной динамикой антропометрических показателей, углеводного и липидного обмена, уменьшением проявлений сопутствующих заболеваний.

«Незначительное улучшение» - когда имеется достаточно четкий клинический эффект, но основные лабораторные показатели, проявления сопутствующих заболеваний не обнаруживают благоприятных сдвигов.

При отсутствии положительной динамики в клинических и лабораторных показателях или незначительных сдвигах в них эффект оценивался как состояние «без улучшения».

Материалы и обсуждение

При проведении реабилитационных мероприятий, нами было проанализировано состояние углеводного, липидного и белкового обмена, а также антропометрические показатели (см. табл. 1).

Установлено, что у этих пациентов регистрируются весьма существенные изменения в различных функциональных системах, контролирующими метаболические реакции.

Таблица 1. Динамика гормональной регуляции метаболических реакций (до и после)

индекс массы тела	31,4±0,18**	26,8±0,44
глюкоза, ммоль/л	5,89±0,08**	4,89±0,24
холестерин, ммоль/л	5,97±0,06**	4,12±0,17
	*	
триглицериды	1,98±0,05	1,82±0,12
общий белок, г/л	73,4±0,84	72,0±1,85
альбумин, г/л	47,0±0,61*	43,0±1,24
креатинин, г/л	85,4±0,79	85,3±1,91

В исследование были включены пациенты, среди них женщин было 13 (52 %), мужчин – 12 (48 %). Основную группу составили лица в возрасте от 41 до 60 лет (72,4%). Длительность наличия абдоминального ожирения от 5 до 10 лет регистрировалась у 44,1%, более 10 лет у 50,2% обследованных.

Согласно классификации ВОЗ (1998г) избыточная масса тела определена у 13,7%, ожирение I степени - 43,8%, ожирение II степени - 42,5% пациентов. Наиболее часто больные не были удовлетворены своим внешним видом, особенно женщины (80,6%). Нередкими были симптомы характеризующие состояние нервной системы - общая слабость, повышенная утомляемость, раздражительность, тревожность, снижение настроения (36,3 - 78,1%).

На повышенную потливость жаловались 29,5% больных. Нарушение сна в виде сонливости определено у 61,8% пациентов.

У части пациентов определялись такие симптомы, как сухость кожи, сухость во рту - 26,9%, признаки гиперандрогении у женщин 11,3%, боли в суставах у 34% пациентов, нарушение менструального цикла, снижение потенции - 26,3%.

Все пациенты имели абдоминальное ожирение. Из других компонентов метаболического синдрома артериальная гипертензия определена у 19 (76 %) пациентов. Среднее САД по группе с приемом гипотензивных средств составило - 132,21 ±1,21 мм рт. ст., ДАД - 85,51±1,1 мм рт. ст. У пациентов без приема гипотензивных средств САД было в пределах 144,5±1,61, ДАД - 95,0±1,31 мм рт. ст.

Показатели липидного обмена у лиц с МС существенно отличались от контрольной группы. Средний уровень глюкозы по всей обследованной группе составил 5,6±0,12 ммоль/л (у здоровых - 4,2±0,11 ммоль/л; p<0,05). Среди обследованных пациентов определены лица с нарушением толерантности к глюкозе (5 человек - 20%).

Заключение

Таким образом, в результате проведенной реабилитации с применением минеральной воды «Дарида» отмечена благоприятная динамика клинических симптомов заболевания. У большинства пациентов - 94,8% исчезли общая слабость, повышенная утомляемость, раздражительность, тревожность, сухость кожи. Пациенты отмечали уменьшение сухости во рту, потливости, повышение

настроения. Несколько реже наблюдалось исчезновение болей в суставах (40,9%) и снижение одышки при физической нагрузке (57,9%).

Наблюдалась тенденция к снижению массы тела, уменьшению окружности талии, снижению уровня холестерина и нормализации артериального давления.

Пациенты с МС с ИМТ 25,0-29,9 теряли в массе тела до $2,7 \pm 1,3$ кг, средняя масса тела к концу лечения составила $74,8 \pm 2,2$ кг. У лиц с ИМТ 30,0-34,9 наблюдалась более значительная потеря веса, которая составляла $3,2 \pm 1,2$ кг, а средняя масса тела к концу лечения - $89,1 \pm 2,1$ и ещё значительнее теряли массу тела пациенты МС с ИМТ 35,4-39,9; средняя масса которой к концу лечения снизилась до $98,2 \pm 2,1$ кг. В динамике реабилитационных мероприятий частота нормализации и улучшения первоначально патологических показателей липидного обмена была достаточно высокой.

При всем обилии и разнообразии существующих методик лечения подавляющее число пациентов с МС не требуют дорогостоящей фармакологической терапии или хирургических операций. При любой тактике ведения пациентов с МС для получения и сохранения результата лечения все виды терапии должны обязательно сочетаться с рациональным питанием и водно-питьевым режимом, оптимальной физической активностью и обязательным использованием методов повышенной мотивации.

Список литературы

1. Ботвинева, Л. А. Питьевые минеральные воды в профилактике начальных нарушений углеводного обмена на федеральных курортах Кавказских минеральных вод : «Современные тенденции и перспективы развития курортного дела в Российской Федерации» : материалы Международного научного конгресса, Кисловодск, 27 – 29 мая 2018 г / Л. А. Ботвинева, Самсонова Н. А., Купцова Е. Н., Матиенко М. И. // Вопросы курортологии, физиотерапии и лечебной физической культуры. – 2018. Т. 95, вып. 2. – С. 33-34.

Курортология / под ред. Разумова А. Н., Турова Е. А. – Москва, 2017. С. 147-149.

УДК 616.721-002.77-085.814.1

ВЛИЯНИЕ ОБЩЕЙ ГАЗОВОЙ КРИОТЕРАПИИ НА АКТИВНОСТЬ ПРОВОСПАЛИТЕЛЬНЫХ ЦИТОКИНОВ У ПАЦИЕНТОВ РЕВМАТОИДНЫМ АРТРИТОМ

Л.А. МАЛЬКЕВИЧ, А.И. УСТИНОВА, С.М. КОШИНА

УО «Белорусский государственный медицинский университет»

Аннотация. Приведены результаты исследования влияния общей газовой криотерапии (ОГКТ) на динамику провоспалительных цитокинов у больных ревматоидным артритом (РА).

В результате проведенных исследований установлено, что в период обострения у пациентов с РА наблюдается значительное повышение уровня ИЛ-6 и ИЛ-8. После курса общей криотерапии у этой категории пациентов наблюдается тенденция к снижению показателей ИЛ-6 и ИЛ-8. Фактор некроза опухолей альфа (α -ФНО) также относится к провоспалительным цитокинам, стимулирует пролиферацию и дифференцировку нейтрофилов, фибробластов, Т- и В-лимфоцитов. Под влиянием общей газовой криотерапии снижения α -ФНО достоверно не наблюдалось.

Ключевые слова: общая газовая криотерапия, ревматоидный артрит, интерлейкин-6, интерлейкин-8, фактор некроза опухолей.

Abstract. The influence of general gas cryotherapy (GOST) on the dynamics of pro-inflammatory cytokines in patients with rheumatoid arthritis study results were presented. As a result of the research, a significant increase in the level of IL-6 and IL-8 is observed in the period of exacerbation in patients with rheumatoid arthritis. After a course of general cryotherapy in this category of patients, there is a tendency to a decrease in IL-6 and IL-8 levels. The tumor necrosis factor alpha (α -TNF) refers to pro-inflammatory cytokines and stimulates the proliferation and differentiation of neutrophils, fibroblasts, T- and B-lymphocytes. General cryotherapy provides no significant changes in α -TNF dynamics at this stage.

Key words: general gas cryotherapy, rheumatoid arthritis, interleukin-6, interleukin-8, tumor necrosis factor.

Введение

Ревматоидный артрит (РА) – хроническое системное соединительно-тканное заболевание с прогрессирующим поражением преимущественно периферических (синовиальных) суставов по ти-

пу эрозивно-деструктивного полиартрита. Ведущим клиническим проявлением у пациентов РА является прогрессирующая артропатия с развитием деформации и анкилоза суставов, в лабораторных исследованиях отмечается высокая активность провоспалительных цитокинов, которые являются важнейшими медиаторами острого воспаления [1]. В период обострения у данной категории пациентов превалирует болевой синдром. Острые боли ограничивают подвижность суставов, снижают двигательную активность, заставляют пациентов принимать вынужденное положение тела и приводят к утрате работоспособности. В патогенезе РА ведущую роль играет аутоиммунный механизм инициации неспецифического воспалительного процесса в соединительной ткани суставов. Количественные определения содержания ИЛ-6, ИЛ-8, α -ФНО имеют важное значение для определения иммунного статуса организма.

Интерлейкин-6 (ИЛ-6) представляет собой гликопротеин с $M=21-28\text{kDa}$, является плейотропным цитокином с широким спектром биологической активности. ИЛ-6 регулирует иммунный ответ, воспаление, онкогенез и гемопоэз, играет ключевую роль в развитии воспаления и иммунного ответа на инфекцию и повреждение тканей. ИЛ-6 участвует в активации Т-лимфоцитов, индуцирует синтез многих острофазовых белков, может оказывать гормоноподобное действие на печень, поддерживая гомеостаз глюкозы. Повышенный уровень ИЛ-6 наблюдается при многих патологических состояниях (гломерулонефрит, псориаз, при травмах, ишемии, ожогах и др.). ИЛ-6 является одним из главных медиаторов повреждения тканей. Метод определения ИЛ-6 основан на твердофазном иммуноферментном анализе с применением моноклональных антител к интерлейкину-6.

Интерлейкин-8 (ИЛ-8) – самый ранний провоспалительный цитокин, относится к СХС-хемокинам и является мощным хемотаксическим и активирующим фактором для нейтрофилов. ИЛ-8 представляет собой протеин с молекулярной массой 8kD и продуцируется многими клетками, включая моноциты/макрофаги, Т-клетки, нейтрофилы, фибробласты и др. Наряду с другими цитокинами ИЛ-8 участвует в процессах стимуляции и дегрануляции лейкоцитов, ангиогенезе, способствует миграции фагоцитов в очаг воспаления и вызывает синтез молекул адгезии. Повышенный уровень ИЛ-8 наблюдается у пациентов с тяжелыми бактериальными инфекциями, СКВ, гломерулонефритом и др. Метод определения ИЛ-8 основан на твердофазном иммуноферментном анализе с применением моноклональных антител к интерлейкину-8.

Фактор некроза опухолей альфа (α -ФНО) относится к провоспалительным цитокинам, проявляет избирательную цитотоксичность в отношении некоторых опухолевых клеток, активирует гранулоциты, макрофаги, эндотелиальные клетки, остеокласты и хондроциты, стимулирует пролиферацию и дифференцировку нейтрофилов, фибробластов, Т- и В-лимфоцитов, усиливает поступление нейтрофилов из костного мозга в кровь, обладает противоопухолевой и противовирусной активностью. Метод определения фактора некроза опухолей основан на твердофазном иммуноферментном анализе с применением антител к α -ФНО.

Несмотря на наличие множества медикаментозных и реабилитационных средств, терапия РА не дает желаемого эффекта, заболевание прогрессирует и приводит к полной утрате трудоспособности. При высокой степени активности физиотерапия применяется ограниченно, однако, в последние годы актуальным становится использование криогенных технологий (воздействие холодом – локальная и общая газовая криотерапия (ОГКТ)). [2,3]

Цель исследования: Оценить динамику активности провоспалительных цитокинов до и после проведения общей газовой криотерапии у пациентов ревматоидным артритом.

Материалы и методы

Отбор пациентов-добровольцев, страдающих ревматоидным артритом, в «исследуемую и контрольную группы» проводился с учетом возраста, пола, степени активности воспалительного процесса (С-реактивного протеина (СРП), ревматоидного фактора (РФ), степени функциональной недостаточности опорно-двигательного аппарата (функциональный тест, подвижность и объем движений в пораженных суставах, функциональные нагрузочные пробы), показаний и противопоказаний для физиотерапии. Исследование выполнено на основе клинического наблюдения за 18 добровольцами, страдающими РА с нарушением моторной функции. После клинических и лабораторных обследований пациенты включались в научно-исследовательский протокол. Состояние добровольцев оценивалось до процедуры ОГКТ и после курса лечения. Все пациенты получали традиционное медикаментозное лечение, которое включало в себя нестероидные противовоспалительные препараты.

тельные препараты и препараты базисной терапии, в частности – метотрексат. Возраст пациентов от 31 до 65 лет. Длительность заболевания в среднем составила $102 \pm 6,6$ месяцев.

У пациентов РА отмечалась II степень активности РА. По клинико-иммунологической характеристике у 14 пациентов наблюдался серопозитивный РА, у 4 – серонегативный. У всех пациентов течение РА сопровождалось одновременным поражением коленных, голеностопных, лучезапястных, межфаланговых суставов кистей и стоп (средний индекс количества пораженных суставов – 5 ± 1).

Общая аэрокриотерапия проводилась с помощью аэрокриотерапевтического комплекса «КРИОМЕД 20/150-01» г. Москва, Россия. Установка предназначена для гипотермической стимуляции и тренировки системы терморегуляции, периферического кровообращения и эндокринной системы. Температура в камере при проведении процедуры колеблется от -100°C до -175°C , длительность процедуры от 60 до 180 сек. Противопоказаниями для общей газовой криотерапии являлись: наличие висцеральных проявлений (поражения со стороны внутренних органов) при воспалительных спондилоартритах, психоэмоциональная неподготовленность пациента и его отрицательное отношение к данному методу, острые инфекционные заболевания (ОРВИ, грипп, острый бронхит и др.) на момент исследования.

Для исследования влияния криогенных процедур на активность провоспалительных цитокинов изучалась динамика уровня сывороточного интерлейкина-6 (ИЛ-6), сывороточного интерлейкина-8 (ИЛ-8) и фактора некроза опухолей альфа (α -ФНО) методом твердофазного иммуноферментного анализа.

Результаты исследования

В период обострения у пациентов ревматоидным артритом наблюдается значительное повышение уровня ИЛ-6 и ИЛ-8 в равной мере в контрольной и исследуемой группах (ИЛ-6 составил соответственно $5,8 \pm 0,3$ пг/мл и $6 \pm 0,3$ пг/мл, ИЛ-8 – $6,2 \pm 0,5$ пг/мл и $6 \pm 0,3$ пг/мл).

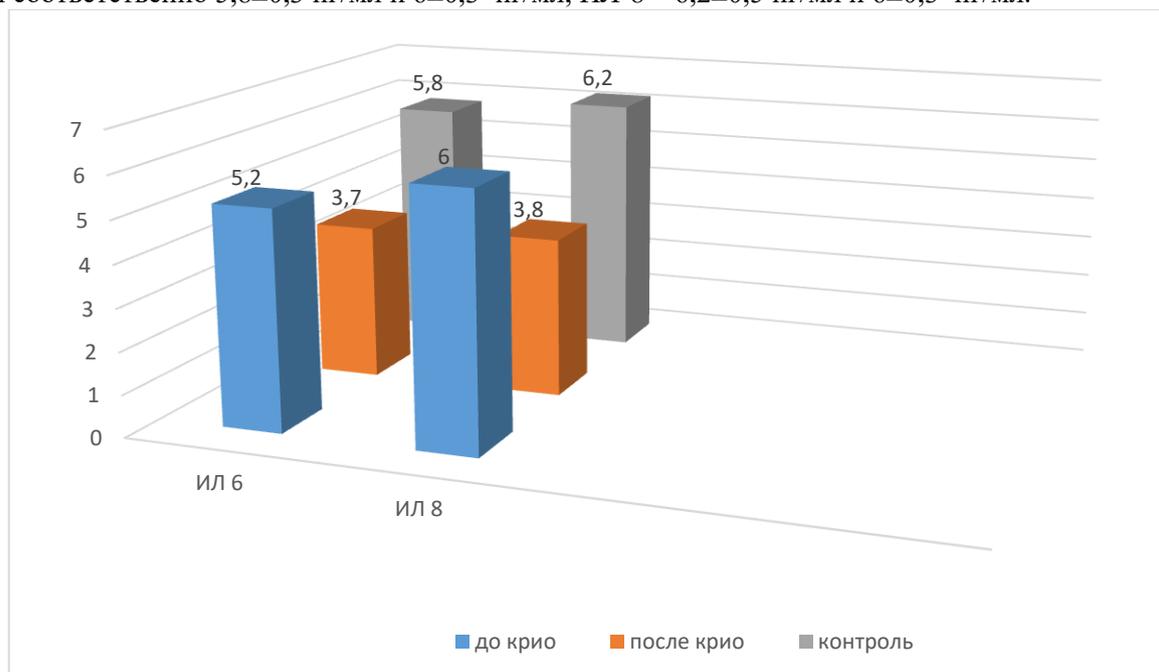


Рисунок 1 – Уровень ИЛ-6 и ИЛ-8 у пациентов ревматоидным артритом до и после курса общей газовой криотерапии.

Под влиянием общей газовой криотерапии в исследуемой группе наблюдается тенденция к снижению показателей ИЛ-6 (до $3,7 \pm 0,3$ пг/мл) и ИЛ-8 (до $3,8 \pm 0,3$ пг/мл) ($p=0,03$) (рис. 1). Снижение уровня острофазовых цитокинов в течение короткого времени после криотерапии способствовало купированию воспаления и, как следствие, уменьшению болевого синдрома и увеличению объема движений в пораженных суставах. У пациентов исследуемой группы наблюдали уменьшение утренней скованности и увеличение объема движений в пораженных суставах на $10-12^{\circ}$ ($p<0,05$). Снижение активности ИЛ-6 и ИЛ-8 после общей газовой криотерапии может свидетельствовать об инициации быстрого (стрессорного) противовоспалительного ответа в сравнении с

группой контроля, у пациентов которой на фоне базисной терапии существенного снижения ИЛ-6 и ИЛ-8 не наблюдалось ($5,8 \pm 0,5$ пг/мл и $6,2 \pm 0,9$ пг/мл соответственно) ($p > 0,05$).

Фактор некроза опухолей альфа (α -ФНО) относится к провоспалительным цитокинам, запускающим процесс грануляционного воспаления с замещением пораженной синовиальной ткани фиброзом и последующей утратой суставом его функциональных способностей. В исследуемой и контрольной группах исходный уровень α -ФНО составил $4,84 \pm 0,2$ пг/мл и $5 \pm 0,3$ пг/мл соответственно. После курса процедур общей газовой криотерапии достоверных изменений уровня α -ФНО не наблюдалось ($4,7 \pm 0,2$ пг/мл в исследуемой группе, в контрольной – $5 \pm 0,3$ пг/мл) ($p = 0,09$) (рис. 2).

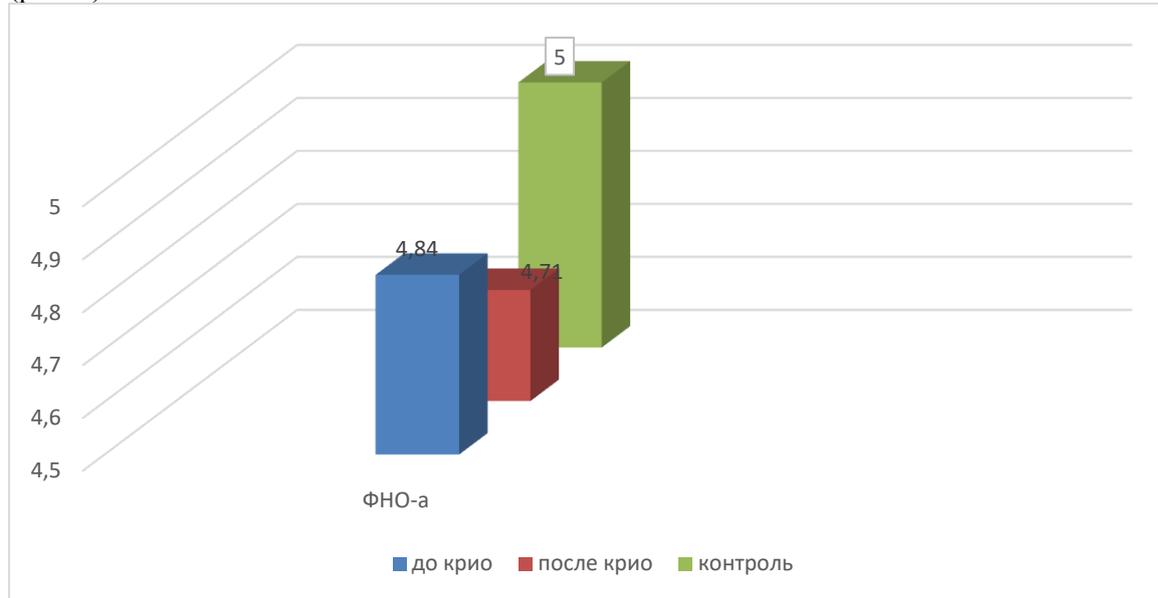


Рисунок 2 – Уровень α -ФНО у пациентов ревматоидным артритом до и после курса общей газовой криотерапии.

Вероятно, что для реализации эффекта ОГКТ по снижению α -ФНО требуется более длительный временной интервал, поскольку аутоиммунный процесс сложен по своему генезу и вполне возможно, что существенное снижение цитокинов острой фазы РА (ИЛ-6 и ИЛ-8) должно оказать влияние на общий патогенез заболевания.

У пациентов исследуемой группы по окончании курса лечения отмечены субъективно значительное улучшения самочувствия, подвижности и настроения, после проведения курса ОГКТ все пациенты отмечали улучшение физической активности и сна.

При проведении процедур ОГКТ не наблюдалось неблагоприятных побочных явлений и осложнений ни во время проведения процедуры, ни после ее завершения.

Заключение

В результате проведенных исследований установлено, что в период обострения у пациентов ревматоидным артритом наблюдалось значительное повышение уровня ИЛ-6 и ИЛ-8. После курса общей криотерапии у данной категории пациентов отмечалась тенденция к снижению показателей ИЛ-6 и ИЛ-8. Уровень фактора некроза опухолей альфа (α -ФНО) достоверно не изменялся.

Таким образом, общая газовая криотерапия в комплексном лечении ревматоидного артрита в фазе обострения оказывает быстрое противовоспалительное действие, что подтверждается снижением уровня провоспалительных цитокинов – интерлейкина-6 и интерлейкина-8.

Использование общей газовой криотерапии в период обострения способствует уменьшению клинических проявлений и улучшает течение заболевания, увеличивает двигательную активность пациентов и, как следствие, снижает степень социальной недостаточности.

Изменение уровней провоспалительных цитокинов в сыворотке крови у пациентов в острой фазе обострения ревматоидного артрита может иметь важное прогностическое значение в патогенезе заболевания и требует дальнейшего изучения.

Список литературы

1. Иммунологический профиль больных ревматоидным артритом / Пачкунова М.В. // Фундаментальные исследования. – 2011. №1. – С. 148-157.

2. Портнов В.В. Криотерапия: теоретические основы и применение в практике / В.В. Портнов // Общая и локальная воздушная криотерапия: сб. статей и пособий для врачей. – М, 2007. – С. 3-32.
3. Cryotherapy. Theoretical bases, biological effects, clinical applications / Edited by: A Sieron, G. Cieslar, A. Stanek. – Alfamedica press, 2010. – 158p.

УДК 616.5-001.1:615.451.16

ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРИ АТОПИЧЕСКОМ ДЕРМАТИТЕ У ДЕТЕЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ФИТОКОРРЕКЦИИ

Н.А. ОГРЕНИЧ¹, И.М. МАЛОЛЕТНИКОВА², М.А. МАЛЫШКО³, А.Н. ОГРЕНИЧ¹

¹ - УЗ «Барановичский родильный дом», Барановичи, Беларусь.

² - УО «Гомельский государственный медицинский университет», Гомель, Беларусь.

³ - УЗ «16-ая городская клиническая поликлиника», Минск, Беларусь.

⁴ - УО «Гродненский государственный медицинский университет», Гродно, Беларусь.

Аннотация. Предоставлен комплексный подход к лечению атопического дерматита (АтД), включающий базовое лечение и поэтапную сопроводительную фитотерапию. Общий комплекс фитотерапии АтД направлен на восстановление физиологической функции ЖКТ (ферментативной, барьерной и пищеварительной) с антипаразитарной фитокоррекцией.

Ключевые слова: атопический дерматит, фитокоррекция.

Abstract. An integrated approach to the treatment of atopic dermatitis (ATD) is provided, including basic treatment and phased accompanying herbal medicine. The general complex of phytotherapy AtD is aimed at restoring the physiological function of the gastrointestinal tract (enzymatic, barrier and digestive) with anti-parasitic phytocorrection.

Keywords: atopic dermatitis, phytocorrection.

Введение

Атопический дерматит (АтД, атопическая экзема, синдром атопической экземы/дерматита) - хроническое аллергическое воспалительное заболевание кожи, развивающееся у лиц с генетической предрасположенностью к атопии, с рецидивирующим течением и возрастными особенностями клинических проявлений, характеризующееся экссудативными и/или лихеноидными высыпаниями, повышением уровня сывороточного IgE и гиперчувствительностью к специфическим (аллергенам) и неспецифическим раздражителям [1].

Атопический дерматит - одно из наиболее частых аллергических заболеваний, встречается во всех странах, у лиц обоего пола и в разных возрастных группах. Частота АтД в детской популяции США достигла 17,2%, у детей Европы - 15,6%, в России - от 6,2 до 15,5% по данным стандартизированного эпидемиологического исследования International Study of Asthma and Allergy in Children. В структуре аллергических болезней АтД является самым ранним и частым проявлением атопии, он выявляется у 70-85% детей раннего возраста с аллергией, причем в последние годы отмечается тенденция к более тяжелому течению АтД с изменением его полиморфизма [1, 2].

Ведущую роль в развитии АтД играет пищевая аллергия, в первую очередь белки коровьего молока, яиц, рыбы, овощи и фрукты красной или оранжевой окраски, злаки и др. На пищевую аллергию наслаивается сенсibilизация к аэроаллергенам жилищ (антигенам микроклещей рода *Dermatophagoides*), грибковым аллергенам (*Cladosporium*, *Alternaria tenius*, *Aspergillus*, *Penicillium*), эпидермальным аллергенам (особенно кошек и собак) и другим аллергенам.

Надо отметить, что пациенты сами обращались к нам за помощью ввиду отсутствия стойкого эффекта от проводимого ранее лечения. Особенно важно предотвратить развитие АтД до начала полового созревания у детей, т.к. кожа – гормонозависимая ткань, и в ней происходят многие гормон опосредованные реакции. При длительно текущем АтД у детей нарушаются эти физиологические реакции с формированием соответствующих гормональных рецепторов и не только в коже, что в конечном итоге отрицательно сказывается на эффективности лечения и стабилизацию процесса.

Основной путь попадания аллергенов в организм при АтД - энтеральный и реже аэрогенный, парентеральный. Пищевые аллергены считают основным фактором, выявляющим в раннем детском возрасте предрасположенность к атопии [2].

В основе атопического дерматита лежит первый или реактивный тип аллергических реакций, на что указывает и высокий процент (50-60%) сочетания дерматита с бронхиальной астмой, лекарственной аллергией, поллинозами. Важную роль в развитии АДД отводят врожденному дефекту иммунного ответа: нарушению функции эпидермального барьера, продукции противомикробных пептидов (3-дефензинов, дермицидина и др.), а также нарушению миграции макрофагов, что приводит к повышенной колонизации кожи болезнями бактериями, грибами, а также подверженности вирусной инфекции. У большинства детей с неиммунной формой детской экземы имеется дискортицизм с некоторой недостаточностью секреции глюкокортикоидов, особенно при сравнении с гиперпродукцией минералокортикоидов; доминирование холинергических процессов с угнетением адренергических [2, 3].

Атопический дерматит может протекать в виде экссудативной (экзематозной), пролиферативной (нейродермит) и смешанной форм. Для детей раннего возраста типична экссудативная форма развития заболевания [1]. Проблема атопического дерматита (АДД) в настоящее время становится все более значимой в педиатрии. Повсеместно наблюдается рост заболеваемости АДД, а хроническое течение, с частыми рецидивами и недостаточная эффективность существующих методов лечения ставят это заболевание в ряд наиболее актуальных проблем современной медицины.

Цель работы - оценка комплексного подхода в помощи пациентам с АДД, включающего базовое лечение и поэтапную сопроводительную фитотерапию.

Материалы и методы

Реализуя составленную индивидуальную фитопрограмму для пациентов с АДД, оценивали течение и развитие заболевания, корректировали дозу и выбор лекарственного препарата синтетического происхождения. В конечном итоге приём синтетических препаратов сводили к минимуму и постепенно убирали их из общего лечебного процесса. Длительность применения лекарственных сборов, даже при наступлении ремиссии, всегда индивидуальна и зависит от клинической ситуации и сопутствующей патологии.

При составлении фитопрограмм для пациентов с АДД и отягощённым аллергологическим анамнезом, следует руководствоваться следующими правилами:

1. Гипоаллергенное приготовление травяных настоев — необходимую дозу травяного сбора промывали кипятком («ошпаривали»), затем готовили отвар согласно инструкции.
2. В фитосборы вводили не более 5 лекарственных трав и не более 1 травы, обладающей сильнодействующим эффектом.
3. При индивидуальном составлении сбора учитывали: пол, возраст, эмоциональное состояние, наличие сопутствующих хронических заболеваний.
4. При одновременном приеме базовых синтетических препаратов и фитосборов, проводили коррекцию с последующим уменьшением дозы синтетических препаратов до полной их отмены.

Фитопрограмма помощи больным АДД включает несколько последовательных этапов:

- на первом этапе всем пациентам назначали утренний приём водного экстракта из корня алтея. Для этого 1 столовую ложку корня алтея залить на ночь 150 мл холодной воды, утром довести до температуры 60-65 (не кипятить), настоять 10-15 минут, процедить и принять натощак. Детям по 2 столовых ложки отвара на 1 год жизни в течение 10-12 дней. Этот экстракт обволакивает слизистые желудочно-кишечного тракта и способствует её репарации (при воспалении) и одновременно связывает (адсорбирует) токсические вещества и продукты жизнедеятельности бактерий, предотвращая попадание их в воротную вену;

- на втором этапе через 3-4 дня после начала приёма корня алтея в течение дня перед едой пациенты принимают сборы с противовоспалительным и антигельминтным действием, активирующие пищеварение (вначале с утренним приёмом отвара корня алтея, а затем и без него). Уменьшение и нивелирование воспалительной реакции, причем не только на коже, но главное в кишечнике, ведёт к восстановлению его физиологической функции, уменьшению вероятности попадания воспалительных цитокинов, продуктов жизнедеятельности микробов, других токсических веществ и аллергенов из кишечника в кровоток. В результате такого действия восстанавливается иммунологическая, барьерная, пищеварительная функция кишечника и у большинства пациентов уже на этом этапе наблюдаются положительные результаты. Сборы, используемые на этом этапе, состоят из 3-5 трав, это - репешок обыкновенный, лапчатка

серебристая, пижма обыкновенная, лист грецкого ореха, тысячелистник обыкновенный, горец почечуйный, горец птичий, лабазник, лист берёзы, и др. Сборы составляли в разных сочетаниях этих трав и обязательно учитывали исходящее состояние каждого пациента. Продолжительность этого этапа до 30 дней;

- на третьем этапе фитотерапевтической помощи пациентам с АтД использовали сборы из трав с антиаллергическим действием и активирующими функцию надпочечников: череда трехраздельная, фиалка трехцветная, пикульник, лабазник, в водном экстракте из этих трав можно купать ребёнка. Иногда, но отдельным приемом, мы использовали корень солодки голой. Эти сборы пациенты принимали в течение 20-30 дней;

- на четвёртом этапе при отсутствии эффекта в лечении этих больных АтД мы назначали приём бальзама «репешок-чистотел» 5 дней, чередуя с экстрактом корня лапчатки прямостоячей 3 дня. Курс лечения составлял 20 дней приёма бальзама репешок - чистотел [4].

Результаты и обсуждение

Лечение направлено на обеспечение длительного контроля над заболеванием, а также на достижение клинической ремиссии и улучшение качества жизни больных. Лечебные мероприятия АтД включают гипоаллергенный быт и питание, уход за кожей, медикаментозную терапию (местное и системное лечение), коррекцию сопутствующей патологии, обучение больного и семьи обычным гигиеническим мероприятиям, специфическую терапию, изменяющую течение заболевания (элиминацию или редукцию аллергена и аллергоспецифическую иммунотерапию). Объем терапии при АтД определяется выраженностью клинической картины заболевания.

Общий комплекс фитотерапии АтД направлен на восстановление физиологической функции ЖКТ (ферментативной, барьерной и пищеварительной) с антипаразитарной фитокоррекцией. Действующие вещества, накапливающиеся в растениях, не являются чужеродными нашему организму, всегда хорошо переносятся пациентами и очень редко могут служить причиной аллергической реакции.

Для получения более стойкого терапевтического эффекта в лечении этой категории пациентов увеличивали в сборах процентное содержание трав с выраженным противовоспалительным действием, особенно на первых этапах помощи (тысячелистник, лабазник и др.). Кроме того, этой категории пациентов в мази достаточно часто вводили травы содержащие фитострогены (с учётом пола пациента) и наблюдали положительный эффект.



Рисунок 1. Снимки до начала лечения травами

На протяжении всего лечения, особенно при сухой, грубой коже и с трещинами использовали локально мазь из сбора: череда трёхраздельная, мыльнянка лекарственная, короставник полевой, пикульник обыкновенный и готовили её на основе льняного масла, козьего жира и живицы (50 г сбора залить 250 мл льняного масла, выдержать на водяной бане 40 минут, настоять до охлаждения и процедить, полученный объем по весу смешать с козьим жиром и живицей в пропорциях 2:1:1, после этого весь состав подогреть на водяной бане до растворения и затем хранить в холодильнике). В водном экстракте из этих трав можно купать ребёнка [4]. В некоторых случаях, в возрасте после 8-10 лет, к этому сбору девочкам добавляли шишки хмеля, а мальчикам корень аира, или траву ярутки полевой.

При нарушении сна и легко возбудимым пациентам на ночь назначали сборы из вереска, лабазника, иван-чая, всегда уместно к этому составу добавлять семена укропа [4]. При значительных кожных высыпаниях, зуде целесообразно использовать траву любисток лекарственный (внутри или наружно), это локализует развитие аллергической реакции.

В 2015 году к нам обратилась мама С. с дочерью 9 лет, которая с первого года жизни страдает атопическим дерматитом.

В течение года она неоднократно проходила курсы лечения АгД (гормональная мазь - наружно; антигистаминные, седативные, гормоны - внутрь), рецидивы наблюдались постоянно. Дома имеются хомяки, рыбки и кошка, в беседе выяснена и аллергия пищевая (куриный и коровий белок, цитрусовые). При обследовании в анализе кала были выявлены лямблии. Лечение мы начали с приёма водного экстракта корня алтея и через 7 дней добавили сбор: репешок, тысячелистник, лист крапивы, трава цикория, трава лабазника, который она принимала в течение дня перед едой 15 дней. Уже на этом этапе наблюдали уменьшение высыпаний и зуда. На следующем этапе (три курса по 7 дней, с перерывами между ними 7 дней) провели антигельминтное лечение (сбор: трава репешка, трава лапчатки серебристой, соцветия пижмы, трава горца почечуйного, лист грецкого ореха), но одновременно назначали и таблетки нифуроксазида 0,1 по 2 таблетки 4 раза в день (10 дней). На этом этапе наблюдалось улучшение пищеварения, особенно к концу курса приёма трав, незначительная положительная динамика в местах кожной сыпи. На следующем этапе в течение 20 дней девочка принимала натошак бальзам репешок - чистотел по 2,0 мл в 50 мл горячей воды, а течение дня сбор трав: трава череды, трава фиалки трёхцветной, трава пикульника, трава лабазника, растение земляники. На этом этапе у девочки полностью исчезли высыпания и в последующее время никогда не появлялись. В течение года с небольшими перерывами, она продолжала принимать травяные сборы, составы которых периодически меняли, и два раза в год проводили курс антипаразитарных сборов. В 2018 году у девочки начались месячные (болезненные), высыпаний на коже не наблюдается, рекомендовали прием сбора из трав: репешок, тысячелистник, лабазник, манжетка — только во вторую фазу менструального цикла.



Рисунок 2. Снимки спустя 40 дней после начала лечения травами

Заключение

Комплексное применение фитосборов при АгД с базисной терапией является безопасным, дающим стойкий терапевтический эффект и у практикующих врачей есть все основания для активного использования этого метода. Патогенетическая направленность, доступность экономическая, простота в применении фитотерапии и её эффективность, даёт основание к активному, целенаправленному, углублённому изучению терапевтического действия лекарственных трав.

Реальным и перспективным является создание альтернативного подхода в помощи больным АгД с элементами фитотерапии, что является возможным при тесном сотрудничестве клинических фармакологов, фитохимиков, фитотерапевтов и практикующих врачей.

Список литературы

1. Детские болезни: практическое пособие / А. В. Сикорский [и др.]. – Минск : ФУАинформ. – 2013 – 896 с.
2. Жерносек, В. Ф. Аллергические заболевания у детей. / В. Ф. Жерносек, Т. П. Дюбкова. – Минск. – 2003 – 110 с.
3. Беляева, Л. М. Атопический дерматит и аллергический ринит у детей и подростков : Практическое пособие / Л. М. Беляева. – Минск, ООО «В.И.З.А. ГРУПП». – 2006. – 196 с.
4. Огренич, Н. А. Методология фитотерапии: пособие по фитотерапии / Н. А. Огренич / Минск : Ковчег. – 2014. – 96 с.

УДК 615.47

МЕТОДИКА И АППАРАТНО-ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС БИОЛОГИЧЕСКОЙ ОБРАТНОЙ СВЯЗИ ДЛЯ КОРРЕКЦИИ СОСТОЯНИИ ЦЕНТРАЛЬНОЙ НЕРВНОЙ СИСТЕМЫ

А.П. КЛЮЕВ, П.П. КОРОЛЕВИЧ, Т.В. ДОКУКИНА, Н.Н. МИСЮК, А.Н. ОСИПОВ

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, Республика Беларусь

Аннотация. Разработанный алгоритм обработки записей многоканальных электроэнцефалограмм для формирования сигнала. Разработан макет аппаратно-программного комплекса БОС для коррекции функциональных состояний центральной нервной системы человека на основе алгоритмов обработки сигналов многоканальных электроэнцефалограмм. Реализованный макет комплекса позволяет проводить коррекцию функциональных состояний центральной нервной системы человека по результатам обработки сигналов электрической активности мозга.

Ключевые слова: биологическая обратная связь, электроэнцефалограмма, эпилепсия, алгоритм обработки.

Abstract. The developed algorithm for processing records of multichannel electroencephalograms for signal formation. The model of the hardware-software complex of biofeedback for correction of functional States of the Central nervous system of the person on the basis of algorithms of processing of signals of multichannel electroencephalograms is developed. The implemented model of the complex allows to carry out correction of functional States of the Central nervous system of the person by results of processing of signals of electrical activity of a brain.

Keywords: biological feedback, electroencephalogram, epilepsy, processing algorithm.

Введение

Терапия заболеваний, связанных с нарушениями деятельности центральной нервной системы, для контроля своей эффективности опирается на улучшения ритмической картины электроэнцефалограмм (ЭЭГ). Было показано [1-3], что у больных с диффузными органическими изменениями в головном мозге (энцефалопатии различного генеза, арахноэнцефалиты, дегенеративные процессы) даже при хорошо выраженном, организованном, зонально дифференцированном альфа-ритме страдает прежде всего его когерентность, что крайне нехарактерно для здоровых людей. В то же время не редки случаи устойчивости к коррекции фармакологическими препаратами. Подобные случаи требуют не только детального рассмотрения, но и поиска новых методов лечения. Одним из перспективных направлений является методы биологической обратной связи (БОС).

Будучи формой прикладной психофизиологии, БОС-исследования организационно оформлены в виде Международного Общества Обратной связи и Прикладной Психофизиологии. По данной тематике выпускается 2 специализированных научных журнала, в США создан национальный Институт БОС-сертификации и лицензирования. О растущем доверии к БОС-технологиям говорит тот факт, что в настоящее время в США около 80% расходов на проведение БОС-терапии берут на себя страховые компании [4].

Метод биологической обратной связи (БОС) возник в конце 50-х годов прошлого века [5]. Зарождению метода способствовал ряд научных открытий – а) работы N.Miller по выработке у животных висцеральных условных рефлексов (УР) оперантного типа; б) данные M.B. Sterman [8] о повышении порогов судорожной готовности после условнорефлекторного усиления сенсомоторного ритма в центральной извилине коры головного мозга как животных, так и человека; в) открытие J. Kamiya [10] способности испытуемых произвольно изменять параметры ритмов своей ЭЭГ при наличии обратной связи об их текущих значениях. 70-е годы в истории развития БОС-технологий отмечены были небывалым общественным интересом к так называемому альфа-обучению и альфа-состояниям, обусловленным усиленным альфа-ритмом в ЭЭГ человека.

Основными методами БОС-терапии по ЭЭГ в настоящее время являются:

БОС-альфа-тренинг/терапия используется при терапии психосоматических, невротических, депрессивных и др. нарушений, связанных в той или иной мере с изменениями в деятельности активирующих систем мозга.

БОС-тета-тренинг/терапия. Работа Peniston E.G., Kulkosky P.J. [9] показала, что положительный результат БОС-терапии по схеме альфа/тета-протокола группы хронических алкоголиков через 3 года наблюдения составил 80 %.

БОС-бета-терапия., эффективно при различных синдромах нарушения внимания и гиперактивности [4], постинсультных нарушениях (спастичность, парезы, плегии), посттравматических синдромах, коматозных состояниях [5] и др.

БОС-SMR-терапия. Работы Serman [8] показали, что путем БОС-усиления сенсомоторного ритма (SMR) ЭЭГ повышает порог судорожной готовности и тем самым уменьшает частоту и выраженность судорожных припадков при различных эпилептических синдромах вплоть до их полного прекращения [5].

Материалы и методы

Несмотря на ряд существенных успехов, традиционная БОС-терапия по коррекции мощности ритмов ЭЭГ, далеко не всегда эффективна даже в тех случаях, когда удаётся выполнить задание лечебного протокола. Это обусловлено тем, что в качестве конечной цели БОС используются параметры, являющиеся недостаточными для нормализации нарушенной функции.. Цветовые карты распределения средних значений коэффициентов когерентности для ЭЭГ с наличием функционального расстройства головного мозга и при его отсутствии имеют явные визуально заметные отличия. Данные отличия достаточно специфичны. Таким образом изменение визуального характера цветowych карт распределения значений средней Когерентности могут быть использованы как предъявляемый сигнал обратной связи, изменяющийся в соответствии с рассчитываемыми K_{cp} для ЭЭГ и отражающий текущее состояние головного мозга пациента в реальном масштабе.

На основании вышеизложенного был разработан макет аппаратно программный комплекс БОС для коррекции сопровождающих эпилепсию функциональных состояний центральной нервной системы человека. Конструктивно комплекс БОС представляют собой сложную техническую систему для регистрации параметров жизнедеятельности организма, их обработки и последующей возврату пациенту информации об регистрируемых параметрах в удобной для восприятия пациентом форме.

Структурная схема макета аппаратно-программного комплекса для коррекции функциональных состояний центральной нервной системы человека приведена на рисунке 1. Аппаратная часть основана на базе электроэнцефалографа «Мицар». Программная реализация комплекса выполнена на основе специальных процедур, функций GUI и библиотеке процедур работы с электроэнцефалографом.

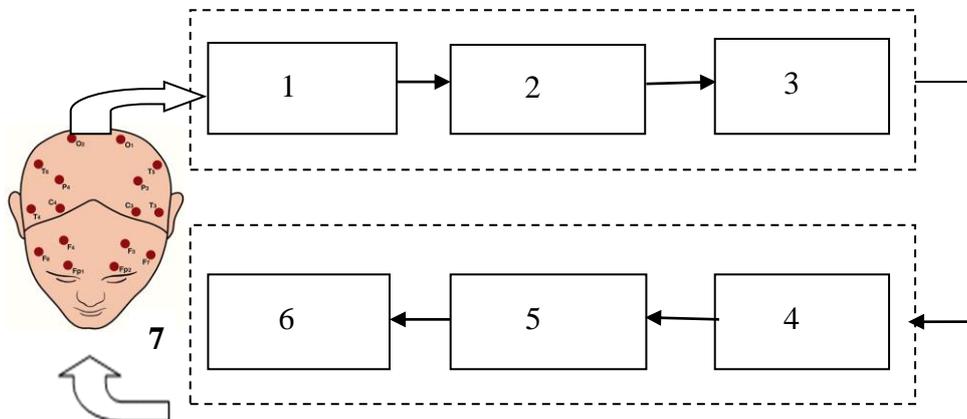


Рис. 1. Схема структурная комплекса БОС

Модули 1, 2, 3 образуют блок усилителей ЭЭГ. Регистрируемые по 16 электроэнцефалографическим отведениям сигналы электрической активности головного мозга поступают на входы многоканального усилителя биопотенциалов 1. Аналого-цифровым преобразователем 2 осуществляется дискретизация сигналов и преобразование их в цифровой код, который посредством интерфейсных модуля 3 блока усилителей интерфейсного модуля 4 персонального компьютера передаётся программному обеспечению 5 комплекса для специальной обработки.

Вычислительная часть комплекса состоит из отдельных программных подмодулей. Подмодуль производит определённые вычисления для обработки сигналов отведений в зависимости от того какой протокол БОС реализуется в текущей процедуре коррекции. Этим же определяется вид возвращаемых сигналов. Каждый подмодуль может быть отдельно выбран. Передача осуществляется процедурами динамической библиотеки DLL по прерыванию

процессора. Прерывания формируются программно с интервалом задаваемым пользователем. После генерации прерывания, данные зарегистрированные за интервал времени передаются программному обеспечению 6 комплекса для вычислений. Результаты вычислений преобразуются в графическую информацию (цветовые карты, графики, анимация) отображаются на мониторе 6 и предъявляются 7, пользователю-пациенту. Частота генерации прерываний и, соответственно, предъявлений информации пациенту определяется исходя из требуемых значений и времени затрачиваемого на передачу данных от блока усилителей, специальную обработку и отображения результатов обработки на экране монитора компьютера. Вышеуказанные операции будут определять время, затрачиваемое на обновление предъявляемой информации пациенту, необходимое для работы вычислительного модуля 6 комплекса. Ниже приведены варианты интерфейсов программного комплекса графических предъявлений для различных случаев (рисунок 2).

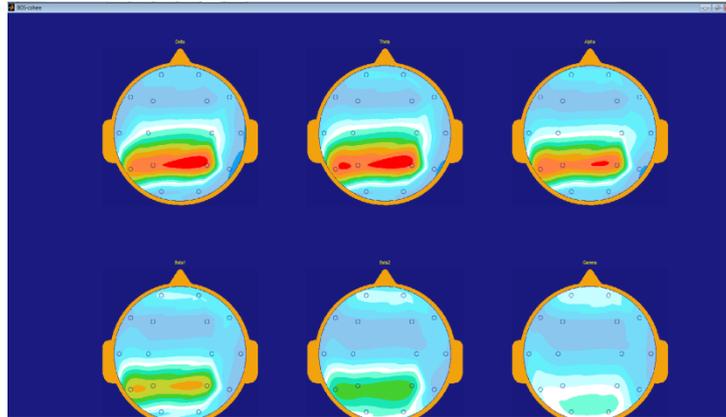


Рис. 2 – Вариант цветовой карты для наблюдения и коррекции Когерентности ритмов электрической активности головного мозга в шести поддиапазонах

Заключение

Разработанный алгоритм обработки записей многоканальных электроэнцефалограмм для формирования сигнала БОС в реальном масштабе времени. Разработан макет аппаратно-программного комплекса БОС для коррекции функциональных состояний центральной нервной системы человека на основе алгоритмов обработки сигналов многоканальных электроэнцефалограмм. Сигналы ЭЭГ регистрируются блоком усилителей компьютерного электроэнцефалографа «Мицар». Данный аппаратно-программный комплекс позволяет выполнять регистрацию и анализ сигналов 16 электроэнцефалографических отведений одновременно и в реальном масштабе времени. В качестве сигналов для БОС на основе анализа многоканальных ЭЭГ используется визуализация цветowych амплитудных карт Кср. Реализованный макет комплекса позволяет проводить коррекцию функциональных состояний центральной нервной системы человека по результатам обработки сигналов электрической активности мозга. Комплекс позволит создать методики для углубленного изучения функций мозга, повысит уровень диагностики заболеваний, а также позволит создать средства для улучшения состояний центральной нервной системы человека.

Список литературы

1. Докукина Т.В., Мисюк Н.Н. Визуальная и компьютерная ЭЭГ в клинической практике. – Минск: Книгзбор, 2011. – 188 с.
2. Мисюк Н.Н., Картирование показателей Когерентности ЭЭГ при эпилепсии. Докукина Т.В., Мисюк Н.Н., Клюев А.П., Вестник клинической нейрофизиологии, 2015 №3 - С. 6-14.
3. Докукина Т.В., Мисюк Н.Н., Осипов А.Н., Клюев А.П., Минзер М.Ф. Картирование показателей когерентности электроэнцефалографии в активной стадии эпилептического процесса и в стадии ремиссии, Медицина 2014 г, №4.
4. Pillai J., Sperling M. R. Interictal EEG and the diagnosis of epilepsy// Epilepsia. – 2006. – 47 (suppl. I). – P. 12-14.
5. Laibow R. Medical applications of neurobiofeedback. //In: Introduction to quantitative EEG and Neurofeedback. Eds.: Evans J.R. & Abarbanel A., 1999, Academic Press, p. 83-102.

6. Budzynski T.H. From EEG to neurofeedback. //In: Introduction to quantitative EEG and Neurofeedback. Eds.: Evans J.R. & Abarbanel A., 1999, Academic Press, p. 65-79.
7. Lubar J.F., Lubar J.O. Neurofeedback assessment and treatment for attention deficit/hyperactivity disorders. //In: Introduction to quantitative EEG and Neurofeedback. Eds.: Evans J.R. & Abarbanel A., 1999, Academic Press, p. 103-143.
8. Sterman M.B. EEG biofeedback in the treatment of epilepsy: An overview circa 1980. In: Clinical Biofeedback: Efficacy and Mechanism (Eds.: L.White, B.Tursky), 1982, pp.330-331, Guilford, NY.
9. Peniston E.G., Kulkosky P.J. Neurofeedback in the treatment of addictive disorders. //In: Introduction to quantitative EEG and Neurofeedback. Eds.: Evans J.R. & Abarbanel A., 1999, Academic Press, p. 157-179.
10. Kamiya J. Conscious control of brain wave. //Psychol.Today, 1968, v.1, p.56-60.

УДК 553.7(476)

РАСПРОСТРАНЕНИЕ МИНЕРАЛЬНЫХ ВОД В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ

Н.В. МАЗУР

УО «Гродненский государственный медицинский университет»

Аннотация. Исследования, проведённые белорусскими гидрогеологами и курортологами показывают, что наша страна обладает значительными ресурсами подземных минеральных вод разнообразных геохимических типов.

Ключевые слова: ресурсы, минеральные воды, свойства, лечение.

Abstract. Studies conducted by Belarusian hydrogeologists and balneologists show that our country has significant resources of groundwater of various geochemical types.

Keywords: resources, mineral waters, properties, treatment.

Первые сведения о целебных свойствах минеральных вод Беларуси появились на рубеже XVI – XVII вв. в монастырских и церковных книгах. На знаменитых швейцарских картах обозначены источники минеральных вод «Барковщина» (1502 г.) в нынешнем Ушачском районе Витебской области. Более позже они упоминались в 1704 г., 1830 г., 1843 г. и последующих годах. В 1778 году доктором медицины М.П. Сели описан серно-железистый источник в Шклове. Были известны целебные Михеевские воды у Кричева, месторождения родниковых вод в Александрии, Пыльковичский «святой источник» под Могилёвом, который пользовался большой славой. В 1983 году по представлению члена-корреспондента НАН Беларуси А.В. Кудельского этот источник объявлен памятником природы республиканского значения.

В 1803 году академик В.М. Севергин изучил соленоватые источники недалеко от г. Гродно. В поместьях Сенно и Спас под Полоцком им были описаны воды с серным запахом, в специальных строениях больным отпускались водные процедуры. В 1819 году Оршанский епископ А. Головля «по причине ревматизма» лечился серными водами в «лазенках» у д. Видзы-Ловчинске, куда приезжали отдыхать и лечиться больные из России и Западной Европы. Иезуитский епископ Лужинский из Ушач в году принял лечебных ванн этих серных вод.

В 1843 году медик и химик Янт описал 4 барковщинские источники, в двух он нашёл углекислый газ, углекислый газ, углекислое железо, углекислую магнезию и серную известь; а еще в двух «сероводородный газ, сернокислое железо, сернокислую известь и солянокислую магнезию».

Выходы подземных вод были кооптированы, вода из срубов подавалась в 2 ваннных отведения. В это время Барковщина упоминалась сред лучших европейских здравниц. Почти 100 лет до начала Великой Отечественной войны водолечение в этой здравнице дарило исцеление пациентам.

В 1859 году в имении графа К. Тышкевича в Логойске под Минском на базе железистых и серных источников функционировала лечебница. Здесь лечились больные ревматизмом и заболеваниями нервной системы. Помимо вышеперечисленных источников на территории Беларуси были известны и использовались и другие водопроявления (родники, колодцы, неглубокие скважины).

Впоследствии в 1999 г. в районе курорта в экологически чистом месте под руководством Делендика В.В. было создано ЧП «Дарида». В 1997 г. была пробурена 1 скважина для добычи М.В. питьевого применения глубиной 410 метров, в 1998 вторая скважина глубиной 266 метров, в 2001 г. третья, глубиной 387 метров.

В 2006 г. минеральной воде «Дарида» на сегодняшний день единственная которая прошла аккредитацию в Брюсселе, в рамках Евросоюза и получила сертификат на соответствие качества.

В 2012 г. на международном форуме «Здравница – 2012» получила серебряную медаль. В конце 2016 г. ЧП «Дарида» возглавил Неверович Д.В. Под его руководством заключены договора с федеральными сетями России, расширен ассортимент выпускаемой продукции на 30% и на конец этого года составляет 95 ассортиментных позиций. Минеральная вода «Дарида» является брендом года 2016, 2018. Обладатель премии №1 и минеральной водой №1 Республики Беларусь.

Планомерное изучение подземных вод Беларуси началось в 1928 году. Когда по поручению Геологического комитета СССР на республики проводилась мелкомасштабная геологическая съёмка.

В 1929 г. в г. Минске в долине р. Свислочь на территории нынешнего парка имени Горького на глубине 348 м была получена минеральная вода, имеющая минерализацию 1,6 г/л.

В этот период в г. Бобруйске из скважины глубиной 271 м были вскрыты хлоридно – натриевые воды с минерализацией 16,0 г/л. В 1936 году на этой территории начала функционировать первая бальнеолечебница.

В предвоенные годы в г. Борисове и бассейне реки Припять были разведаны сульфатные и хлоридные минеральные воды. В годы войны практически был разграблен и разрушен весь санаторно – курортный комплекс нашей республики.

Все эти скважины и водопроявления были обследованы и описаны белорусским гидрогеологом П.В. Остапеня в 1937-1939гг.

В годы войны был разграблен и разрушен весь санаторно – курортный и гидрогеологический комплекс нашей республики.

В послевоенное время в связи с восстановлением и развитием санаторно- курортного комплекса начали изучать местные природные ресурсы. В 1947 году при картографировании озёр в пойме р. Припять В.И. Гиммельштейном обнаружены проявления минеральной воды в районе Припятского Полесья.

В полевой сезон 1948 г. сотрудниками института геологических наук АН БССР П.А, Киселёвым проведено изучение проявления минеральных вод в Глусском, Петриковском и Стародорожском районах.

В 1951г. по результатам работы опубликованы первые сведения о минеральных водах и лечебных районах Припятского бассейна.

В 1956г. М.Ф. Козловым, белорусским гидрогеологом были обобщены все материалы исследований и составлена первая карта минеральных вод Беларуси, на которой было показано распространение всего лишь двух групп вод: сульфатные магниевые-кальциевые с минерализацией 1,5-3,0 г/л и хлоридные натриевые воды и рассолы с солесодержанием 50 г/л и более.

С 1959г. проводятся целевые поисково-разведочные работы по выявлению месторождений минеральных вод для последующего строительства на их основе санаториев и других оздоровительных организаций. В ряде населённых пунктов (Ждановичи, Лепель, Лётцы, Нарочь, Рогачёв) на базе разведанных минеральных вод и лечебных рассолов построены профсоюзные и другие ведомственные здравницы.

С открытием в 1964г. Речицкого, а затем и других месторождений нефти на территории Припятского бассейна значительно увеличился объём поисково-разведочных работ в республике. Были проведены большие работы под руководством Г. В. Смирнова (санаторий им. Ленина – 1972г.), А. К. Морозова (санаторий «Боровка» - 1972г, «Аксаковщина» водно-спортивный комбинат – 1973г, участок Видзы – 1982г), П. Н. Дмитриева(санаторий «Криница» - 1972г), В. В. Дынича (санаторий «Шинник» - 1974г, колхоз «Рассвет» Кировского района – 1976г, «Сосны» химволокно г. Могилёв – 1977г) по разведке и получены новые данные по химическому и газовому составу. В результате этих работ на территории Гродненской и Минской областей в 1966 году О.Н. Шпаковым с коллегами обнаружено проявления радоновых вод.

Радоновые воды вскрыты в породах кристаллического фундамента (граниты, гранодиориты, гнейсы и амфиболиты) в наиболее приподнятой части Белорусской антеклизы (Дятловский р-н Гродненской обл., Несвижский р-н Минской обл). По содержанию (объёмной активности) радона, достигающего 280-3150 Бк/л, эти минеральные воды классифицируются как очень слабо-, слабо- и среднерадоновые (бальнеологическая норма R_n для холодных вод составляет 185 Бк/л). Белорусские радоновые воды являются пресными, гидрокарбонатными магниевыми-кальциевыми с минера-

лизацией до 0,4 г/л. Это месторождение эксплуатируют санаторий Радон и Альфа-Радон. С большой эффективностью применяют современные методы радонотерапии в течение 25-ти и 3-х лет соответственно.

Наличие минеральных вод в толще подземной гидросферы установлено на большей части территории Беларуси. Исключение составляют несколько районов Гродненской и Брестской областей и некоторые участки в пределах юго-западной части Минской области. На этой территории все водоносные горизонты содержат исключительно пресные воды, а глубже залегает безводная толща монолитных пород кристаллического фундамента (граниты, диориты, гнейсы и др.). Здесь подземные воды могут быть встречены только в зонах тектонических разломов.

К группе минеральных вод «без специфического компонента и свойств» относятся, в первую очередь, хлоридные натриевые воды с минерализацией от 1 до 35 г/л и рассолы с минерализацией более 35 г/л, имеющие очень широкое распространение почти на всей территории Беларуси. К этой же группе относятся и сульфатные кальциевые воды с минерализацией от 0,1 до 3,0 г/л, распространённые по всей республике. С успехом применяются в санаториях *Боровое, Лесное, Лепельский военный, Бобруйск, им. Ленина, Приднепровский, Чёнки, Криница, Поречье*. Зарубежные аналоги этих вод Скури (Грузия), Алматинская (Казахстан), курорт Старое Русса (РФ), Паланга (Латвия). Активно осуществляется их бутылочный разлив. В санаториях республики насчитывают 7 цехов по розливу минеральной воды.

Бромные и йодо-бромные воды и рассолы на территории Беларусь также имеют достаточно широкое распространение и находятся на территории Оршанского, Припятского (Витебская, Могилевская область) гидрологических бассейнов. Содержание в них брома может достигать 5-6 г/л при бальнеологической норме 25 мг/л, а йода – до 100 мг/л и более при бальнеологической норме 5 мг/л.

Высокоорганические минеральные воды малой минерализации (до 3 г/л) обнаружены в средне- и верхнеюрских отложениях восточной части Припятского прогиба (Мозырский, Наровлянский и Любанский районы). Характерной особенностью минеральных вод этого типа очень высокое содержание растворённых в них гуминовых и фульвокислот (300 мг/л). Воды используются в санаториях Рассвет (Любанский район), Сосны (Мозырский район), а раньше использовались Солнечный берег (Речицкий район), Полесье (Наровлянский район). По своему геохимическому составу эти воды близки к водам Моор-Зальц г. Брамштадт.

Исследованиями белорусских гидрогеологов установлено наличие в зоне Белорусского Полесья на территории Солигорского, Речицкого и Лельчицкого районов железистых подземных вод и другого геохимического типа. Это гидрокарбонатные магниевые-кальциевые воды с общей минерализацией 0,25-0,45 г/л и содержанием железа до 12-16 мг/л. Их аналогами являются Полостровские минеральные воды (Лелнинградская область, РФ). Малая минерализация этих вод и достаточно высокое содержание биологически активного компонента – железа – позволяет применять их в качестве питьевых лечебно-столовых вод при лечении железодефицитных анемий.

На территории Белорусского Полесья белорусскими учёными в конце 70-х начале 80-х на базе Лельчицкого гидрогеологического стационара В. Ч. Пашкевичем и А. В. Кудельским были выявлены и описаны уникальные по своему составу ультрапресные подземные воды с минерализацией от 15 до 50 мг/л. Это значительно ниже, чем минерализация обычных питьевых вод (300-400 мг/л) и практически соответствует минерализации атмосферных осадков. Во многих странах ультрапресные воды бутилируются и используются как питьевые.

К категории ультрапресных вод относятся воды таких известных марок, как «SPA» (Бельгия), «CELTIC» (Германия), «GLEENEAGLES» (Великобритания), «LIVISSIMA» (Италия), «OPURE» (Франция), «ARCTICPEARL» и «VALIO» (Финляндия). Все эти воды и по минерализации, и по химическому составу очень близки к ультрапресным водам Белорусского Полесья. Известно, например, что питьевая вода «SPA», имеющая минерализацию 35 мг/л рекомендована производителям (Spandel International Group) для диетического питания и приготовления детских питательных смесей. В связи с этим необходимо обратить внимание на возможность использования для бутилирования ресурсов ультрапресных подземных вод Белорусского Полесья.

В 1998 году за работу «Открытие и народнохозяйственное использование месторождений минеральных вод в Республике Беларусь» (научные исследования, поисково-разведочные работы, медико-бальнеологическое и питьевое освоение) её авторам С. П. Гудаку, Э. С. Кашицкому, А. В.

Кудельскому, Н. В. Нечаеву, П. З. Хомичу, М. Г. Ясовееву была присуждена Государственная премия Республики Беларусь в области науки и техники.

Так же в пределах Витебской области (Ушачский район) и Гомельской области (Ветковский район) были обнаружены сульфатные натриево-кальциевые, хлоридные натриевые и хлоридные кальциево-натриевые воды с повышенным содержанием бора. Бальнеологическая норма этого компонента в минеральных водах в соответствии с СТБ 880-2017 составляет 35 мг/л в расчёте на ортоборную кислоту (НЗВОЗ). В скв. №13 ЛП и скв. №14 ЛП у озера Вечелье (Ушачский район) содержание бора (в расчёте на НЗВОЗ) составило 40 мг/л, и в скв. №1 в санатории «Беседь» (Ветковский район) – 110 мг/л. В следствие аварии на ЧАЭС работы по их дальнейшему использованию приостановлены.

Заключение

Исследования, проведённые белорусскими геологами и курортологами показывают, что недра Беларуси богаты многими ценными полезными ископаемыми и особенно месторождениями разнообразных по составу и свойствам минеральных вод. На всей территории Беларуси можно добывать минеральные воды, пригодные для лечебно-оздоровительных и профилактических целей. По их мнению: природа дала нам одни из лучших в Европе запасы минеральной и питьевой воды. Благодаря активной деятельности республиканского центра по санаторно-курортному лечению и оздоровлению населения Республики Беларусь в республике расширяется использование минеральных вод во всех сферах народного хозяйства.

Список литературы

1. Кудельский, А. В., Ясовеев, М. Г., : Минеральные воды Беларуси. – Мн. Институт геологических наук АН Беларуси, 1994. -280 с.
 2. Мазур, Н. В., Кашицкий, Э. С. [и др.] Перспективы использования ультрапресных вод в Республике Беларусь : Средства медицинской электроники и новые медицинские технологии : сб. науч. Ст. IX Междунар. Науч.-техн. Конф. – Минск : БГУИР, 2015 – С. 229-231.
- Ясовеев, М. Г., Мазур, Н. В. [и др.] : Минеральные воды и лечебные пелоиды Беларуси: ресурсы и современное использование – Мн., 2005. – 346с., 36 табл.

УДК 577.357.464.23

ИССЛЕДОВАНИЕ НАНОРАЗМЕРНЫХ МИЦЕЛЛ ИЗ СОПОЛИМЕРОВ – НОСИТЕЛЕЙ ФОТОСЕНСИБИЛИЗАТОРОВ

Т.Е. ЗОРИНА, И.Е. КРАВЧЕНКО, Л.В. БАРАН, ¹С. БИСВОЗ, В.П. ЗОРИН

Белорусский государственный университет

¹*Институт технологий и научных исследований Бирла*

Аннотация. Разработаны наноразмерные фотосенсибилизаторы на основе полимерных мицелл. Их структурные и спектральные характеристики исследованы методами атомно-силовой микроскопии и флуоресцентной спектроскопии. Согласно полученным результатам полимерные мицеллы, нагруженные фотосенсибилизаторами, сохраняют свои основные структурные характеристики в течение длительного периода времени.

Ключевые слова: полимерные мицеллы, наноструктуры, фотосенсибилизаторы, хлорины.

Abstract. Nanosized photosensitizers complexes based on polymer micelles have been designed. Their structural and spectral characteristics have been studied with atomic force microscopy and fluorescence spectroscopy techniques. According to the results obtained polymer micelles loaded with photosensitizers retain their main structural characteristics for a long period of time.

Keywords: polymer micelles, nanostructures, photosensitizers, chlorines.

Введение

Наносистемы, созданные на основе амфифильных полимеров, вызывают все возрастающий интерес в фармакологии, так как они представляют один из видов терапевтических систем и способны транспортировать лекарственные вещества внутрь клеток. При циркуляции таких носителей содержащееся в них биологически активное вещество защищено от инактивации, а действие лекарственного препарата пролонгируется. Наносистемы на основе амфифильных полимеров имеют такие преимущества как быстрое и воспроизводимое получение в больших количествах, возможность включения как гидрофильных, так и липофильных веществ, регулирование накопления препарата в различных органах и тканях организма в зависимости от

размера частиц. В настоящее время амфифильные полимеры начали использоваться в качестве носителей фотосенсибилизаторов (ФС) в фотодинамической терапии. Процессы целевой доставки таких комплексов существенно зависят как от свойств ФС, так и от характеристик наноструктурных комплексов [1,2].

Сополимеры метокси-поли(этилен гликоль)-поли(D,L-лактид) (mPEG-PLA) и метокси-поли(этилен гликоль)-*b*-поли(ϵ -капролактон) (mPEG-PCL) являются типичными амфифильными блочными сополимерами, которые способны к самоорганизации в водной среде в мицеллы, при этом гидролитически стабильные гидрофильные сегменты полиэтиленгликоля образуют внешнюю оболочку-корону, а ядро содержит гидрофобные биологически деградируемые блоки PLA и PCL. Мицеллы, получаемые из данных типов блочных сополимеров, наиболее перспективны при использовании в качестве переносчиков лекарственных препаратов при химиотерапии онкологических и других заболеваний [1].

Целью данной работы было получение наночастиц на основе сополимеров mPEG-PLA и mPEG-PCL и ФС – хлорина e_6 (Хл e_6) и его диметилового эфира (ДМЭ), исследование их структурных характеристик и оценка устойчивости.

Экспериментальная часть

Стоковые растворы Хл e_6 и ДМЭ готовили в этаноле в концентрации 1×10^{-3} М. В работе использовали Хл e_6 производства Frontier Scientific (США), ДМЭ – Белмедпрепаратов (Беларусь).

Сополимеры mPEG-PLA и mPEG-PCL синтезированы в Институте технологий и научных исследований Бирла (Индия). Полимерные мицеллы получали методом регидротации пленок, полученных при вакуумировании на роторном испарителе растворов полимера и ФС, либо в процессе диализа растворов полимера в смеси диметилсульфоксида и воды. В качестве растворителя использовались деионизованная вода или разбавленный фосфатно-солевой буфер (ФСБ) в разведении 1:10 (рН 7,4).

Оценку размеров полимерных частиц проводили методом динамического светорассеяния на анализаторе Nanoparticle Size Analyzer «Brookhaven 90Plus» (Австрия), и атомно-силовой микроскопии (АСМ). Изображения мицелл были получены с помощью АСМ Solver P47-PRO (НТ-МДТ, Россия), в полуконтактном режиме с использованием кремниевых кантилеверов NSG 01. Измерения проведены на пленках полимеров, высушенных на воздухе в течение 10-12 часов, на поверхности предметного стекла (ROTH, Carl Roth GmbH, Karlsruhe, Germany). Количественная оценка размеров липосом и моделирование их изображений производилась с помощью программы NT-MDT Image Analysis.

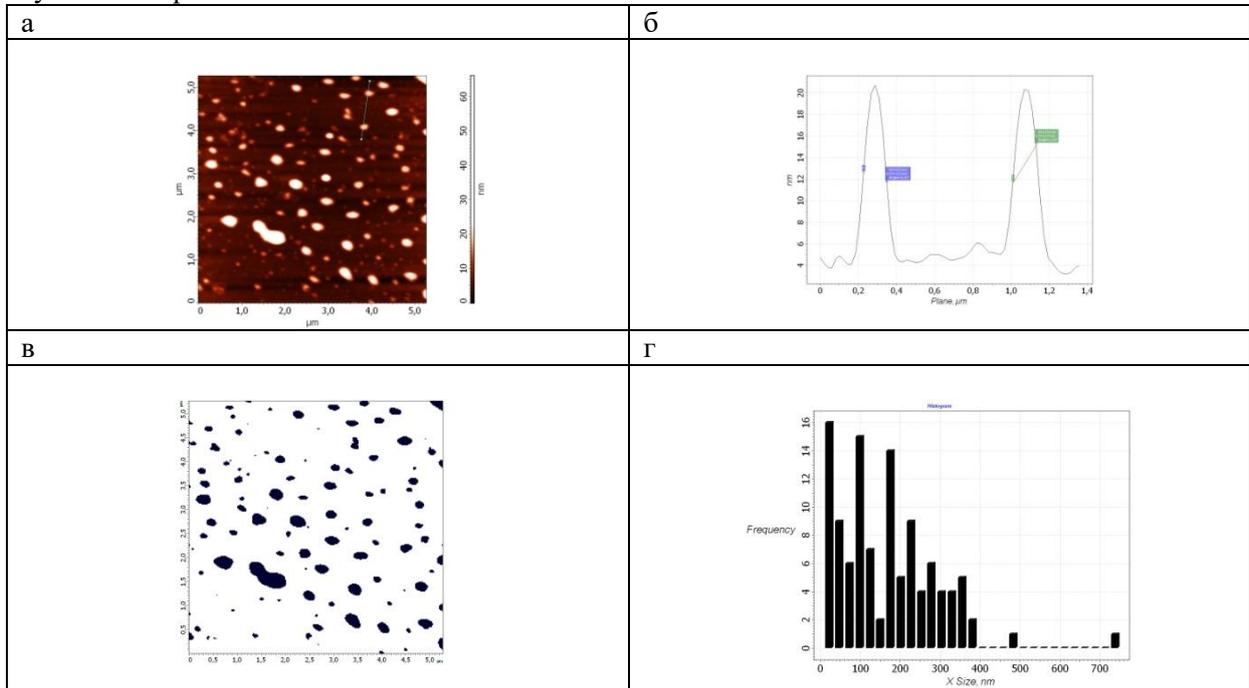
Исследования спектров электронного поглощения проводили на спектрофотометре SOLAR PV 1251c (СОЛАР, Беларусь). Спектрально-флуоресцентные характеристики пигментов исследовали на спектрофлуориметре SOLAR SFL-1211A (СОЛАР, Беларусь).

Результаты и их обсуждение

Структурные характеристики полимерных мицелл, приготовленных из нейтральных сополимеров mPEG-PCL и mPEG-PLA, были изучены с использованием различных методов. Оценку размеров полимерных частиц, нагруженных хлоринами в различных соотношениях, проводили методами динамического светорассеяния и АСМ. На основе анализа АСМ-изображений структур из сополимеров (рис. 1а) определяли их размеры (сечение рельефа поверхности частиц (рис. 1б), выделенных на рис. 1а), средний диаметр по совокупности частиц, а также распределение мицелл в образце по размерам (рис. 1в, 1г).

Размеры полимерных мицелл были определены в контроле и при нагрузке ФС в соотношении от 1:3 до 1:9. Было показано, что средний диаметр ненагруженных мицелл mPEG-PLA составляла 120 нм. Нагрузка хлоринами сопровождалась увеличением размеров мицелл, при максимальной степени нагрузки 35-40 % средний диаметр полимерных везикул mPEG-PLA составлял 145-150 нм. Средний диаметр мицелл, приготовленных из mPEG-PCL был 100-110 нм и практически не зависел от нагрузки ФС. Согласно данным динамического светорассеяния и АСМ полученные препараты мицелл характеризовались высоким уровнем полидисперсности, что, по-видимому, обусловлено их агрегацией в водных растворах. Степень агрегированности сильно зависела от условий подготовки (температура, продолжительность и интенсивность встряхивания суспензии) на стадии самоорганизации полимеров в мицеллы. Было показано, что, меняя условия подготовки препаратов, можно варьировать размеры мицелл из сополимеров в широких пределах (от 50 до 200 нм).

Нагрузка мицелл из mPEG-PCL и mPEG-PLA хлоринами (Хл е₆, ДМЭ) не изменяла их основные структурные характеристики. Согласно данным динамического светорассеяния формирование полимерных мицелл в присутствии Хл е₆ или ДМЭ сопровождалось небольшим снижением (5-10 %) величины гидродинамического радиуса наночастиц, при этом степень полидисперсности суспензии практически не изменялась.



а – изображение при окне сканирования 5x5 мкм; б – оценка размера указанных на (а) частиц, сечение рельефа поверхности; в - сечение плоскостью 12 нм, в подсчете 110 частиц, средний диаметр по всем частицам 124 нм; г – распределение частиц по размерам;
Соотношение mPEG-PLA:Хл е₆ (5:1).

Рис. 1. АСМ-изображение мицелл из mPEG-PLA с Хл е₆ и оценка их размера

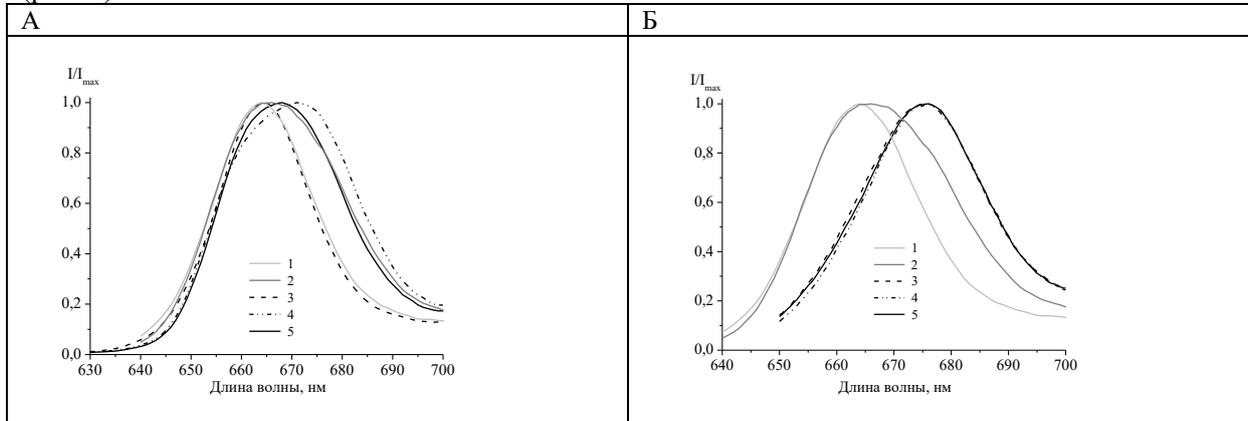
Результаты исследования спектральных характеристик флуоресценции позволяют с высокой степенью вероятности предположить, что молекулы ДМЭ локализируются в центральной области мицелл mPEG-PCL и mPEG-PLA. Именно такая локализация обеспечивает неполярное микроокружение для которого характерно длинноволновое положение спектров возбуждения и флуоресценции ФС. Относительно высокие значения интенсивности флуоресценции ДМЭ свидетельствуют, что в составе мицелл данный фотосенсибилизатор находится преимущественно в мономерной форме.

Локализация молекул Хл е₆ в составе мицелл mPEG-PLA и mPEG-PCL, другая. В mPEG-PCL мицеллах молекулы Хл е₆ расположены в составе гидрофобного ядра, что подтверждается длинноволновым положением спектров возбуждения и испускания флуоресценции. В мицеллах mPEG-PLA полярность микроокружения молекул Хл е₆ соответствует полярности водных растворов, что предполагает иной характер локализации центров связывания этого сенсibilизатора.

Таким образом, можно полагать, что связанные с полимерными мицеллами mPEG_PCL молекулы Хл е₆ и его ДМЭ находятся в неполярном окружении, вероятно, в полимерном ядре. С данным предположением согласуются также результаты поляризационных измерений. Было показано, что Хл е₆ и ДМЭ в составе mPEG-PCL имеют высокие значения степени поляризации флуоресценции (16-18 %), что свидетельствует о жесткой фиксации хлоринов в составе ядра мицелл. Флуоресценция Хл е₆ в составе мицелл mPEG-PLA характеризуется низкими значениями степени поляризации флуоресценции вследствие относительно высокой скорости вращательной релаксации в полимерном окружении.

При использовании полимерных мицелл в качестве носителей ФС при фотодинамической терапии значительный интерес представляет оценка скорости выхода молекул ФС из состава наночастиц в биологических системах.

Для оценки этого параметра в суспензию мицелл mPEG-PLA и mPEG-PCL, нагруженных Хл е₆, вводили раствор сывороточного альбумина быка (САБ), обладающего высоким сродством к данному ФС. Как было показано ранее, альбумины являются основными переносчиками Хл е₆ в плазме крови [3]. Спектральные характеристики флуоресценции Хл е₆ в комплексе с сывороточным альбумином отличаются от аналогичных параметров Хл е₆ в составе полимерных мицелл (рис. 2).



а – мицеллы Хл е₆_mPEG_PLA (1:5); б – мицеллы Хл е₆_PEG_PCL (1:5).

Концентрация сополимеров mPEG_PLA и mPEG_PCL в мицеллах – 2,5 мг/мл. Концентрация Хл е₆ в образцах – 1×10^{-7} М. Концентрация САБ в образцах – 0,2 мг/мл. а: 1 – Хл е₆ в ФСБ; 2 – Хл е₆ в растворе САБ; 3 – Хл е₆–mPEG-PLA в ФСБ; 4 – Хл е₆–mPEG-PLA в растворе САБ (30 минут инкубирования); 5 – Хл е₆–mPEG-PLA в растворе САБ (3 часа инкубирования); б: 1 – Хл е₆ в ФСБ; 2 – Хл е₆ в раствор САБ; 3 – Хл е₆–mPEG-PCL в ФСБ; 4 – Хл е₆–mPEG-PCL в растворе САБ (1 час инкубирования); 5 – Хл е₆–mPEG-PCL в растворе САБ (24 часа инкубирования).

Рис. 2. Спектры флуоресценции Хл е₆ в фосфатном буфере и в составе полимерных мицелл при добавлении САБ.

Анализ спектральных и поляризационных характеристик флуоресценции при введении нагруженных мицелл в раствор сыворотки показал, что практически все молекулы Хл е₆ выходят из мицелл mPEG-PLA в течение 30-40 минут и связываются с белками. В случае mPEG-PCL мицелл скорость выхода молекул фотосенсибилизатора крайне низка, даже после 24 часов инкубирования большая часть молекул фотосенсибилизатора остаются в составе полимерных везикул.

При анализе процессов выхода из состава мицелл ДМЭ в качестве акцепторных структур вместо сывороточного альбумина мы использовали сыворотку крови, поскольку основными переносчиками молекул ДМЭ в плазме крови являются липопротеины низкой и высокой плотности [3]. Добавление сыворотки крови к суспензии мицелл обеспечивает возможность перераспределения фотосенсибилизатора на липопротеины. Исследование спектральных характеристик флуоресценции ДМЭ в составе полимерных мицелл при добавлении сыворотки крови свидетельствует об очень медленном перераспределении его на белки сыворотки крови: в течение 24 часов практически не изменялись спектры ДМЭ как в mPEG-PLA, так и в mPEG-PCL (данные не приведены).

Структурная устойчивость и неизменность физико-химических характеристик полимерных мицелл и их комплексов с ФС имеют принципиальное значение при использовании в фотодинамической терапии. Синтезированные мицеллы mPEG-PLA и mPEG-PCL в свободном виде, а также нагруженные Хл е₆ и ДМЭ сохраняют неизменными свои основные структурные характеристики на протяжении по крайней мере 2 недель хранения в виде раствора в фосфатном буфере. Согласно данным АЭС и динамического светорассеяния средние размеры мицелл и степень полидисперсности в течение 2 недель хранения в растворе увеличиваются не более чем на 10 % .

Заключение

Проведенные исследования показывают, что применение сополимеров mPEG-PCL и mPEG-PLA позволяет получать высокостабильные мицеллярные структуры, пригодные для создания новых фармакологических форм ФС. Изменение структурных характеристик подобных форм может позволить направленно контролировать фармакокинетику фотосенсибилизаторов при проведении фотодинамической терапии.

Список литературы

1. Poly lactide-Based Block Copolymeric Micelles Loaded with Chlorin e6 for Photodynamic Therapy: In Vitro Evaluation in Monolayer and 3D Spheroid Models/ P. Kumari [et al.] //Molecular Pharmaceutics. 2017. № 11. V. 14. P. 3789-3800.
2. Nanoparticles as vehicles for delivery of photodynamic therapy agents/D. Bechet [et al.] //Trends in biotechnology.2008. №11.V.26. P.612-621.
3. Зорин В.П., Хлудеев И.И., Зорина Т.Е. Распределение порфириновых сенсбилизаторов между белковыми и клеточными элементами крови//Биофизика. 2000. №.2. Т. 45. С. 313-319.

УДК 004.056.5

ЗАЩИТА ДАННЫХ В МЕДИЦИНСКИХ СИСТЕМАХ НА ОСНОВЕ РАСПРЕДЕЛЕННОГО ГОМОМОРФНОГО КОДИРОВАНИЯ

С. Б. САЛОМАТИН

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
П. Бровки, 6, Минск, 220013, Беларусь*

Аннотация. Цифровая медицина открывает перспективу взаимодействия двух или более объектов, занятых в услугах медицинской помощи. Заинтересованные стороны могут связаться друг с другом на «уровне операций» «доверительных отношений», причем потенциальная ответственность в таком отношении ограничена только связью «уровня операций». Необходимым условием является защита данных в соответствии с принятой политикой безопасности.

Ключевые слова: гомоморфное отображения, разделение секрета, китайская теорема об остатках, модулярные вычисления

Abstract. Digital medicine offers the prospect of the interaction of two or more objects involved in medical care services. Interested parties can communicate with each other at the “transaction level” of a “trust relationship”, and the potential liability in this respect is limited only by the “transaction level” link. The prerequisite is data protection in accordance with the accepted security policy.

Keywords: homomorphic mappings, secret separation, Chinese remainder theorem, modular calculations

Введение

Благодаря прозрачной, интегрированной информационной среде информация становится легко доступной и быстро обрабатываемой. Политика защиты медицинской информации при многостороннем обмене включает с себя административные, физические, и технические меры безопасности, чтобы защитить частные (личные) и секретные данные от неправомерного раскрытия, разрушения, или модификации во время сбора, обработки, передачи или хранения с учетом.

Одно из возможных направлений развития систем защиты данных связано с алгоритмами распределенного преобразования на основе метода разделения секрета и гомоморфного криптокодирования

Алгоритм гомоморфной защиты данных

Если (G_1, \otimes) и (G_2, \otimes) две группы, тогда функция $f : G_1 \rightarrow G_2$ определяет гомоморфизм группы, если $f(x * y) = f(x) \otimes f(y)$, для всех $x, y \in G_1$ [1].

Различают *частичное гомоморфное криптокодирование*, когда имеют место аддитивный $Enc(x) + Enc(y) = Enc(x + y)$ гомоморфизм и мультипликативный гомоморфизм $Enc(x) \times Enc(y) = Enc(x \times y)$ Полное гомоморфное кодирования позволяет использовать произвольные вычисления в алгоритмах защиты данных.

Алгоритм криптозащиты на основе полного гомоморфизма.

1. Секретный ключ p определяется как большое простое число.
2. Выбирается большое целое q .
3. Выбирается малое целое $r < p/2$.
4. Операция криптокодирования бинарных данных m определяется как
$$c = qp + 2r + m \text{ для } m \in \{0, 1\}.$$
5. Операция декодирования выполняет $(c \bmod p) \bmod 2 = m$.

Алгоритм вычисления отображений на основе метода разделения секрета

1. Выбирается число t и массив данных преобразуется в новый массив B в виде матрицы из m строк и t столбцов.

2. Для каждой k -й строки матрицы, для заданного значения x , вычисляется полином

$$s_k(x) = s_0 + s_1x + \dots + s_{t-1}x^{t-1} \pmod{p}.$$

Результаты вычислений образуют m строк массива A_x .

3. Массив A_x преобразуется в матрицу размером $a \times b$, которая является возвращаемым отображением.

4. Изменяя значение x и повторяя шаги 2 и 3 алгоритма, формируются множество n различных отображений.

Предположим, что имеется n различных отображений и используется (t, n) -схема разделения секрета [2]. Любая комбинация из t различных отображений позволяет построить алгоритм восстановления. Определим массив $X = \{x_0, x_1, \dots, x_{t-1}\}$ для хранения значений x , соответствующих выбранным t отображениям.

Алгоритм восстановления массива данных по отображениям.

1. Все A_x -матрицы t отображений преобразуются в массивы длиной m .
2. Элемент с номером i каждого массива задается как $s_i(x_l)$, где l – индекс соответствующего массива, а x_l представляет собой l -й элемент массива X . В результате формируются t значений: $s_i(x_0), s_i(x_1), \dots, s_i(x_{t-1})$.

3. Составляется система уравнений следующего вида

$$s_i(x_0) \equiv s_0^i + s_1^i x_0 + \dots + s_{t-1}^i x_0^{t-1} \pmod{p},$$

...

$$s_i(x_{t-1}) \equiv s_0^i + s_1^i x_{t-1} + \dots + s_{t-1}^i x_{t-1}^{t-1} \pmod{p}.$$

Решение системы уравнения дает значения s_0^i, \dots, s_{t-1}^i , являющиеся элементами i -й строки восстанавливаемого массива B .

4. Шаги 2 и 3 алгоритма повторяются, до тех пор, пока все элементы каждого массива не будут вычислены, что дает полный восстановленный массив B .

5. Массив B размером $m \times t$ преобразуется в массив исходного размера $H \times W$, что дает восстановление исходного массива данных.

Моделирование в среде матлаб дает следующие результаты (рис. 1)

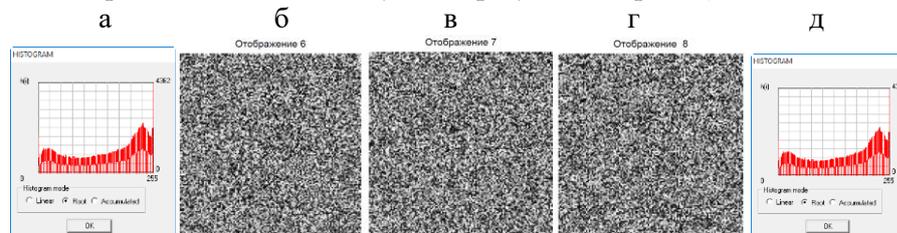


Рис. 1. Моделирования алгоритма разделения секрета:

- а) – исходное изображение; б, в, г) – гомоморфная кодировка изображения алгоритмом разделения секрета; д) – восстановленное изображение

Заключение

Применение гомоморфного кодирования позволяет решить задачу защиты данных от методов криптоанализа на основе параллельных алгоритмов обработки. Защита пространственно распределенных данных основана на невозможности вычислить точно t -й корень системы из $(t-1)$ уравнений при криптоанализе алгоритма разделения секрета

Список литературы

1. Gentry, C. Fully homomorphic encryption using ideal lattices. In Symposium on Theory of Computing/ C.Gentry, – STOC 2009, ACM, 169–178, 2009.
Distributed Storage scheme Based on Secret Sharing Schemes/ Shuang Wang, School of Electrical and Computer Engineering, University of Oklahoma, Tulsa, OK, USA

МОРФОЛОГИЧЕСКАЯ ДИАГНОСТИКА КЛЕТОК РИД — ШТЕРНБЕРГА ПРИ ЛИМФОМЕ ХОДЖКИНА С ПОМОЩЬЮ ИСКУССТВЕННЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ

В.В. Пунько¹, Н.А. Волорова¹, В.С. Приходько²

¹Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники

²Гродненский государственный медицинский университет

Аннотация. Предложен способ морфологической диагностики клеток Рид – Штернберга при лимфоме Ходжкина с помощью искусственных нейронных сетей. Разработана архитектура комплекса программных средств для анализа препаратов (биопсий), состоящего из модулей для работы с данными и искусственными нейронными сетями. Рассмотрены способы обучения нейронных сетей в условиях нехватки данных для рассматриваемой и подобным им задачам.

Ключевые слова: искусственные нейронные сети, диагностика онкологических заболеваний, обучение искусственных нейронных сетей на малых выборках данных.

Abstract. Suggested a way to morphologically diagnose Reed – Sternberg cells in case of Hodgkin’s lymphoma using artificial neural networks. Designed complex program architecture consisting of blocks for processing data and artificial neural networks for tissue sample analysis. Researched problem of training neural networks with lack of representative datasets for this task and other similar ones.

Keywords: artificial neural networks, cancer diagnosis, training artificial neural networks on small datasets.

Введение

Онкологическое заболевание – одно из самых распространенных трудно диагностируемых заболеваний, которые всё чаще и чаще встречаются среди населения, и это никак не зависит от экономического статуса или социального положения людей. Этот тип заболеваний одни из самых летальных и проигрывают в смертности только сердечно-сосудистой патологии. Несмотря на весь прогресс в диагностике и методах лечения темпы увеличения количества онкобольных неуклонно растут, и проблема онкологии на данный момент является одной из самых актуальных в современной медицине.

Различных онкологических патологий огромное количество. Одного только рака молочной железы существуют десятки видов. Кроме того, у каждого вида есть различные подвиды, которые могут влиять на процесс и методы лечения. К примеру, самым распространенным видом онкологического заболевания являются рак легких, груди, кишечника и простаты, которые составляют порядка 45% всех случаев заболевания.

Несмотря на то, что онкологическая диагностика является актуальной темой, про неё очень мало знают вне профессиональной среды. От этапа попадания пациента к онкологу до этапа, когда онколог подозревает у пациента профильное заболевание и ставит диагноз, проходит много шагов. Эти шаги и называются онкологической диагностикой.

Если в результате обследования обнаружено какое-либо новообразование, то это еще не позволяет делать выводы о том, что у пациента рак. Роль диагностики в онкологии очень высока, и при наличии подозрения на новообразование, пациент отправляется на диагностики, который называется морфологическим обследованием.

Морфологическое обследование подразумевает забор материала (биопсия) и собственно морфологическое исследование, на основании которого делается заключение о диагнозе. От точности диагностики на этом этапе будет зависеть, подойдет ли назначенное лечение пациенту и насколько оно будет эффективно. Однако для того, чтобы говорить о диагностике какого-либо заболевания, нужно представлять его сущность.

В данной работе рассматриваются методы диагностики одного из онкологических заболеваний, а именно лимфомы Ходжкина или лимфогранулематоза. Лимфогранулематоз [1] – злокачественная патология, характерным признаком которой является наличие огромных клеток Рид – Штернберга. Он обнаруживается при микроскопическом исследовании и является одним из самых распространенных видов рака на сегодняшний момент (порядка 14% всех случаев). По всему организму рассеяна гигантская сеть лимфатических узлов, связанных тонкими сосудами. Эта сеть в организме занимается фильтрацией, и поэтому через нее постоянно проходят токсины и прочие вредные вещества, которые могут вызвать мутации. При неблагоприятных условиях или наличии мутаций нарушается процесс образования новых лимфоцитов, некоторые формы которых и составляют новообразование.

Данный вид рака можно обнаружить только морфологическим анализом. Для этого у пациента берут биопсию и подготовив препарат смотрят в микроскоп и визуально оценивают воз-

возможность - данный анализ может быть неверным в силу ряда причин, основной из которых является человеческий фактор. В данной работе предлагаются методы повышения точности и эффективности проведения этого этапа, и удаления фактора человеческой ошибки из анализа путем создания комплекса программных средств для анализа биопсии.

Описание задачи и теоретические сведения

Исходной информацией для проведения анализа являются изображения биопсий, на которых видны межклеточное вещество и различные клетки, среди которых нужно найти больные, если таковые имеются. Цель этой работы – разработка комплекса программных средств для обнаружения больных клеток. Данную задачу морфологического анализа можно разбить на три основных этапа. На первом этапе отделяются клетки от межклеточного вещества. На втором они сортируются на здоровые клетки и возможно больные (обычно большая часть клеток здоровые и такая сортировка очень сильно ускоряет работу). На третьем отобранные клетки классифицируются по заболеваниям.

Использование обычных детерминированных алгоритмов будет не эффективным так как данная задача является достаточно специфическое и для принятия решения следует учитывать огромное число факторов. Каждая новая биопсия является уникальной, потому здесь нужен интеллектуальный алгоритм, который сможет давать ответ опираясь на опыт предыдущих результатов. Поэтому было решено использовать искусственные нейронные сети.

Искусственная нейронная сеть – это математическая модель, которая имитирует биологические нейронные сети. Она представляет собой систему соединённых и взаимодействующих между собой простых процессоров (искусственных нейронов), каждый из которых имеет дело только с сигналами, которые он получает от других процессоров.

В большинстве случаев нейронные сети учатся алгоритмом, который называется обучение с учителем. Для использования этого алгоритма требуется наличие репрезентативной выборки данных, специально подготовленной для этого процесса (для каждого элемента из этой выборки известен результат).

Проблема в том, что выборка для нашей задачи недостаточно для использования аппарата нейронных сетей, и приходится работать с той выборкой, которая, имеется в нашем распоряжении. Для искусственного увеличения данных были использованы два метода. Первый метод увеличения количества данных, который был применён, – это кросс-валидация по k-блокам [2] (при обычном обучении выборка обычно разделяется на два блока: на одном нейронная сеть обучается, а на втором она тестируется; при кросс-валидации она обучается на каждом из блоков и тестируется на противоположном, что, по сути, позволяет удвоить количество данных для обучения). Второй – аугментация (искусственное изменение данных). Эти методы реализованы и были применены в нескольких блоках нашего комплекса.

С учетом того, что сеть глубока, а имеющаяся выборка небольшая по объему, то возникла проблема переобучения суть которой заключается в том, что сеть запоминает исходную выборку и не учится на среднее. Она решалась с помощью добавления дополнительных промежуточных слоев в сети между уже имеющимися под названиями dropout и batch-normalize, а также с помощью регуляризации весов [3] и выбивания нейронов.

Помимо этого, для смягчения последствий двух вышеуказанных проблем был использован автокодировщик [4] – это однослойная нейронная сеть, предназначенная для уменьшения шума данных, которая, как побочный эффект, еще и всегда выдает разный результат даже на одном и том же входном значении, что уменьшает вероятность переобучения и помогает слегка увеличить размер выборки.

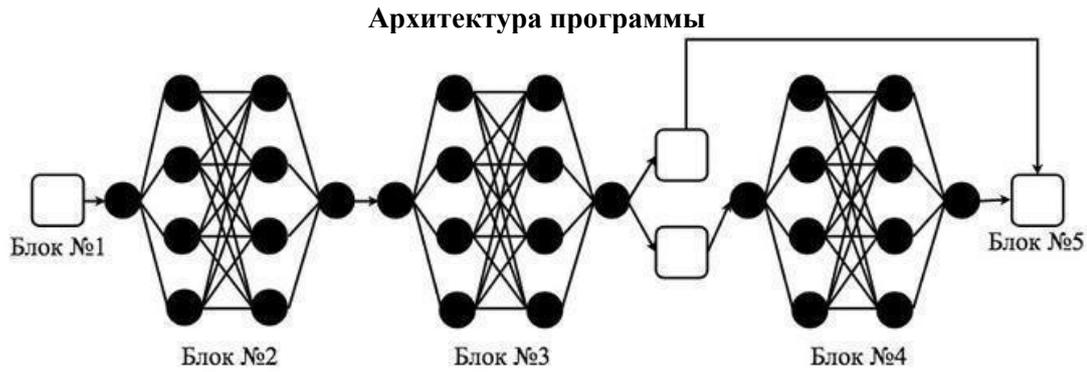


Рисунок 1. Схема архитектуры комплекса программных средств

Блок №1. Первым блоком в разработанной архитектуре (Рисунок 1) является препроцессинг. На данном этапе изображение проходит предварительную подготовку для работы с нейронной сетью. Этот этап очень важен, потому что изображения отличаются по цвету, размеру и наличию шумов от одной биопсии к другой. Препроцессинг унифицирует вид изображений так, чтобы нейронная сеть могла с ними стабильно работать. Для этого выполняются следующие действия:

1. Изображение переводится из цветовой модели RGB в цветовую модель HSV, так как в RGB нет возможности работать с яркостью пикселей.
2. Яркость полученного изображения повышается до максимума, для того, чтобы убрать различия, которые были созданы на препаратах (биопсий) из-за разницы в подсветках микроскопов.
3. Изображение возвращается в цветовую модель RGB и переводится в черно-белый формат, так как таким образом сегментировать изображение будет намного проще.
4. Для повышения контрастности изображения используем эквализация гистограммы изображения (Рисунок 2).

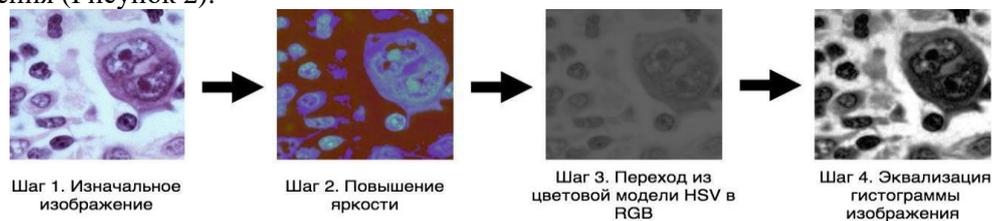


Рисунок 2. Пример преобразования изображение в препроцессинге

Блок №2. Вторым блоком является искусственная нейронная сеть с архитектурой, предназначенной для сегментирования изображений. На этом этапе все клетки, которые присутствуют на препарате (биопсии), должны быть отделены от межклеточного вещества. Используется архитектура нейронной сети U-Net: Convolution Network for Images Segmentation [5]. Данный тип нейронных сетей способен “накладывать” маску на изображение, тем самым убирая ненужные элементы, что достигается за счет свертки исходного изображения до вектора признаков (этот этап называется convolution). После чего, применяя полученные в ходе свертки признаки, изображение разворачивается до исходного (этот этап называется deconvolution), тем самым убирая лишние элементы.

В результате этой процедуры переданное с препроцессинга изображение будет обработано сетью и сеть создаст черно-белую маску для обрезания, где чёрный цвет – это межклеточное вещество, а белый – сами клетки. Далее по этой маске обрезается изначальное изображение (не прошедшее препроцессинг), причём оно обрезается таким образом, чтобы на каждом полученном изображении была только сама клетка. Все полученные изображения помещаются в вектор, который передается на следующий блок.

Блок №3. Третьим блоком является сверточная нейронная сеть, которая служит для сортировки клеток на те, которые точно здоровы, и те, которые возможно больны. Значительная часть клеток (около 80%), по статистике, на препарате являются здоровыми и будут исключены. Это помогает как ускорить процесс работы нейронной сети, так и сделать следующую нейронную сеть тоньше, так как для обучения тонкой нейронной сети требуется меньше данных и времени.

Сортировка клеток – это одна из задач классификации. Для этого используется искусственная нейронная сеть convolution neural network (CNN) с модификацией Xception [6], которая

позволяет сделать компактную глубокую сеть, нежели использование обычного алгоритма convolution neural network без модификаций. Данная модификация позволяет обрабатывать пространственную информацию и межканальную информацию изображения последовательно без потери качества работы сети и раскладывает обычную свертку на два этапа - pointwise convolution (обработка межканальной корреляции) и spatial convolution (обработка пространственной корреляции). Такие сети имеют меньше весов, а модель не проигрывает в точности.

В результате этого шага, все клетки, полученные путем сегментации изображения будут отсортированы на два класса – здоровые и возможно больные.

Блок №4. На этом этапе возможно больные клетки проходят процесс классификации, который очень схож с тем, который проводился в третьем блоке, однако классифицируются уже больные клетки по заболеваниям. Теоретически, данную модель можно натренировать на любое количество заболеваний, но в данной работе рассматривается лимфома Ходжкина. Рассматриваемая сеть имеет два класса и псевдокласс (клетки которые были классифицированы как возможно больные, но не являются таковыми): первый класс – лимфома Ходжкина, второй – все остальные больные клетки, класс заболевания которых нас не интересует. После этого сеть подает данные на последний блок приложения.

Блок №5. Последний блок формирует отчет о всех клетках на препарате, сколько здоровых, сколько больных и главное, где находятся раковые клетки. Это возможно сделать, имея данные, которые получил сегментатор на втором шаге нашего приложения. Отчет может использовать пациент для консультации с врачом или сам врач, ставя диагноз пациенту.

Заключение

В ходе данной работы была разработана архитектура приложения, которая способна диагностировать рак по биопсии, что облегчит работу врачей, и, в дальнейшем, поможет диагностировать раковые заболевания на ранних стадиях, тем самым спасая жизни людей. Также были решены некоторые проблемы с нехваткой данных и собрана репрезентативная выборка лимфогранулематоза, предоставляя возможность дальнейшего изучения этой разновидности рака методом статистического анализа.

Список литературы

1. Лимфогранулематоз / Л. П. Симберцова, Л. Холсти / М.: Медицина, 1985 - 304с.
 2. Машинное обучение на Python / Francois Chollet / СПб.: Питер, 2018 - 400с.
 3. Deep learning / Ian Goodfellow, Yoshua Bengio, Aaron Courville / MA: MIT Press, 2017 - 800с.
 4. Gradient-based learning applied to document recognition [Электронный ресурс]. - URL: http://vision.stanford.edu/cs598_spring07/papers/Lecun98.pdf (дата обращения: 06.04.2018).
 5. U-Net: Convolutional Networks for Biomedical Image Segmentation [Электронный ресурс]. - URL: <https://arxiv.org/pdf/1505.04597.pdf> (дата обращения: 25.07.2018).
- Xception: Deep Learning with Depth Wise Separable Convolutions [Электронный ресурс]. - URL: <https://arxiv.org/pdf/1610.02357.pdf> (дата обращения: 23.08.2018).

ДИАГНОСТИЧЕСКАЯ ЗНАЧИМОСТЬ БИОХИМИЧЕСКИХ МАРКЕРОВ ПРЕДИКТОРОВ АЛЛЕРГИЧЕСКИХ РЕАКЦИЙ

Н.В. НАСИБЯНЦ

Белорусская медицинская академия последипломного образования

Аннотация. В рамках ГПНИ «Фундаментальные и прикладные науки - медицине» по заданию 3.11. (2016-2018гг) «Разработать новые методики местного обезболивания у стоматологических пациентов», были выполнены биохимические исследования концентрации общего иммуноглобулина E (IgE), кортизола, гистамина, триптазы и адреналина в сыворотке крови и слюне у стоматологических пациентов с аллергическим компонентом на базе НИЛ БелМАПО. Определена диагностическая значимость биохимических маркеров - предикторов аллергических реакций.

Ключевые слова: аллергия, факторы риска, кортизол, гистамин, биохимические маркеры, диагностическая значимость.

Abstract. As part of the State Program for Scientific Research "Fundamental and Applied Sciences - Medicine" on assignment 3.11. (2016-2018) "Develop new methods of local anesthesia in dental patients", biochemical studies were performed on the concentration of total immunoglobulin E (IgE), cortisol, histamine, tryptase and adrenaline in serum and saliva in dental patients with an allergic component based on the Scientific Research Laboratory Belarusian Medical Academy of Postgraduate Education. The diagnostic significance of biochemical markers - predictors of allergic reactions was determined.

Keywords: allergies, risk factors, cortisol, histamine, biochemical markers, diagnostic significance.

Введение. В настоящее время аллергические заболевания представляют собой глобальную медико-социальную проблему современного здравоохранения и общества, так как являются одной из наиболее распространенных патологий в мире. По данным ВОЗ (Всемирная организация здравоохранения) различными аллергиями страдают от 20-40% человеческой популяции. Аллергию называют «болезнью цивилизации». В высоко развитых странах процент страдающих аллергией, преимущественно среди молодого населения значительно выше, чем в развивающихся и слаборазвитых странах. Загрязнения окружающей среды отходами промышленного производства, неблагоприятные социальные условия, рост потребления различных лекарственных препаратов, интенсивное использование средств дезинфекции (дератизации, дезинсекции) в быту и производстве, применение пестицидов и гербицидов в сельском хозяйстве, ухудшение качества питания, потребление генетически измененных продуктов, а так же сочетанное воздействие вышеперечисленных факторов на организм современного человека создают условия для высоких аллергенных нагрузок. Экономический ущерб от аллергических заболеваний достаточно высок и определяется не только затратами на лечения алергопатологии, но и на лечения осложненных аллергией вирусных, микробных и других неинфекционных заболеваний. Учитывая тот факт, что распространенность аллергией выше у молодого трудоспособного возраста контингента населения аллергические болезни приводят к трудовым потерям, социально-экономическому ущербу, выраженному снижению здоровья нации в целом.

Результаты многочисленных международных исследований показывают, что 60% пациентов страдающих аллергическим ринитом обращаются за медицинской помощью, а остальные считают, что болеют ОРВИ. Следовательно, статистика заболеваемости аллергической патологией не отражает истинной распространенности этого явления. При этом наиболее высокие значения наблюдаются в местности с наиболее экологически неблагоприятной обстановкой, обусловленной антропогенными воздействиями на окружающую среду и зависит от климатогеографических характеристик. Особую актуальность приобретают последствия необоснованного и бесконтрольного применения лекарственных препаратов (самолечение), использования множество консервантов и многокомпонентных биодобавок для приготовления продуктов питания.

Теоретический анализ. Целый ряд научных исследований посвящен изучению различных аспектов истинной аллергии, роли генетической предрасположенности, экзогенных, экологических и социальных факторов, обуславливающих ее реализацию. Аллергические заболевания (АЗ) – группа заболеваний, вызванных воздействием аллергена и сопровождающиеся повреждением собственных тканей организма вследствие изменений в иммунной системе человека. Аллергены бывают «экзо» и «эндо» (ауто). Экзоаллергены могут быть инфекционные и неинфекционные. К инфекционным относят бактериальные, грибковые, вирусные. К неинфекционным аллергенам относят климатические (мороз, солнце), сезонные (пыльца, тополиный пух), бытовые (пыль, стиральные порошки, моющие средства), эпидермальные (шерсть, перья, сперма), химические вещества и лекарственные средства. Различают специфическую истинную аллергию, неспецифическую, идиопатическую, немедленного и замедленного типа. В развитии аллергической реакции выделяют три стадии: иммунологическую - изменения в иммунной системе после попадания аллергена; патохимическую фазу сенсибилизации лимфоцитов (выброс гистамина, серотонина, простагландинов); патофизиологическую – фазу клинических проявлений. Выделяют 4 типа аллергических механизмов повреждения тканей: реагиновый, цитотоксический, повреждения иммунными комплексами и аллергическая реакция замедленного типа. К таким заболеваниям относятся: бронхиальная астма, поллиноз,

аллергический ринит, аллергодерматозы (крапивница и ангиоотеки и др.), лекарственная и пищевая аллергия. В настоящее время около 50-60%, так называемых, хронических «аллергических» проявлений являются результатом других болезней/и нарушений, но не аллергических, возможно токсических.

Стоматологический прием является самым массовым в структуре практического здравоохранения, 15 000 000 посещений в год. Анатомические зоны челюстно-лицевой области (слизистая оболочка полости рта, красная кайма губ) часто поражаются при аллергических реакциях системного и местного характера. Легкая доступность осмотра полости рта способствует ранней диагностике, в том числе и аллергических проявлений у пациентов.

У 99,6 % пациентов сопровождаются болевыми реакциями разной степени интенсивности, когда имеют место вегетативные нарушения с преобладанием симпатических реакций и 30% и более процентов пациентов вероятность развития аллергической специфической или неспецифической реакции, обусловленной факторами риска у пациентов.

К общим факторам риска развития аллергических реакций, в том числе и у стоматологических пациентов следует отнести:

- женский пол,
- метаболический синдром (увеличение массы тела),
- доминирование симпатической нервной системы,
- наличие вредных факторов производства,
- вредные привычки питания и быта (чрезмерное применение переработанных продуктов питания с увеличенным сроком годности, косметических средств и предметов бытовой химии);
- наличие татуировок;
- наличие домашних животных;
- нейроэндокринные нарушения (гипертиреоз);
- аутоиммунные нарушения;
- грибковая сенсibilизация;
- наличие трансплантатов и имплантатов.

К местным факторам, способствующим проявлениям аллергии в полости можно отнести: наличие конструкции с высокой вероятностью аллергии: хром, никель, хромоникелевые сплавы, пластмассы, композиты, наличие стоматологических имплантатов, многообразие конструкций в полости рта.

Имеют место и «парааллергии», при наличии общих антигенных детерминант на вещества одинаковой химической структуры (например, парабены, входят в состав эфирных анестетиков, большинства косметических средств и лекарственных препаратов), а также бесконтрольное применение лекарственных средств пациентами, в том числе и патентованных средств с нерасшифрованным составом (самолечение). Профессиональная компетентность врача предполагает знаний химических формул лекарственных препаратов, алгоритмов обследования пациентов, выявление групп риска и назначение превентивной моно или комбинированной терапии для профилактики аллергических реакций.

Биохимические параметры биологических жидкостей пациента являются объективными маркерами состояния пациента. Так, например, катехоламины: (адреналин, норадреналин) – маркеры острого стресса у пациента и показатели адаптации к стрессу, гормон надпочечников (кортизол) – маркер хронического стресса и аллергического фона, фермент: триптаза - маркер острой фазы аллергической реакции, амины (БАВ) (биологически активные вещества) - гистамин маркер воспаления и аллергии, иммуноглобулин Е - показатель иммунитета и маркер аллергии. В доступных литературных источниках отсутствует информация, посвященная диагностической достоверности содержания ряда биохимических параметров в крови и слюне пациентов при местном обезболивании в стоматологии на фоне аллергии[1,2].

В связи с вышеизложенным, в настоящее время имеются достаточные основания для разработки новых алгоритмов обследования пациента для выявления предикторов аллергии. Актуальность таких работ определяется потребностью практического здравоохранения, заинтересованного в разработке малоинвазивных методов диагностики, учитывая массовость амбулаторного сегмента медицинского обслуживания. [5].

Цель работы - определить диагностическую эффективность маркеров аллергических реакции в биологических жидкостях у пациентов с аллергическим компонентом.

Материалы и методы Диагностическая значимость или достоверность отдельного теста определяет его способность отражать истинное состояние исследуемых параметров в организме пациента, а также соответствие результатов данного диагностического теста объективным симптомам заболевания. Для установления диагностической значимости исследуемых показателей необходимо определять их диагностическую чувствительность, специфичность и точность (эффективность) [4].

Чувствительность теста отражает вероятность положительного результата у пациента с наличием конкретного заболевания, то есть способность выявлять заболевание, при этом, чем она выше, тем чаще с помощью данного показателя будет выявляться заболевание, и, следовательно, тем он более эффективен. В то же время, если такой высокочувствительный тест оказывается отрицательным, то наличие заболевания маловероятно, поэтому его следует применять для исключения патологического процесса. Специфичность теста демонстрирует вероятность отрицательного результата у пациента без конкретной патологии, поэтому, чем выше специфичность метода, тем надежнее с его помощью исключается заболевание. В медицинской диагностике оптимален метод исследования, который имел бы одновременно высокие специфичность и чувствительность, однако на практике это труднодостижимо, так как повышение чувствительности теста неизбежно будет сопровождаться потерей его специфичности и наоборот, повышение специфичности сопряжено со снижением его чувствительности. Общая точность или эффективность является объективным отражением процесса ложноотрицательной диагностики (невывяления патологии) и ложноположительной диагностики (гипердиагностики) патологического процесса.

Для установления диагностической значимости исследуемых параметров определяют диагностическую чувствительность (ДЧ), специфичность (ДС) и эффективность [3].

$$ДЧ = [ИП / (ИП + ЛО)] \times 100\%$$

$$ДС = [ИО / (ИО + ЛП)] \times 100\%$$

$$ДЭ = [(ИП + ИО) / (ИП + ЛП + ИО + ЛО)] \times 100\%,$$

где ИП – истинноположительные результаты теста;

ЛО – ложноотрицательные результаты теста;

ИО – истинноотрицательные результаты теста;

ЛП – ложноположительные результаты теста

Материалы и методы. Концентрацию общего иммуноглобулина Е (IgE), кортизола, гистамина, триптазы и адреналина в плазме крови, а также общего иммуноглобулина Е (IgE), кортизола, гистамина, триптазы в слюне определяли методом твердофазного иммуноферментного анализа тест-наборами на иммуноферментном анализаторе «Витязь», производства Республики Беларусь на базе отдела метаболической диагностики НИЛ БелМАПО.

Результаты и обсуждение. В результате выполненных исследований были получены следующие данные, отраженные в таблицах 1,2.

Анализ критериев диагностической значимости биохимических параметров в крови у пациентов с аллергоанамнезом при проведении местного обезболивания, представленных в таблице 1, показал, что наиболее информативными тестами являются содержание IgE, кортизола и адреналина. Так, диагностическая чувствительность этих тестов составила соответственно 80, 76 и 74%, диагностическая специфичность – 78, 72 и 70%, а диагностическая эффективность – соответственно 77, 74 и 72%, что указывает на их высокую диагностическую достоверность.

Таблица 1 - Критерии диагностической значимости, биохимических параметров сыворотки крови пациентов с аллергоанамнезом (n=33)

Биохимические параметры	Критерии		
	ДЧ,%	ДС,%	ДЭ,%
IgE, МЕ/мл	80	78	77
Кортизол, нмоль/л	76	72	74
Гистамин, нграмм/мл	65	54	56
Триптаза, нграмм/мл	36	40	35
Адреналин, мкг/л	74	70	72

Таблица 2 - Критерии диагностической значимости, биохимических параметров слюны (ротовой жидкости) у пациентов с аллергоанамнезом (n=33)

Биохимические параметры	Критерии		
	ДЧ,%	ДС,%	ДЭ,%
IgE, МЕ/мл	71	62	65
Кортизол, нмоль/л	78	74	76
Гистамин, нграмм/мл	76	82	79
Триптаза, нграмм/мл	28	36	30

Оценка критериев диагностической ценности биохимических параметров в слюне у пациентов с аллергоанамнезом, представленных в таблице 2, показала, что наиболее информативными тестами являются

содержания кортизола и гистамина. Так, диагностическая чувствительность для этих тестов составила соответственно 78% и 76%, диагностическая специфичность – 74% и 82%, а диагностическая эффективность – соответственно 76% и 80%, что свидетельствует об их высокой диагностической надежности.

Слюна содержит свободный, стабильный кортизол, уровень которого не зависит от содержания кортизол-связывающего глобулина, так как из кровотока пассивная диффузия липофильных молекул стероидов происходит через барьеры липофильных слоев капилляров и эпителиальных клеток слюнных желез быстрее, чем гидрофильных молекул пептидов. При этом сохраняется однонаправленность циркадных изменений концентрации кортизола в крови и слюне. Преимущества методики определения свободного кортизола в слюне (в отличие от исследований свободного кортизола в суточной моче и в крови): биоматериал стабилен при комнатной температуре до 7 суток; уровень кортизола в слюне не зависит от объема и скорости ее выделения.

Содержание гистамина в биологических жидкостях отражает концентрацию биогенных аминов, отвечающих за аллергический ответ организма. Данный показатель обладает самостоятельным диагностическим значением, используется для дифференциальной диагностики, профилактики и лечения аллергических реакций. Необходимо отметить, что использование слюны в качестве материала для исследования метаболитов является более предпочтительным в сравнении с кровью в виду своей неинвазивности, отсутствия временных и материальных затрат. Процесс сбора биоматериала не вызывает дискомфорта у пациента (страха, боли и т. п.), поэтому не провоцирует выброс адреналина в кровь, а значит, дает возможность получить наиболее достоверную диагностическую информацию.

Заключение Таким образом, по результатам выполненных исследований, можно констатировать: к наиболее диагностически значимым параметрам слюны (ротовой жидкости) для выявления аллергических реакций при местном обезболивании в стоматологии следует отнести содержание кортизола и гистамина, обладающих высокой диагностической чувствительностью и эффективностью.

Список литературы

1. Аллергология и иммунология. Национальное руководство. Под редакцией академика РАН и РАМН Р.М. Хаитова, проф. Н.И. Ильиной. - Москва, издательская группа ГЭОТАР-Медиа, - 2009, - 656 с.
2. Аллергология. Федеральные клинические рекомендации. Под редакцией академика РАН Р.М. Хаитова, проф. Н.И. Ильиной. РААКИ., М., 2014., 124 с.
3. Камышников В.С., Справочник по клинико-биохимической лабораторной диагностике: В2т. – Минск; Беларусь, 2002. – Т.1 – 495 с.].
4. Основы доказательной медицины : учеб. пособие / Т. Гринхалх ; Пер. с англ. - 3-е изд. - М. : ГЭОТАР - Медиа, 2008. - 288 с
5. Насибянец Н.В., Илюкевич Г.В. Перспективы сочетанного применения лидокаина и димедрола при регионарной анестезии./ Тезисы докладов 14 съезда Белорусского Общества физиологов и 3 Международной научной конференции. «Сигнальные механизмы регуляции физиологических функций», 5 октября 2017 г., С 81.

СОВРЕМЕННЫЕ ОЗДОРОВИТЕЛЬНЫЕ ПРОГРАММЫ САНАТОРИЯ «ОЗЁРНЫЙ»

А.М. КУПРАШЕВИЧ¹, В.А. КУРАТЧИК¹, Г.В. ЯКУБЕНКО¹, Т.Л. НИКИТЮК², Д.В. КОСТЯНЕЦКИЙ², Н.В. МАЗУР², Г. Н. ХОВАНСКАЯ²

¹ОАО Санаторий «Озёрный»

²Гродненский государственный медицинский университет

Аннотация. Это статья о популярных оздоровительных программах санатория «Озёрный». В нее включены те программы, по которым пациенты проходили реабилитацию в 2016 -2018 годах.

Annotation. This article is about modern recreation programmes of sanatorium «Ozerny». This article include programmes in which patients were rehabilitation in 2016 - 2018.

Санаторий Озёрный расположен в Гродненском районе Гродненской области. Основан в 2003 году. Рассчитан на 394 койко-мест. Он находится в смешанном лесу на берегу озера Белое. На территории санатория произрастают туя, можжевельник, ель, сосна, берёза, ясень, ива, липа, самшит, роза, сирень, акация, рододендрон, пихта. Санаторно-курортное лечение в санатории «Озёрный» уникально тем, что сочетает специфические методы оздоровления и лечения, свойственные только данной местности. К таким методам относятся: климатолечение, бальнеолечение, грязелечение. На территории санатория, площадь которого составляет 16 га, расположены современные здания с комфортабельными одно-, двух- и трех- местными номерами, причем, как одноуровневые, так и двухуровневые номера. Помимо спальных корпусов, имеются отдельные уютные коттеджи. К услугам отдыхающих предоставляются: спортивный и тренажерный залы, библиотека, киноконцертный зал на 200 мест, открытый и крытый теннисные корты, конференц-зал на 30

человек, боулинг, бильярд, в зоне зимнего сада находится бар, дископол. Имеется доступ к бесплатному WiFi.

Санаторий оснащен аквапарком и бассейном на 25м с уникальной современной немецкой системой водоподготовки (вода очищается натуральной солью) имеются джакузи, русская и турецкая бани, финская сауна.

Профили лечения: общетерапевтический, сердечно-сосудистый, опорно-двигательный, заболевания органов дыхания, заболевания мочеполовой системы.

На базе санатория осуществляются лабораторная, ультразвуковая и функциональная диагностики, консультация психотерапевта. Весь спектр оздоровительно – профилактических программ проводится под постоянным наблюдением высококвалифицированных специалистов в своей области: 19 врачей, из них 8 имеют высшую категорию, 11 – 1-ую категорию. Средний медицинский персонал работает в количестве 44 человек. Врачи и средний медицинский персонал делают все, чтобы отдых и лечение пациентов было максимально комфортным и эффективным.

Для всех, кто желает провести свой отдых с максимальной пользой, санаторий «Озёрный» предлагает новые оздоровительные программы:

«Здоровое сердце»

Программа подготовлена для пациентов с заболеваниями сердечнососудистой системы, имеющих избыточный вес.

Перечень оказываемых услуг по программе: диетотерапия – индивидуальный подбор питания. Физические нагрузки: ЛФК, аквааэробика, скандинавская ходьба или велосипед, силовые тренировки, плавание, танцтерапия, ручной массаж или подводный, лимфомат или реабокс, веерный душ, магнитолазер (надвенно), фиточай.

«Оздоровительное питание и контроль (снижение) веса»

Цель программы: усвоение правил рационального питания и активного образа жизни.

Перечень оказываемых услуг по программе: диетотерапия – индивидуальный подбор питания. Физические нагрузки: ЛФК, аквааэробика, скандинавская ходьба или велосипед, силовые тренировки, плавание, обучение танцам, ручной массаж или подводный, лимфомат или реабокс, душ Шарко, скипидарные ванны, фиточай.

«Диабет-2»

Программа предназначена для пациентов с сахарным диабетом 2-го типа, имеющих избыточный вес.

Оказываются следующие услуги: диетотерапия – индивидуальный подбор питания. Физические нагрузки: ЛФК, аквааэробика, скандинавская ходьба или велосипед, силовые тренировки, плавание, обучение танцам, ручной массаж или подводный, реабокс, камерные ванны, ванны с минеральной водой, фиточай.

«Радость движения»

Программа предназначена для пациентов страдающих остеоартрозом и остеопорозом, имеющих избыточный вес.

Перечень оказываемых услуг по программе: диетотерапия – индивидуальный подбор питания. Физические нагрузки: современные методы кинезотерапии, аквааэробика, скандинавская ходьба, плавание, ручной массаж или подводный, лимфомат или реабокс, душ Шарко, грязелечение, фонофорез с хондроксидом.

«Жизнь без подагры»

Программа подготовлена для пациентов с гиперурикемией и клинической подагрой, имеющих избыточный вес.

В программу входят следующие услуги: диетотерапия – индивидуальный подбор питания. Физические нагрузки: ЛФК, аквааэробика, скандинавская ходьба, плавание, обучение танцам, ручной массаж или подводный, лимфомат или реабокс, душ Шарко, грязелечение, фонофорез с хондроксидом.

«Оздоровительная программа для мужчин»

Программа подготовлена для мужчин с избыточным весом, страдающих хроническим простатитом, ДГПЖ, эректильной дисфункцией.

Оказываются следующие услуги: диетотерапия – индивидуальный подбор питания. Физические нагрузки: ЛФК, аквааэробика, скандинавская ходьба или прогулки, силовые тренировки, плавание, обучение танцам, ручной массаж или подводный, грязелечение, лимфомат или реабокс, фиточай, озонные ванны или душ Шарко, уни-спок, авантрон или магнитотурботрон, массаж простаты.

«Оздоровительная программа для женщин»

Программа разработана для женщин с избыточным весом и нарушениями овариально-менструального цикла, климактерического периода, при состояниях, связанных с искусственной менопаузой.

В программу входят следующие услуги: диетотерапия – индивидуальный подбор питания. Физические нагрузки: ЛФК, аквааэробика, скандинавская ходьба или прогулки, силовые тренировки, плавание, обучение танцам, ручной массаж или подводный, грязелечение, лимфомат или реабокс, фиточай, душ Шарко, контрастные ванны, магнитотурботрон, карбокситерапия.

«Красота и здоровье»

Популярная программа для женщин. В санаторий Озёрный в эту программу входят: диетотерапия – индивидуальный подбор питания. Физические нагрузки: ЛФК, аквааэробика, скандинавская ходьба или велосипед, силовые тренировки, плавание, обучение танцам, ручной массаж, грязелечение, лимфомат или реабокс, фиточай, СПА- капсула, озонные ванны, подтягивающе-увлажняющая процедура (миостимулирующий массаж лица, шеи, зоны декольте, корректирующее – стимулирующее действие биопептидов и мелкодисперсной гиалуроновой кислоты.

Все процедуры назначаются исходя из индивидуальных особенностей пациента.

Всего проходило реабилитацию за 2016 год 7682 человека, за 2017 год 8216. Из них в 2016 году 357 человек (4,6%) проходили санаторно – курортное лечение по программам, в 2017 году 511 (6,2%).

Природно- климатические условия, кристально чистый ионизированный воздух, великолепная панорама окружающего ландшафта приятно сочетаются с высоким уровнем обслуживания и богатейшей лечебной базой. Все эти факторы сделали санаторий местом отдыха и эффективного оздоровления.

Литература:

1. ОТЕЛЬ Санаторий Озёрный. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.booking.com/hotel/by/sanatoriy-ozerniy.ru.html>. Дата доступа: 24.10.2018
2. Санаторий Озёрный. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://ozerny.by/ru/medical/medical-programs/1286/>. Дата доступа: 24.10.2018
3. ОАО «Санаторий «Озерный» . [Электронный ресурс].]. – Режим доступа: <https://grodnovisafree.by/glavnaya/gostinitsy-grodno/item/7705-oao-sanatorij-ozernyj.html>. Дата доступа: 24.10.2018
4. Лыньков, Л.М., Кульчицкий В.А. Медэлектроника-2016 // анализ использования методов и средств мед. реабилитации пациентов . – 2016. – С. 143-145.

УДК 615.473-047.86:616-78

СОВРЕМЕННЫЕ МЕДИЦИНСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ НА ПРИМЕРЕ АППАРАТА «ДИМ-1»

Н.В. НАСИБЯНЦ, П.Т. ЖУРКО, О.М. СОЛОВЕЙ, Е.А. ВОРОБЬЕВА

ГУО «Белорусская медицинская академия последипломного образования»,

Аннотация. Утилизация игл после медицинских манипуляций в лечебно-профилактических учреждениях здравоохранения Республики Беларусь методом сжигания в аппарате «ДИМ-1» включает этап химической дезинфекции и позволит не только снизить затраты на вывоз медицинских отходов, но и улучшить общее состояние здоровья медицинского персонала.

Выполненная в рамках ГНТП «Радиоэлектроника» по заданию № 2072-БПТ11, «Разработать и освоить производство деструктора игл медицинских» в 2017-2018 годах научно-исследовательская и научно-техническая работа, суть которой состояла в практической реализации технологии сжигания игл в условиях медицинских учреждений амбулаторного и стационарного типа, по результатам клинических испытаний успешно завершена. Головной организацией по заявленной теме было научно-исследовательское унитарное предприятие «ИЦТ ГОРИЗОНТ», медицинским соисполнителем ГУО «БЕЛМАПО». На базе НИУП «ИЦТ ГОРИЗОНТ» организовано

серийное производство аппарата, который востребован как на внутреннем, так и на внешнем рынках.

Ключевые слова: биологический материал, биологическая безопасность, деструктор, доклинические исследования, медико-технические требования, медицинская манипуляция, микрофлора.

Abstract. Disposing needles after medical procedures in health care institutions of the Republic of Belarus using the DIM-1 device eliminates chemical disinfection and will not only reduce the cost of exporting medical waste, but also improve the overall health of medical personnel.

Performed as part of the State Scientific-Technical Program “Radioelectronics” on the assignment №. 2072-ВРТ11 “Develop and master the production of medical needles ” in 2017-2018 the research and scientific-technical work, the essence of which consisted in the practical implementation of needles burning technology in ambulatory and inpatient medical institutions, according to the results of clinical trials successfully completed. The main organization on the stated topic was the research and development unitary enterprise “RPC HORIZON”, the medical co-performer of the SIE “ВМАРЕ”. On the basis of the research and production center “RPC HORIZON”, mass production of the device was organized, which is in demand both in the domestic and foreign markets.

Keywords: biological material, biological safety, destructor, preclinical studies, medical and technical requirements, medical manipulation, microflora.

Основными возбудителями внутрибольничных инфекций являются бактерии: грамположительные кокки, грамотрицательные палочки, псевдомонады, вирусы (в т.ч. возбудители вирусных гепатитов) и грибы (патогенные и условно-патогенные) [1-3, 5].

В целях профилактики внутрибольничного заражения после контакта с биологическими тканями пациента все изделия медицинского назначения, в том числе медицинские иглы, в обязательном порядке подвергаются дезинфекции и утилизации. Общеизвестны методы химической и физической дезинфекции. Однако все они имеют ряд существенных недостатков. Прежде всего – это высокая стоимость оборудования и средств химической дезинфекции, а также вероятность возникновения аллергических и токсических реакций у медицинского персонала. Кроме того, существующие методы дезинфекции не предназначены для малых объемов обеззараживаемого инструментария.

В связи с этим, в качестве оборудования для утилизации игл различного диаметра НИУП «ИЦТ ГОРИЗОНТ» разработан аппарат деструктор медицинских игл (Далее – «ДИМ-1») для использования в лечебно-профилактических учреждениях хирургического и терапевтического профилей, стоматологических и косметологических кабинетах амбулаторного и стационарного сегментов здравоохранения Республики Беларусь.

Аппарат «ДИМ-1» представляет собой переносной прибор настольного исполнения (рисунок 1).

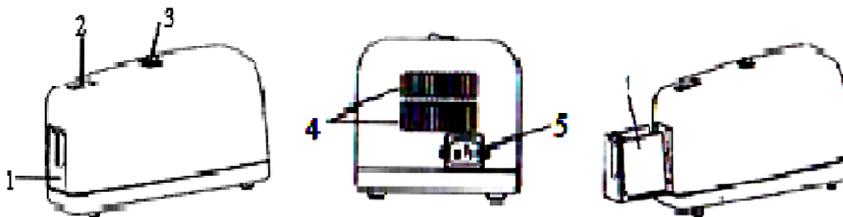


Рисунок 1 – Общий вид прибора «ДИМ-1»: а – общий вид, б – вид сзади, в – вид с извлеченным контейнером для сбора отходов; 1 – контейнер для сбора отходов, 2 – отверстие для плавки игл, 3 – переключатель сети «I/O», 4 – вентиляционные отверстия, 5 – разъем для подключения сетевого кабеля

Деструктор состоит из пластмассового корпуса, в котором расположены трансформатор напряжения питания, плата преобразователя напряжения, электроды плавильного узла, вентилятор. В состав плавильного узла входят: отверстие с латунной втулкой для ввода сжигаемой иглы – отверстие для плавки игл (2), нижний и верхний электроды – пластины из латуни; под ним находится выдвигной контейнер для сбора отходов (1).

Подключение деструктора к сети переменного тока осуществляется посредством сетевого кабеля РС-186W-VDE (1,8м) ф.Gembird с трехполюсной вилкой без заземляющего контакта (кабель входит в комплект поставки деструктора), который подсоединяется к разъему (5). Подача напряжения

питания осуществляется переключателем «I/O» (3) с подсветкой. Деструктор оснащен системой принудительного удаления дыма и газов, образующихся при сжигании игл. Очищенный угольным фильтром воздух выходит через вентиляционные отверстия (4).

Принцип действия деструктора основан на тепловом воздействии электрического тока, пропускаемого через проводник с низким сопротивлением. Уничтожение иглы осуществляется путем электротермического сжигания при температуре 1000 °С. Игла, находящаяся на шприце, вводится в отверстие для сжигания игл (2), и замыкает верхний и нижний электроды, в результате чего через нее протекает электрический ток большой силы, вызывающий нагрев и плавление иглы. Весь технологический процесс в зависимости от длины и диаметра иглы занимает от 1 до 3с. Отходы, образующиеся от сгоревших игл (1), собираются в контейнере и не содержат патогенной и условно-патогенной микрофлоры.

Деструктор обеспечивает быструю, безопасную и эффективную утилизацию использованных медицинских игл от одноразовых шприцев, инфузионных систем, внутривенных катетеров без предварительной дезинфекции самих игл.

В ходе выполнения экспериментальных исследований по установлению обсемененности микроорганизмами продуктов сгорания отработанных медицинских игл было установлено их полное уничтожение на объектах исследования, что соответствует МТТ (медико-техническим требованиям), ТУ (техническим условиям), программе экспериментальных исследований и нормативным документам [3-5].

По результатам доклинических исследований выполнен отбор оптимального варианта экспериментального образца аппарата для дальнейших клинических испытаний опытных образцов «ДИМ-1» в условиях лечебно-диагностических учреждений хирургического и терапевтического профиля здравоохранения Республики Беларусь.

Безусловными преимуществами указанного аппарата являются его компактность, отсутствие необходимости предварительной очистки (дезинфекции) уничтожаемой иглы, и исключение токсического воздействия на медперсонал. Эргономические характеристики соответствуют физиологическим возможностям человека.

Для подтверждения заявленных возможностей прибора «ДИМ-1» на базе научно-исследовательской лаборатории БелМАПО был экспериментально воспроизведен процесс сжигания медицинских игл разного диаметра после инъекционных манипуляций. Учитывались технические параметры игл, такие как наружный диаметр сжигаемой иглы (0,25 – 1,65 мм), а также длина сжигаемой иглы – от 12 до 50мм.

На этапе доклинических испытаний экспериментального образца «ДИМ-1» были использованы микробиологические методы исследования. В результате микробиологических (*Bacillus* spp., *Candida* spp., *Clostridium* spp., *Micrococcus* spp., *Neisseria* spp., *Streptococcus* spp., *Streptococcus* spp., *Bacteroides* spp., *Aspergillus* spp., *Candida* spp., *Escherichia coli*, *Lactobacillus* spp., *Saccharomyces* spp) и молекулярно-генетических (ДНК вируса гепатита В, РНК вируса гепатита С) исследований утилизированные иглы явились стерильными и биологически безопасными. Исследование выполнено с применением современных материалов, высокочувствительных клинико-лабораторных технологий и представляет собой объективную и достоверную информацию с целью установления рабочих характеристик устройства «ДИМ-1».

Анализ результатов проведенных экспериментов подтвердил соответствие образца аппарата «ДИМ-1» назначению и предъявляемым требованиям по безопасной утилизации. Разработанный деструктор игл медицинских может использоваться в учреждениях медицинского и ветеринарного профилей Республики Беларусь, а также в учреждениях, проводящих научно-исследовательские работы.

Результаты применения деструктора игл медицинских «ДИМ-1» производства НИУП «ИЦТ ГОРИЗОНТ», Республика Беларусь, позволят повысить эффективность профилактики внутрибольничных инфекций, снизят количество токсических и аллергических реакций среди медицинского персонала и среди лиц, систематически применяющих инъекционные препараты.

Литература

1. Внутрибольничная инфекция / А. Е. Кулагин [и др.] // Медицинские знания. - 2011. - №: 2. - С. 7-9.

2. Внутрибольничная инфекция: современное состояние проблемы (первая часть) / И. А. Карпов, Н. В. Соловей, Ю. Л. Горбич // Клиническая инфектология и паразитология. - 2013. - №: 2. - С. 4 - 16.
3. Контроль стерильности медицинских изделий, простерилизованных методами. Анализ ошибок, выявленных в ходе контроля / Р. Л. Гутерман // Дезинфекционное дело. - 2012. - №: 2. - С. 26-31.
4. Государственная фармакопея Республики Беларусь II. – 2013. – Т.1, изд-е 2. – разделы 2.6.1, 5.1.10.
5. Изделия медицинские. Требования к образцам и документации, представляемым на токсикологические, санитарно-химические испытания, испытания на стерильность и пирогенность : изд. офиц. / ГОСТ 31214-2003. - Введ. с 01.01.2007. - Минск: Госстандарт Респ. Беларусь, 2006. - 20 с.

ИЗОТОПЫ РАДОНА И ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРИ ВОДОЛЕЧЕНИИ В САНАТОРИИ «РАДОН»

¹С.Н.СОКОЛОВСКАЯ, ²КАРПИШЕВИЧ Л.Г., ²МИНЬКО Н.П., ³ПОНОМАРЕВ В.А.

¹УО «Гродненский государственный аграрный университет»

²Филиал «Санаторий «Радон» ОАО «Белагроздравница»

³Открытое акционерное общество «Белагроздравница»

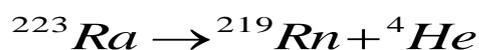
Изотопы радона, входят в состав всех естественных радиоактивных семейств, образуются при распаде изотопов радия. Поступающий из горных пород радон переходит в воду и в природе существует в виде радоновых минеральных вод. Радоновые воды успешно используются в качестве минеральных вод бальнеологического регистра в санатории «Радон». Эффект радонотерапии научно обоснован, достигается за счет воздействия на организм излучения радона и его дочерних продуктов. Считается, что основной эффект при радонотерапии вносит ²²²Rn, так как период полураспада имеет наибольшее значение. Хотя следует обратить также внимание и на присутствие в воде изотопов ²²⁰Rn и ²¹⁹Rn, образующихся из-за несколько повышенным содержанием радия в радоновых водах Беларуси. При распаде радона и дочерних продуктов распада выделяется альфа- и бета-излучение и в водной среде происходит радиолиз. Таким образом, в водной среде образуется достаточное количество свободных радикалов, перекиси водорода и дочерних продуктов, которые сорбируются на теле человека и, распадаясь оказывают лечебное воздействие. Под воздействием малого радонового излучения у больного, принимающего ванны, и принимавшего воду внутрь, происходит повышение уровня окислительно-восстановительных реакций во всем организме, что и способствует его выздоровлению.

Ключевые слова: изотопы радона, радонотерапия, радиолиз, повышение уровня окислительно-восстановительных реакций, лечебное воздействие.

Введение

Во всех естественных радиоактивных семействах присутствующих в настоящее время на Земле, промежуточными продуктами распада являются радиоактивные изотопы радона. Радон - это невидимый инертный газ, который в 7,5 раз тяжелее воздуха. Он освобождается из земной коры повсеместно.

Изотопы радона, входящие в состав этих радиоактивных семейств, образуются при распаде изотопов радия:



Наиболее долгоживущим радионуклидом радона является ²²²Rn (T_{1/2} = 3,8 суток). Периоды полураспада изотопов ²²⁰Rn и ²¹⁹Rn. соответственно составляют 55,6 и 3,96 секунды. При распаде изотопов радона образуются радиоактивные изотопы полония Po, висмута Bi и свинца Pb. Каким видам радиоактивного распада подвергаются изотопы радона, и какие радиоактивные про-

дукты при этом образуются, можно увидеть на представленных схемах распада изотопов радона: ^{222}Rn , ^{220}Rn и ^{219}Rn [4].

Средняя активность радона в почвенном воздухе разнотипных осадочных пород Беларуси варьируют в пределах от 1,9 до 25,3 кБк/м³, что намного порядков выше его активности в атмосферном воздухе (~ 4,4 Бк/м³). Благодаря разности концентраций происходит постоянное выделение почвенного радона в атмосферу [3].

Поступающий из горных пород радон переходит в воздух и (или) воду, поэтому в природе существует в виде радоновых минеральных вод и (или) воздушно-радоновых смесей. Его концентрации в воздухе (почвенном, атмосферном) и воде зависят как от содержания в горных породах, так и от величины выделения или эманирования. Рыхлые или сильнотрещиноватые породы, обладающие наибольшей свободной поверхностью, характеризуются повышенным эманированием [2,3].

Активность радона в континентальных поверхностных водах варьирует от десятых долей до 3,7 Бк/л. В подземных водах высокие концентрации радона отмечаются в зонах повышенной дробленности горных пород (зоны разломов, активных в новейшее геологическое время). Подземным водам в пределах скоплений или месторождений урановых руд свойственны концентрации Rn до сотен тысяч Бк/л и более.

Радоновые воды Беларуси отличаются несколько повышенным содержанием радия (1,19-2,28•10⁻¹¹ г/л). Установлено увеличение концентрации радона с глубиной [2].

На открытой местности из-за быстрого рассеяния в атмосферном воздухе радон не представляет опасности для человека. Однако, проникая внутрь зданий через микротрещины в фундаменте и стенах, а также в ванне комнаты с током воды, он может накапливаться в закрытых непрветриваемых помещениях.

В отличие от самого радона продукты, образующиеся в результате последовательной цепочки радиоактивных распадов его изотопов (схемы продуктов распада) хорошо сорбируются на содержащихся в атмосферном воздухе аэрозольных частицах и на поверхности органов дыхания при попадании в организм с вдыхаемым воздухом. Поэтому главную опасность для человека представляет не сам химически инертный радон, а радиоактивные и химически токсичные продукты его распада, накапливающиеся в организме [4].

Высокая эффективность применения радиоактивных вод в оздоровительных целях доказана многочисленными экспериментальными и клиническими исследованиями и широко освещена в литературе. Доказана высокая эффективность применения радонотерапии при заболеваниях опорно-двигательного аппарата, неврологических заболеваний, значительно расширен спектр показаний к применению радона в кардиологии, гастроэнтерологии и гинекологии [5].

Радоновые воды успешно используются в качестве минеральных вод бальнеологического регистра в санатории «Радон».

Ученые-биохимики разработали теорию радиационного гормезиса [1,7]. Гормезис происходит от слова «гормон» и обозначает побуждение или стимуляцию. Многочисленные исследования показали, что радиоактивность, например, того же радона в малых дозах является жизненно необходимым условием, стимулирующим защитные и другие функции организма. Биохимические сдвиги при малых дозах отражают ответ регуляторных систем целого организма, направленный на поддержание гомеостаза, активизации жизненного статуса организма. Активизация процессов репарации, иммунитета, регенерации превалируют при малых дозах облучения. Стимулирующее действие малых доз облучения:

- Повышение рождаемости от 24- до 54%;
- Активизация иммунной системы организма;
- Снижение риска ревматических и онкологических заболеваний.

Материалы и методы

Для исследования воды, содержащей изотопы радона, использовали дозиметр - радиометр МКС - АТ6130 и РКС-104. Дозиметр - радиометр МКС - АТ6130 предназначен для: измерения эквивалентной дозы и мощности эквивалентной дозы рентгеновского и гамма-излучения; измерения плотности потока бета-частиц, испускаемых с загрязненной радиоактивными веществами поверхности; измерения скорости счета импульсов рентгеновского и гамма-излучения; оперативного поиска источников ионизирующих излучений и радиоактивных материалов.

Приборы относятся к носимым средствам измерения и могут эксплуатироваться в лабораторных и полевых условиях службами радиационной безопасности, на предприятиях, имеющих дело с источниками ионизирующего излучения, для контроля уровней облучения медицинского персонала, работающего с источниками ионизирующего излучения.

Приборы измеряют:

а) мощность амбиентной дозы рентгеновского и гамма-излучения (далее мощность дозы) в диапазоне от 0,1 мкЗв/ч до 10 мЗв/ч;

б) амбиентную дозу рентгеновского и гамма-излучения (далее дозу) в диапазоне от 0,1 мкЗв до 100 мЗв;

в) плотность потока бета-частиц, испускаемых с загрязненной радиоактивными веществами поверхности в диапазоне от 10 до 10^4 част./($\text{мин}\cdot\text{см}^2$);

г) скорость счета импульсов зарегистрированного рентгеновского и гамма-излучения в диапазоне от 0 до $1,1\cdot 10^4$ имп./с.

Диапазоны энергий регистрируемого гамма-излучения от 20 кэВ до 3 МэВ.

Прибор РКС-104 предназначен для контроля радиационной обстановки на местности, в жилых или рабочих помещениях и имеет три режима измерения: мощности дозы внешнего гамма (и рентгеновского) излучения с энергией от 0,06 МэВ до 1,25 МэВ; плотности потока бета излучения с поверхности, загрязненной радионуклидами; удельной активности радионуклидов в водных растворах. Предусмотрена звуковая индикация превышения пороговых значений мощности дозы: 0,6 мкЗв/ч и 1,2 мкЗв/ч.

Диапазон измерений: мощности дозы гамма-излучения 0,1–999 мкЗв/ч; плотности потока бета излучения 0,1 – 999 $1/(\text{с}\cdot\text{см}^2)$; удельной активности 2 – 9990 Бк/г. Пределы основной относительной погрешности измерений: мощности гамма-излучения не более $\pm 30\%$, плотности потока бета излучения не более $\pm 45\%$, удельной активности не более $\pm 35\%$.

Эти же приборы использовались для контроля мощности эквивалентной дозы в помещении водолечебницы и за ее пределами.

Вода забиралась из ванн, приготовленных для прохождения процедуры, и контролировалась плотность потока бета-частиц, и удельная активность радионуклидов в водных растворах.

Результаты и обсуждение

Радоновые воды применяются в виде общих ванн (15 ванн отделение), локальных 4-х камерных ванн, питья слаборадоновой воды, для подводного вытяжения в радоновой воде, гинекологических орошений, микроклизм. Содержание радона соответствует средней активности от 20 до 80 нКи/л (0,75–2,2 кБк/л). Общие радоновые ванны чаще всего назначаются через день или 2 дня подряд с днем отдыха, при температуре $36-37^{\circ}\text{C}$, длительностью до 15 мин. на курс лечения 21 день до 8–10 ванн.

Эффект радонотерапии научно обоснован, достигается за счет воздействия на организм радона и его дочерних продуктов. Нет данных о процентном соотношении изотопов радона в используемой воде при прохождении процедур. Считается, что основной эффект при радонотерапии вносит ^{222}Rn , так как период полураспада имеет наибольшее значение (3,8 суток). Хотя следует обратить также внимание и на присутствие в воде изотопов ^{220}Rn и ^{219}Rn , так как используемая для процедур вода содержит несколько повышенным содержанием радия, из которого при распаде образуются изотопы радона. Следует отметить, в теплой воде достаточно быстро происходит диффузия изотопа ^{222}Rn в атмосферу и его вклад в дозу внешнего облучения при принятии ванн значительно уменьшается, а в процессе облучения скорее всего участвуют продукты его распада.

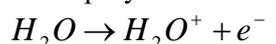
Основными продуктами распада радона являются изотопы полония Po, висмута Bi и свинца Pb. Рассмотрим, какой вид распада имеют эти изотопы, периоды полураспада и выделяемая энергия при распаде (таблица 1).

Таблица 1. Вид распада, период полураспада и выделяемая энергия некоторых продуктов распада изотопов радона.

Нуклид	Вид распада	Период полураспада	Выделяемая энергия МэВ
^{210}Po	α	138,376 сут	5,407
^{211}Po	α	516 мс	7,595
^{212}Po	α	299 нс	8,955
^{214}Po	α	0,1643 мс	7,883
^{215}Po	основной α	1,781 мс	7,527
^{216}Po	α	0,145 с	6,906
^{218}Po	основной α	3,10 мин	6,115
^{210}Bi	основной β^-	5,013 сут	1,426
^{211}Bi	α		5,982
^{212}Bi	основной α	2,14 мин	6,751
^{212}Bi	β^- 64,06%; α 35,94%	60,55 мин	2,252
^{214}Bi	основной β^-	19,9 мин	6,208
^{215}Bi	β^-	7,6 мин	3,272
^{210}Pb	β^-	22,3 года	0,064
^{211}Pb	β^-	36,1 мин	1,367
^{212}Pb	β^-	10,64 ч	0,570
^{214}Pb	β^-	26,8 мин	1,024
^{215}At	α	0,1 с	8,178
^{218}At	основной α	1,5 с	6,874

При распаде радона и дочерних продуктов распада, указанных в таблице, выделяется альфа- и бета-излучение. Энергия, выделяемая при излучении, поглощается молекулами воды и происходит их ионизация и радиолитиз воды (для альфа-частиц ионизирующая способность составляет от 30 до 100 тыс. пар ионов, для бета-частиц – 20-300 пар ионов). Причем, следует отметить, суммарная энергия, выделяемая при этом достигает немаленьких значений, которыми не стоит пренебрегать.

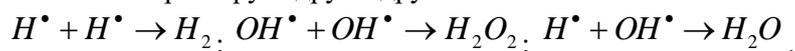
Сущность процесса радиолитиза заключается в следующем: от молекул воды отрывается электрон и образуется положительный ион:



Освободившийся электрон захватывается нейтральной молекулой воды и образуется отрицательный ион: $\text{H}_2\text{O} + e^- \rightarrow \text{H}_2\text{O}^-$.

Образовавшиеся ионы воды неустойчивы и самопроизвольно распадаются: $\text{H}_2\text{O}^+ \rightarrow \text{H}^+ + \text{OH}^\bullet$; $\text{H}_2\text{O}^- \rightarrow \text{H}^\bullet + \text{OH}^-$.

Образовавшиеся свободные радикалы H^\bullet и OH^\bullet не несут электрического заряда, но обладают высокой реакционной способностью. Радикал OH^\bullet имеет окислительные свойства, а радикал H^\bullet – восстановительные. Чем больше плотность ионизации, тем выше концентрация радикалов. Часть из них реагирует друг с другом:



Таким образом, в водной среде образуется достаточное количество свободных радикалов и перекиси водорода. Некоторые из дочерних продуктов сорбируются на теле человека и, распадаясь, оказывают воздействие на кожный покров. Выделяемое альфа- и бета-излучение не является опасными для кожных покровов, так как проникающая способность этих излучений очень маленькая (пробег в биоткани приблизительно составляет 0,1 мм и 0,5 см, соответственно).

Если проанализировать среднее суммарное время распада изотопов радона ^{222}Rn , ^{220}Rn и ^{219}Rn и их дочерних продуктов распада из расчета на один изотоп, получим следующие значения 3,854 суток (не учитывая ^{210}Pb , период полураспада которого 22,3 года), 11,81 ч и 1,33 ч, соответственно. Именно поэтому, при прохождении водолечения в виде радоновых ванн следует обратить внимание и на изотопы ^{220}Rn и ^{219}Rn и продукты распада ^{222}Rn , которые вносят значительный вклад в лечебный эффект.

Хотелось бы обратить также внимание на тот факт, что в теплой воде происходит ускоренная диффузия изотопов радона, и это происходит именно с ^{222}Rn . А изотопы ^{220}Rn и ^{219}Rn распадаются значительно быстрее (54,5 с и 3,92 с, соответственно), не успевая покинуть водную среду, и все продукты их дочернего распада остаются в воде и сорбируются на поверхностях в ней находящихся.

Были проанализированы данные по изменению активности проб воды, поступающей из скважин в водолечебницу. Данные представлены в таблице 2.

Таблица 2. Зависимость изменение активности проб воды с течением времени.

Время наблюдения мин	Активность проб Бк/л
10	2340
20	1980
40	1860
60	1700
100	1420
120	1280
160	960
180	880
220	620
300	500
600	100
900	40

Из представленных данных видно, что через 15 часов поток бета-частиц с поверхности пробы воды практически полностью прекращается. Важно отметить что, если проба воды находилась в закрытой емкости, то процесс снижения активности замедляется, так как возможно происходит процесс обратной диффузии.

Изотоп ^{222}Rn , испаряясь, накапливается в помещении водолечебницы, оказывая при этом дополнительное облучение пациентов и персонала, находящихся в водолечебнице. Так мощность эквивалентной дозы в помещении водолечебницы составляет 0,16 – 0,21 мкЗв/ч, а за пределами водолечебницы 0,08 – 0,11 мкЗв/ч. С потоком вдыхаемого воздуха радон может попадать в легкие пациентов и персонала. Именно поэтому стоит обратить особое внимание на усиление вентиляции воздуха в помещении водолечебницы, для уменьшения содержания радона.

Радоновые ванны – из воды естественных радоновых источников используются для лечения заболеваний опорно-двигательного аппарата, периферической нервной системы и др. Воздействие радоновых ванн сказывается в их болеутоляющем и успокаивающем влиянии. Благодаря ионизирующему излучению радон положительно влияет на центральную нервную систему, перестраивает и уравнивает процессы возбуждения и торможения, уменьшает болевой синдром и нормализует сон. Радоновые ванны влияют на функцию желез внутренней секреции (в частности, на щитовидную железу), на овариально-менструальный цикл, на белковый обмен, что сказывается в усилении выделения мочевой кислоты, улучшают работу сердечно-сосудистой системы. Радоновые ванны также используются для лечения кожных и нервных заболеваний, болезней кровообращения [5].

После принятия радоновой ванны отмечалось ускорение кровотока в суставах, купирование воспалительных явлений, значительное обезболивающее действие, улучшение подвижности суставов. Кроме того, радоновые ванны способствуют ускорению выведения мочевой кислоты из организма, поэтому их рекомендуют больным с подагрой, особенно в случае сочетания заболеваний суставов с артериальной гипертензией [5,6].

В 2013 году в Санатории «Радон» внедрена инновационная методика с применением радо-нотерапии «Горизонтальное подводное вытяжение в радоновой воде» для комплексной терапии пациентов с дегенеративными изменениями позвоночника. Действие радоновых ванн основано на ионизации молекул воды и белков и образовании метаболитов кислорода и гидроперекиси. Они обладают выраженным анальгезирующим и седативным действием, понижается проводимость по немиелинизированным нервным волокнам, усиливаются тормозные процессы в ЦНС, улучшается нервно-мышечная передача. На фоне приема радоновых ванн отмечается улучшение микроциркуляции, центральной гемодинамики, коронарного кровообращения, присутствует гипотензивный эффект.

В последние годы в санатории «Радон», стали применяться естественные радоновые воды для питьевого лечения. Особенно показано питьевая практика при болезнях почек и мочевыводящих путей, желудочно-кишечных заболеваниях. Радоновую воду назначают внутрь для лечения заболеваний желудка и кишечника. В гинекологии активно используют орошения радоновой водой.

При приёме радоновой воды внутрь возникает ряд опасностей.

При попадании внутрь организма радон и продукты его распада, распадаясь, ионизируют биологические молекулы тканей, вблизи которых происходит распад или происходит радиолиз воды, который мы описывали выше. Так в местах распада образуются свободные радикалы воды и биологические свободные радикалы, что может быть небезопасно для организма, а продукты распада могут быть токсичными. Именно поэтому, как и любой вид лечения, радонотерапия требует повышенного контроля со стороны врачей, и только под их чутким надзором приносит облегчение и выздоровление. Необходимо контролировать активность употребляемой воды и перед употреблением дать воде отстояться, чтобы продукты распада осели, а радон выделился из употребляемой воды. Однако в воде из радонового источника будет содержаться перекись водорода, которое при приёме внутрь может оказывать лечебное воздействие.

С успехом применяется в санатории радон для лечения больных хроническим простатитом с помощью радоновых ванн и микроклизм с радоновой водой. Исследователи отмечают, что содержащиеся в воде продукты распада радиоактивных веществ усиливают обмен веществ, повышают скорость кровообращения, способствуют активизации тканевых процессов и вызывают рассасывание воспалительных инфильтратов [5,6].

Под воздействием малого радонового излучения у больного, принимающего ванны, и принимавшего воду внутрь, происходит повышение уровня окислительно-восстановительных реакций во всем организме, что и способствует его выздоровлению.

Выводы

1. Кроме изотопов ^{222}Rn , следует обратить внимание и на присутствие в воде изотопов ^{220}Rn и ^{219}Rn , так как используемая для процедур вода содержит несколько повышенным содержанием радия, из которого при распаде образуются изотопы радона. Так через 15 часов поток бета-частиц с поверхности пробы воды практически полностью прекращается.

2. При распаде радона и дочерних продуктов распада указанных выделяется альфа- и бета-излучение. Энергия, выделяемая при излучении, поглощается молекулами воды и происходит их ионизация и радиолиз воды, что способствует повышению уровня окислительно-восстановительных реакций.

3. При попадании внутрь организма радон и продукты его распада, распадаясь, ионизируют биологические молекулы тканей, и происходит радиолиз воды. Так в местах распада образуются свободные радикалы воды и биологические свободные радикалы, что может быть небезопасно для организма, а продукты распада могут быть токсичными. Именно поэтому, как и любой вид лечения, радонотерапия требует повышенного контроля со стороны врачей, и только под их чутким надзором приносит облегчение и выздоровление.

Литература

1. Кузин А.М. Идеи радиационного гормезиса в атомном веке. М.: Наука, 1995. 198 с.
2. Матвеев А.В., Автушко М.И. Радонопродуцирующий потенциал пород платформенного чехла территории Беларуси // Літасфера, 2015. № 2 (43). - С. 143-149.
3. Матвеев, А.В. Радон в природных и техногенных комплексах Беларуси / А.В. Матвеев, А.В. Кудельский, Р.Е. Айзберг, И.В. Найденов, А.К. Карабанов, М.С. Капора, А.П. Стародубова // Літасфера, 1996. № 5. - С.151-161.

4. Основы радиоэкологии и безопасности жизнедеятельности / Г.А. Соколик [и др.]; под общ. ред. Т.Н. Ковадёвой, Г.А. Соколик, С.В. Овсянниковой. – Минск: Тонпик, 2008. – С. 77 – 91.
5. Разумов, А.Н. Современные возможности радонотерапии в медицинской реабилитации пациентов/ А.Н. Разумов, А.О. Пурига, О.В. Юрова // Вопросы курортологии, физиотерапии и лечебной физической культуры. Т. 92, № 4. 2015. - С. 54-60.
6. Улащик, В.С. Отчет о научно-исследовательской работе «Паспортно-аналитические данные питьевой минеральной воды филиала «Санаторий «Радон» ОАО «Белагроздравница» (скважина №1-р)», Минск, 2015.
7. Ярмоненко, С.П. Низкие уровни излучения и здоровье: радиобиологические аспекты // Медицинская радиология и радиационная безопасность. 2000. Т. 45. № 3.- С. 5-32.

СОЧЕТАННОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ РАДОНОТЕРАПИИ С ОЗОНОТЕРАПИЕЙ И КАРБОКСИТЕРАПИЕЙ В ПРОФИЛАКТИКЕ И ЛЕЧЕНИИ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ НАРУШЕНИЙ ПРИ МЕТАБОЛИЧЕСКОМ СИНДРОМЕ.

КАРПИШЕВИЧ Л.Г.¹, МИНЬКО Н.П.¹ БЕРДОВСКАЯ И.А.¹,
ПОНОМАРЕВ В.А.², ПИРОГОВА Л.А.³, МАЗУР Н.В.³

¹Филиал «Санаторий «Радон» ОАО «Белагроздравница»

²Открытое акционерное общество «Белагроздравница»

³Гродненский государственный медицинский университет

Актуальность проблемы и не всегда эффективная медикаментозная терапия диктуют поиск методов повышения первичной и вторичной профилактики заболеваний, приводящих к развитию метаболического синдрома, за счет рационального использования новых немедикаментозных методов лечения, которые суммарно с положительными эффектами курортных факторов увеличат эффективность в профилактике и лечении этой категории заболеваний. Применения радонотерапии, озон- и карбокситерапии (СУВ) в условиях лечения в санатории «Радон» подтверждает эффективность их использования для первичной и вторичной профилактики метаболического синдрома.

Ключевые слова: радонотерапия, озонотерапия, карбокситерапия, метаболический синдром, сухие углекислые ванны, сахарный диабет.

Введение

В настоящее время сердечно-сосудистые заболевания и сахарный диабет 2-го типа лидируют среди причин смертности, поэтому профилактика этих заболеваний является важной проблемой современности.

Санаторно-курортное лечение на этапе функциональных расстройств организма полностью отвечает профилактическому направлению здравоохранения. В основе профилактики любого заболевания лежит борьба с факторами риска. Выявление факторов риска, влияющих на развитие и прогрессирование патологии, одно из важнейших достижений медицины второй половины XX века.

С целью раннего выявления и устранения факторов риска сердечно-сосудистых заболеваний и сахарного диабета в медицине применяется термин «метаболический синдром». Метаболический синдром - это комплекс метаболических, гормональных и клинических нарушений, являющихся факторами риска развития сердечно-сосудистых заболеваний. В основе метаболического синдрома лежит невосприимчивость тканей к инсулину (основной гормон, отвечающий за усвоение глюкозы). Такое состояние называется инсулинорезистентностью. В крови повышается уровень и глюкозы и инсулина (гиперинсулинемия), однако поступления глюкозы в клетки в нужном количестве не происходит.

Несмотря на то, что обнаружена некоторая генетическая подверженность к метаболическим нарушениям, нарушение образа жизни играет не малую роль в развитии метаболического синдрома. Снижение физической активности и высокоуглеводный характер питания являются главными причинами того, что заболеваемость метаболическим синдромом возрастает. Метаболическим синдромом страдает около 25% населения западных стран. Это заболевание чаще встречается у мужчин, у женщин его частота возрастает в менопаузальном периоде. При метаболическом синдроме гормональные нарушения способствуют отложению жира в области живота, выше пояса. Возникает абдоминальный тип ожирения. По результатам последних исследований сама жировая ткань способствует развитию инсулинорезистентности. Однако не все составляющие метабо-

лического синдрома можно четко связать и объяснить инсулинорезистентностью, не изучены все возможные причины и механизмы развития инсулинорезистентности при абдоминальном ожирении.

Нарушения, объединенные рамками метаболического синдрома, длительное время протекают бессимптомно, нередко начинают формироваться в подростковом и юношеском возрасте, за долго до клинической манифестации в виде сахарного диабета, артериальной гипертензии и атеросклеротических поражений сосудов. Наиболее ранними проявлениями метаболического синдрома являются дислипидемия и артериальная гипертензия. Разумеется, не все компоненты метаболического синдрома встречаются одновременно.

Основные критерии метаболического синдрома:

- абдоминально-висцеральное ожирение (окружность талии более 102 см у мужчин и более 88 см у женщин);
- инсулинорезистентность при высоком уровне инсулина;
- дислипидемия (сочетание гипертриглицеридемии, низкого уровня ХЛ ЛВП и повышения фракции мелких ХЛ ЛНП);
- артериальная гипертензия (артериальное давление выше 130/85 мм рт. ст.);
- ранний атеросклероз и ишемическая болезнь сердца.
- возможные жалобы: на повышенную утомляемость, апатию, одышку, повышенный аппетит, жажду, учащенное мочеиспускание, головную боль, сухость кожи, потливость.

Теоретический анализ

Целью исследования явилось изучение эффективности лечения функциональных расстройств при метаболическом синдроме с применением перспективных направлений в санаторной практике в частности методов радонотерапии в сочетании с озонотерапией и карбокситерапией в виде сухих углекислых ванн.

Методика

С целью оценки эффективности лечения метаболического синдрома в условиях санатория «Радон» с применением радонотерапии, озонотерапии, карбокситерапии, была отобрана группа отдыхающих в количестве 60 человек (30 мужчин, 30 женщин) в возрасте от 40 до 70 лет, соответствующих критериям метаболического синдрома. Пациенты по методам лечения были разделены на 3 группы. Пациенты всех трех групп получали комплексное санаторно-курортное лечение соответствующее тяжести заболевания, а именно аэро-, гелио-, талассо-терапию, а также радонотерапию и грязелечение. Кроме этого пациенты первой группы (20 чел.) дополнительно получали озонотерапию, пациенты второй группы (20 чел.) – сухие углекислые ванны.

По наличию дополнительного фактора риска все пациенты были разделены на три подгруппы по 20 пациентов: с АГ подгруппа «А», с гипергликемией подгруппа «В», пациенты с ИБС I и II ФК и нарушениями ритма – подгруппа «С».

Озонотерапия проводилась в виде в/в капельных инфузий озонированного физиологического раствора, полученного на озонаторе Медозонс БМ-03 по 200 мл. Для достижения общего стимулирующего метаболического эффекта использовалась концентрация озона на выходе из озонатора из расчета 20 мкг на 1 кг массы тела пациента. При подсчете дозы введенного пациенту озона учитывалось, что концентрация растворенного в физиологическом растворе озона в среднем составляет 20% от концентрации озона в барботирующей раствор газовой смеси, то есть коэффициент пересчета равен 0,2. Это означает, что, например, при концентрации озона в озонородной смеси 1000 мкг/л в 1 литре физраствора растворится $0,2 \times 1000 = 200$ мкг О₃. Курс лечения составлял 5 процедур через день.

Для проведения сухих углекислых ванн использовалась специальная ванна «Реабокс» (концентрация СО₂ 30% в камере ванны и при средней t 39-40⁰ С). Продолжительность 15-20 мин., через день, на курс 6 процедур.

Для объективизации полученных данных во всех группах было проведено комплексное клиничко-лабораторное и инструментальное исследования. Они включали оценку клинического состояния, ЭКГ, Холтеровское мониторирование, общий анализ крови, биохимический анализ крови (глюкоза, гликированный гемоглобин, липидограмма).

В группу отбирались пациенты, имеющие данные амбулаторных либо стационарных обследований, проведенных по месту жительства давностью до трех недель, либо выполненные непосредственно до лечения в санатории.

Всем пациентам было проведено психодиагностическое обследование (тест определения самочувствия, активности, настроения (САН) шкала Айзена), анализ variability сердечного ритма по холтеровскому мониторингованию ЭКГ до и после лечения.

Результаты и обсуждения

В последнее время широко обсуждается воспалительная теория атеросклероза, выдвинутая еще XIX веке, и роль воспаления в развитии острых коронарных синдромов. В этой связи мы проанализировали состояние фагоцитарного звена до и после курса лечения во всех трех группах по результатам ОАК. Наиболее значимая достоверная положительная динамика отмечалась в группе с применением озонотерапии, что проявилось уменьшением лейкоцитоза, уменьшением СОЭ. Во второй и третьей группах обследованных достоверной динамики фагоцитарного звена не отмечалось. Однако отсутствие достоверной положительной динамики после радонотерапии и сухих углекислых ванн не исключает наличия противовоспалительных эффектов этих программ, но можно объяснить меньшей степенью такого влияния этих методов или недостаточным по длительности курсам применяемого лечения.

Оценка данных психодиагностических обследований продемонстрировала улучшение после лечения во всех группах пациентов всех параметров психотестов, но после применения озонотерапии и сухих углекислотных ванн выявлено наиболее выраженное достоверное снижение индекса тревоги и показателей тревожности.

Проанализированные результаты липидограмм пациентов дислипидемии выявили достоверную положительную динамику только в первой группе пациентов. Так под влиянием озона достоверно снижались уровень общего холестерина на 10,8%, триглицеридов на 7,5%, индекса атерогенности на 18,4%. Кроме того, у пациентов этой группы отмечалась тенденция повышения ЛПВП и снижения ЛПНП. После применения СУВ выявлена тенденция снижения показателей общего холестерина и КА. В третьей группе достоверной разницы показателей липидограмм не получено.

СД второго типа является одним из наиболее мощных факторов риска сердечно-сосудистых заболеваний и осложнений. В выделенной подгруппе «В» были рассмотрены результаты влияния ОЗТ и СУВ на показатели углеводного обмена у лиц с его нарушением. Применение озонотерапии способствовало снижению не только сахара крови натощак, но и оказывало нормализующее действие на показатели гликированного гемоглобина.

Сухие углекислые ванны и просто традиционный комплекс таких результатов не вызывали. Положительный эффект от лечения озонотерапией выражался также в уменьшении жажды, исчезновении полиурии, зуда кожи, слабости, компенсации состояния.

В подгруппе «С» у пациентов со стенокардией напряжения I-II ФК, к концу лечения отмечалась положительная динамика ЭКГ, по результатам холтеровского мониторингования у 70% инвертированный зубец Т стал положительным, у 35% отмечалось приближение сегмента ST к изоэлектрической линии. У всех больных отмечалось уменьшение количества экстрасистол, эпизодов «немой» ишемии за сутки, отмечалось ваготоническое действие в виде урежения сердечного ритма. Данные изменения были отмечены во всех трех группах, что указывает на основное влияние на данные процессы радонотерапии, лишь во второй группе (с сухими углекислыми ваннами) отмечался более выраженный ваготонический эффект. Также во всех трех группах отмечался гипотензивный эффект, что проявлялось снижением не только систолического артериального давления, но и, что особенно важно, диастолического артериального давления, что можно оценивать как основное влияние радонотерапии. Однако данный эффект был значительно более выражен во второй группе (с сухими углекислыми ваннами).

Гипотензивный эффект в значительной степени обусловлен улучшением нейрогуморальной регуляции тонуса и реактивности сосудов.

На основе анализа variability сердечного ритма по холтеровскому мониторингованию была отмечена активация парасимпатической регуляции, подтвержденная увеличением RMSSD-показателя на 30,2%, снижением ЧСС во всех трех группах, более выраженной активации парасимпатической системы, при этом была выявлена во второй группе. В первой группе (с озонотерапией) было выявлено достоверное увеличение SDNN index на 18%, что свидетельствует о повышении суммарной активности нейрогуморальных влияний на сердечный ритм, с одновременным снижением LF/HF на 30%, что можно объяснить уменьшением влияния симпатoadренальной активности в регуляции сердечного ритма.

Стоит отметить, что все пациенты переносили лечение хорошо и к его окончанию отмечали исчезновение или существенное ослабление выраженности жалоб.

Сравнительный анализ показателей клинического состояния пациентов показал преимущество включения озонотерапии или сухих углекислых ванн в комплексе санаторно-курортного лечения как адекватного физиологического воздействия, активирующего функциональные резервы организма в сравнении с традиционным санаторно-курортным лечением. Была отмечена положительная динамика с уменьшением метеочувствительности в группе, получивших озонотерапию, в меньшей степени после применения сухих углекислых ванн, что позволяет рекомендовать эти газовые смеси для профилактики метеотропных реакций.

Заключение

Таким образом, в ходе анализа применения радонотерапии, озон- и карбокситерапии (СУВ) в условиях лечения в санатории «Радон» было выявлено:

- подтверждение ваготонического, гипотензивного, противоаритмического действия радона;
- озонотерапия и сухие углекислые ванны являются мощными антистрессовыми и адаптивными факторами, способствующими устранению дисбаланса вегетативной регуляции.
- озонотерапия существенно влияет на показатели липидного и углеводного обмена.
- сухие углекислые ванны оказывают гипотензивное действие на лиц с артериальной гипертензией и умеренное действие на пациентов с дислипидемией, обладают ваготоническим эффектом и могут использоваться в комплексе гипотензивной и антисклеротической терапии.
- дифференцированное применение газовых смесей выявило более выраженную клиническую эффективность у больных с ИБС и сахарным диабетом и приоритет сухих углекислых ванн для лиц с артериальной гипертензией.
- радоно-, карбокси-, озонотерапии являются эффективными методами первичной и вторичной профилактики метаболического синдрома.

ЛИТЕРАТУРА

1. Мохорт Т.В., Холодова Е.А. Современные методы лечения сахарного диабета 2 типа.- Минск, 2002.
2. Критерии диагностики нарушения углеводного обмена. Инструкция по применению.- Минск, 2002.
3. И. И. Гусаров. Радонотерапия // Медицина//2000// Библиотека практикующего врача.
4. М.В.Карпунин, А.А.Ли, М.Е.Гусев «Радонотерапия».
- 5.Полушина Н.Д., Ботвинева Л.А., Фролков В.К. // Вопросы курортологии, физиотерапии и лечебной физкультуры.- 1999.- № 6.- С. 16-19.
6. Кононенко И.В., Суркова Е.В., Анциферов М.Б. // Проблемы эндокринологии.- 1999.- № 2.- С. 36-41
7. Баллюзек М.Ф. Возрастные особенности течения, надъядвчанная фототерапия сердечно-сосудистого метаболического синдрома: Автореф. дис. канд. мед. наук.- СПб., 2002.
8. Кобалава Ж.Д., Котовская Ю.В. Артериальная гипертензия в вопросах и ответах.- М., 2002.
9. Быков А.Т., Сычева Е.И., Конторщикова К.Н. Озонотерапия в комплексном лечении больных с ишемической болезнью сердца. — СПб., 2000.
10. Гуревич Г.Л., Кирковский В.В., Улащик В.С. и др. // Здоровоохранение. — 2004. — N 4. — С.23—27.
11. Колесова О.Е., Леонова Г.О. //Озон в биологии и медицине. — Н.Новгород, 1995. — С.4—5.

УДК 577.33/.34; 577.355

МЕТОД АНАЛИЗА РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ПОРФИРИНОВЫХ ФОТОСЕНСИБИЛИЗАТОРОВ МЕЖДУ КОМПОНЕНТАМИ СЫВОРОТАМИ КРОВИ

ЖУКОВ К.А., БОРИСОВ К.Н., ЯКОВЕЦ И.В., ЗОРИН В.П.

Белорусский государственный университет, 220030, г. Минск, пр. Независимости 4, Беларусь

Аннотация. Перераспределение молекул фотосенсибилизатора (ФС) в крови играет важную роль в определении фармакокинетики ФС и результативности фотодинамической терапии (ФДТ). В данной работе была проведена оценка возможности использования метода на основе измерений поляризации флуоресценции ФС для исследования процессов распределения порфириновых ФС мТГФХ и Хл е₆ между компонентами сыворотки крови. Полученные результаты свидетельствуют о том, что зависимость степени поляризации флуоресценции ФС от его концентрации в сыворотке крови можно использовать для определения типа белковых структур, с которыми связаны молекулы ФС. Использование данной методики позволит облегчить отбор новых препаратов и их лекарственных форм для проведения эффективной ФДТ.

Ключевые слова: фотодинамическая терапия, фотосенсибилизатор, белки сыворотки крови, поляризация флуоресценции.

Abstract. The redistribution of photosensitizer (PS) molecules in the blood plays an important role in determining of PS pharmacokinetics and efficiency of photodynamic therapy (PDT). In the present work, we evaluated the possibility of application of the method based on measurements of PS fluorescence polarization on the investigation of the distribution of porphyrin PS (mTHPC and chlorin e₆) between the components of blood serum. The results suggest that the dependence of the degree of PS fluorescence polarization on porphyrin concentration in serum can be utilized to determine the type of protein structures with which PS molecules are bound. The application of this technique will facilitate the selection of new drugs and their pharmaceutical formulations for effective PDT.

Keywords: photodynamic therapy, photosensitizer, cyclodextrin, serum proteins, fluorescence polarization.

Введение

Процессы распределения ФС в организме играют важную роль в определении результативности ФДТ. При попадании ФС в кровь происходит его обратимое связывание с белками сыворотки. И хотя в сыворотке содержится около сотни различных белков, лишь немногие из них ответственны за перенос и распределение препарата-сенсибилизатора. Согласно литературным данным, необходимым условием для эффективного транспорта лекарственных средств является достаточно высокая концентрация белка (> 1 г/л), и наличие у него способности связывать транспортируемый препарат [1]. Основными транспортными белками сыворотки крови являются сывороточный альбумин человека (САЧ) (35-40 мг/мл), липопротеины высокой плотности (0,35-0,85 мг/мл) и липопротеины низкой плотности (0,66-1,40 мг/мл) [1]. Одним из основных процессов, характеризующим эффективность взаимодействия белков сыворотки и ФС является равновесное распределение ФС между компонентами сыворотки. При этом, изменение равновесного распределения приводит к изменению фармакологического поведения препарата в организме и, соответственно, эффективности проведения терапии.

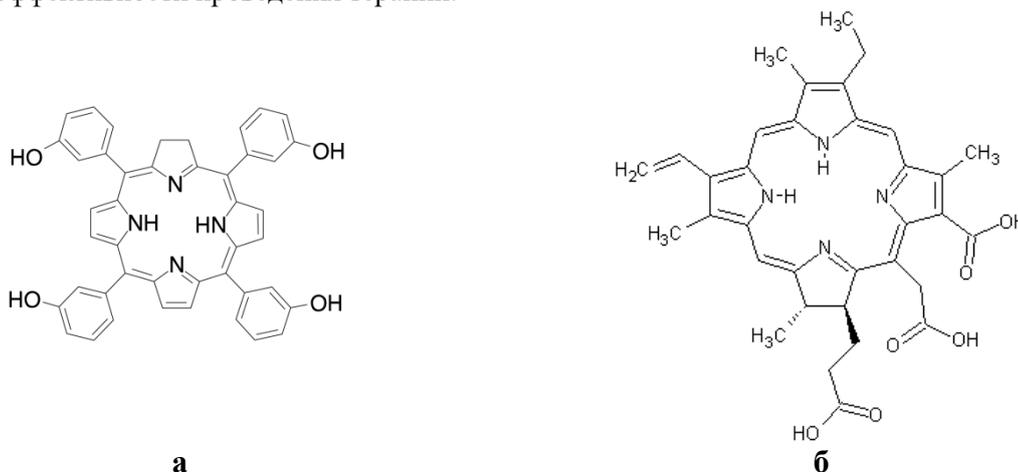


Рисунок 1 - Химическая структура мТГФХ(а) и хлорина е₆ (б)

Данная работа посвящена исследованию распределения между компонентами сыворотки крови известных порфириновых фотосенсибилизаторов второго поколения темпорфина (мТГФХ) и хлорина е₆ (Хл е₆) (Рис. 1). Как известно из литературных данных, Хл е₆ преимущественно связывается и переносится сывороточным альбумином (около 70 %), в то время как мТГФХ практи-

чески полностью связывается с липопротеины (Рис. 2) [2]. Анализ равновесного распределения ФС между белками сыворотки возможен с помощью таких техник как ультрацентрифугирование и гель-хроматографию. Следует отметить, что метод гель-хроматографии, как и техника ультрацентрифугирования, требуют затраты времени и специального оборудования. Кроме того, они позволяют получать информацию только о равновесных характеристиках распределения ФС между белками сыворотки. В данной работе описывается флуоресцентный метод, основанный на измерении поляризации флуоресценции ФС, позволяющий проводить оценку распределения ФС между основными компонентами сыворотки крови.

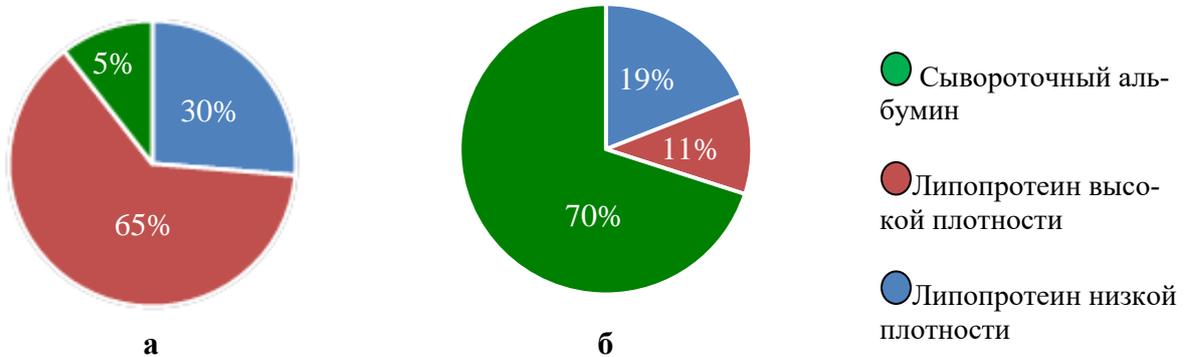


Рисунок 2 – Равновесное распределение свободного мТГФХ (а) и Хл е6 (б) между компонентами сыворотки крови человека.

Материалы и методы

В работе использовали: мета-тетра(3-гидроксифенил)хлорин (мТГФХ) представленный компанией biolitec research GmbH (Германия), Хл е6 производства Frontier Scientific (США), эмбриональную сыворотку телят производства Sigma Aldrich (США).

Характеристики флуоресценции измерялись с использованием спектрофлуориметра Solar CM-2203 (SOLAR, Беларусь), оборудованном термостатируемой ячейкой с магнитной мешалкой. Измерения проводились в водных растворах сыворотки крови человека (1% и 5%) при комнатной температуре. Оценка процессов перераспределения ФС в сыворотке крови проводилось с использованием метода, основанного на измерении степени поляризации флуоресценции ФС. Измерения степени поляризации флуоресценции проводились аналогично работе [2].

Экспериментальная часть

Для анализа распределения ФС между белками сыворотки крови использовалась методика, основанная на изменении степени поляризации флуоресценции ФС в сыворотке крови от концентрации ФС. На рисунке 3 представлена зависимость степени поляризации флуоресценции ФС (Р) в сыворотке крови от концентрации ФС.

Анализ полученных данных показал, что при малых концентрациях ФС достигается максимальное значение степени поляризации флуоресценции ФС. Это указывает на жесткую фиксацию молекул ФС в белках сыворотки и на ограниченное вращательное движение ФС. В случае, мТГФХ максимальные значения степени поляризации флуоресценции достигают 28 %, в то время как для Хл е6, Р = 15 %. Предполагается, что данное различие связано с типом структуры, с которой связаны молекулы ФС. Так, в случае мТГФХ, практически все (95%) молекулы ФС связаны с липопротеинами, обладающими относительно большим размером и низкой подвижностью. Это приводит к снижению вращательной подвижности молекул ФС и, соответственно, высоким значениям степени поляризации мТГФХ. В то же время, молекулы Хл е6 преимущественно взаимодействуют с сывороточным альбумином, относительно небольшим белком, обладающим большей вращательной подвижностью по сравнению с липопротеинами.

Помимо различий в максимальных уровнях поляризации флуоресценции ФС, также наблюдались отличия при изменении концентрации ФС в растворе. При увеличении концентрации мТГФХ, степень поляризации снижалась вплоть до минимальных значений при концентрациях (10^{-5} моль/л). Полученные результаты являются следствием процесса концентрационной деполяризации флуоресценции ФС при связывании нескольких молекул ФС с одним транспортным белком. Так, с увеличением концентрации, на одном липопротеине может локализоваться более 5 мо-

лекулу ФС, что достаточно для безызлучательного переноса энергии возбуждения между ними и деполяризации флуоресценции ФС [3]. Что касается Хл ϵ_6 , то он преимущественно связывается с сывороточным альбумином, у которого есть только 1 центр связывания. Также стоит учитывать, что сывороточного альбумина значительно больше, примерно в 100 раз, чем липопротеинов, в связи с чем при увеличении концентрации Хл ϵ_6 не достигается столь высокая локальная концентрация ФС, необходимая для появления эффектов концентрационной деполяризации.

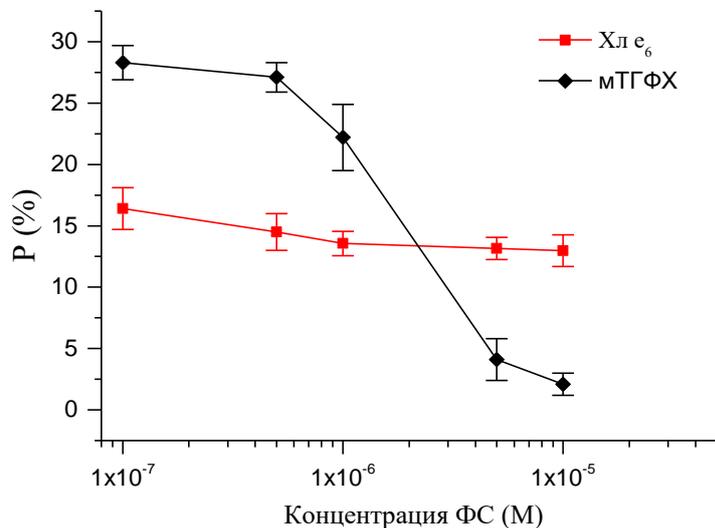


Рисунок 3 – Зависимость степени поляризации флуоресценции ФС от его концентрации в растворе сыворотки 5%. Время инкубации 3 часа при 25 °С.

Таким образом, анализ зависимостей степени поляризации ФС от его концентрации в растворах сыворотки крови позволяет определить тип белковых структур, с которыми связан ФС. Более того, наличие зависимости между степенью поляризации флуоресценции и уровнем нагрузки белков сыворотки ФС позволяет использовать данную флуоресцентную характеристику для регистрации кинетики перераспределения молекул ФС из состава липопротеинов на аналогичные структуры.

Заключение

В данной работе была проведена оценка возможности использования метода на основе измерений характеристик поляризации флуоресценции ФС для исследования процессов распределения порфириновых ФС мТГФХ и Хл ϵ_6 между компонентами сыворотки крови. Полученные результаты свидетельствуют о том, что зависимость степени поляризации флуоресценции ФС от его концентрации в сыворотке крови можно использовать для определения типа белковых структур, с которыми связаны молекулы ФС. Разработанная методика позволяет проводить анализ кинетических процессов распределения ФС между белками сыворотки и тем самым дополняет арсенал экспериментальных методик, используемых для изучения фармакокинетических свойств ФС. Таким образом, использование данной методики позволит облегчить отбор новых препаратов и их лекарственных форм для проведения эффективной ФДТ.

Список литературы

1. Узденский А. Б. Клеточно-молекулярные механизмы фотодинамической терапии. СПб.: Наука, 2010.
2. Yakavets I.V., Yankovsky I.V., Khludeyev I.I., Lassalle H.-P., Bezdetnaya L.N., Zorin V.P. Optical Methods for the Analysis of the Temoprofin Photosensitizer Distribution Between Serum Proteins and Methyl- β -Cyclodextrin Nanocarriers in Blood Serum. *J Appl Spectrosc*, 2018, vol. 84, pp. 1030-1036.3.
3. Chen, R.F., Knutson, J.R. Mechanism of fluorescence concentration quenching of carboxyfluorescein in liposomes: energy transfer to nonfluorescent dimers. *Anal. Biochem.*, 1988, Vol. 172, P. 61-77.

УДК 539.23; 539.216.1

ВЛИЯНИЕ ХИМИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ АРИЛЗАМЕЩЕННЫХ ПОРФИРИНОВ НА ПРОЦЕССЫ ИХ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ С β -ЦИКЛОДЕКСТРИНАМИ

БОРИСОВ К.Н., ЖУКОВ К.А., ЯКОВЕЦ И.В., ЗОРИН В.П.

Белорусский государственный университет, 220030, г. Минск, пр. Независимости 4, Беларусь

Аннотация. Модифицировать параметры биораспределения можно как изменяя свойства самого фотосенсибилизатора (ФС), так и включая молекулы ФС в структуры с подходящими фармакокинетическими характеристиками. В работе проводилась оценка влияния химической структуры арилзамещенных порфиринов (АП) на процессы комплексообразования с циклодекстринами (ЦД). Полученные результаты свидетельствуют о том, что процессы комплексообразования сильно зависят от физико-химических свойств арильных заместителей АП.

Ключевые слова: фотодинамическая терапия, фотосенсибилизатор, циклодекстрин, арилзамещенный порфирин, комплексы включения.

Abstract. Biodistribution parameters can be modified by changing the properties of the photosensitizer (PS) itself and by including PS molecules in structures with suitable pharmacokinetic characteristics. In the present work, we assessed the influence of chemical structure of aryl-porphyrins (AP) on their complex formation processes with cyclodextrins (CD). The results obtained display strong dependence of complex formation processes on physico-chemical properties of aryl-substitutes.

Keywords: photodynamic therapy, photosensitizer, cyclodextrin, aryl-substituted porphyrin, inclusion complexes.

Введение

Одним из способов повышения эффективности ФДТ с использованием арилзамещёнными порфиринами (АП) является применение β -циклодекстринов (β -ЦД). Хорошо известно, что производные β -ЦД с высокой эффективностью образуют комплексы включения с АП. Супрамолекулярные комплексы включения АП с β -ЦД обладают уникальными фотофизическими и фотохимическими свойствами и используются для создания различных супрамолекулярных структур [1]. Кроме того, комплексы включения могут быть использованы для доставки порфириновых ФС при проведении фотодинамической терапии [2]. Целью данной работы являлось изучение влияния химической структуры АП на процессы их взаимодействия с производными β -ЦД.

Материалы и методы

В работе использовали АП: 5-(4- гидроксифенил)-10,15,20-трифенил-порфирин (г-ТФП), мета-тетра(гидроксифенил)порфирин (мТГФП) производства (Frontier Scientific, США) и производные β -ЦД: метил- β -циклодекстрин (м- β -ЦД) и триметил- β -циклодекстрин (тм- β -ЦД). Спектры возбуждения и флуоресценции исследовались на спектрофлуориметре Solar CM-2203 (Беларусь), оборудованном термостатируемой ячейкой с магнитной мешалкой.

Экспериментальная часть.

Эффективность комплексообразования количественно описывается значением константы ассоциации (K). Для определения значений кажущихся констант ассоциации комплексов мТГФП с ЦД использовалась компьютерная математическая аппроксимация кривых титрования. Экспериментальные кривые титрования водного раствора мТГФП производными β -ЦД, приведенные на рисунке 1а, основывались на измерении значения величины квантового выхода флуоресценции мТГФП в водном растворе при его титровании ЦД. Предварительная оценка характеристик комплексообразования мТГФП с ЦД была проведена с использованием следующих методов: метод Хильдебранда, метод Жоба, линейный метод наименьших квадратов. Полученные константы связывания мТГФП с м- β -ЦД и тм- β -ЦД для комплекса 1:1 равны $1,65 \cdot 10^6$ (моль/л)⁻¹ и $8,63 \cdot 10^6$ (моль/л)⁻¹ соответственно.

Анализируя данные для г-ТФП было замечено, что комплексы эффективно образуются только с полностью метилированным β -ЦД, тм- β -ЦД (Рис. 1б). Полученные константы ассоциации являются высокими (более 10^6 (моль/л)⁻¹), однако, предположительно в несколько раз меньше чем в случае мТГФП. Такая оценка является приблизительной вследствие следующих допущений: стехиометрия комплексов может быть либо (1:1), либо (1:2), методы не предполагают двухстадийный процесс образования комплексов; концентрация свободного ЦД предполагается постоянной, что выполняется при условии [ЦД] >> [порфирин]; метод наименьших квадратов чувствителен к количеству экспериментальных точек и наиболее точен в 20% - 80% изменения определяемого параметра. Таким образом, область применения данных методов является

ограниченной условиями не высоких значений констант связывания и одностадийным процессом образования комплексов.

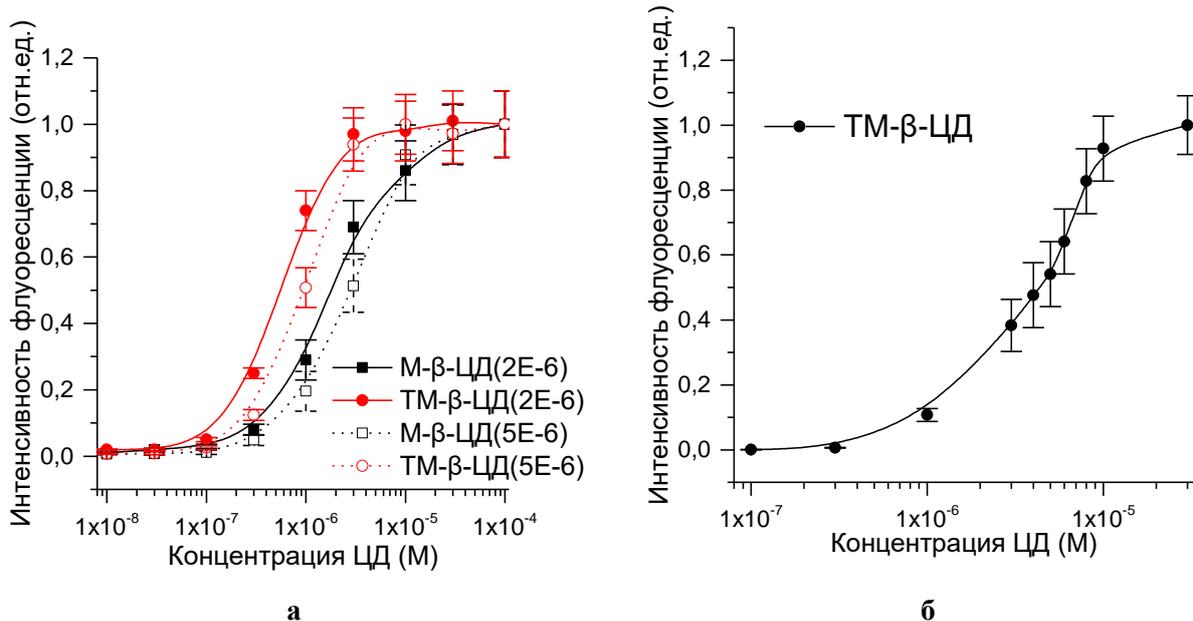


Рисунок 1. Кривые титрования мТГФПИ (а) и г-ТФПИ (б) с М-β-ЦД и ТМ-β-ЦД, $C_{\text{мТГФПИ}} = 5 \times 10^{-6}$ М, $C_{\text{гТГФПИ}} = 2 \times 10^{-6}$ М, $C_{\text{г-ТФПИ}} = 5 \times 10^{-7}$ М. Время инкубации – 1 час при температуре 25 °С.

Заключение

В ходе работы были изучены механизмы влияния физико-химических свойств ФС на процессы образования комплексов включения с производными β-ЦД. Изучены особенности спектрально-флуоресцентных характеристик комплексов включения АП с производными β-ЦД. На основании полученных данных, сделан вывод о том, что процессы комплексообразования сильно зависят от физико-химических свойств арильных заместителей АП.

Список литературы

1. Szejtli J. J. Inclusion Phenom. Macrocyclic Chem. 1992; vol. 14: p. 25-36.
2. Ben Mihoub A., Larue L., Moussaron A., Youssef Z., Colombeau L., Baros F., et al. Use of Cyclodextrins in Anticancer Photodynamic Therapy Treatment. Molecules 2018, vol. 23, no. 8, p. 1936-2005.

УДК 616-009.26

ОЦЕНКА ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ СТАТОКИНЕТИЧЕСКОЙ УСТОЙЧИВОСТИ ДОСТУПНЫМИ ИГРОВЫМИ СИСТЕМАМИ ВИРТУАЛЬНОЙ РЕАЛЬНОСТИ

И.П. МАРЬЕНКО, С.А. ЛИХАЧЕВ, М.П. МОЖЕЙКО, М.В. ЮРЧЕНКО*, Н.А. СУША*, Е.С. ИВАНИЦКИЙ*, А.В. КАЧАНОВСКИЙ*

Государственное учреждение «Республиканский научно-практический центр неврологии и нейрохирургии»
* Общество с ограниченной ответственностью «Медвиар»

Аннотация. Представлены методические подходы и перспективы оценки состояния статокINETической устойчивости с использованием игровых систем виртуальной реальности. Разработаны показатели статокINETической устойчивости в виртуальной среде: постуральная ось, площадь опорного контура постуральной оси и средняя скорость перемещения постуральной оси испытуемого. Получены показатели состояния статокINETической устойчивости в виртуальной среде, так площадь опорного контура постуральной оси составила $1,149 \pm 0,437 \text{ м}^2$, средняя скорость перемещения постуральной оси составила $0,962 \pm 0,636$ градусы/с. В ходе тестирования отмечена хорошая переносимость погружения испытуемого в виртуальную среду.

Ключевые слова: статокINETическая устойчивость, виртуальная реальность, постуральная ось, площадь опорного контура постуральной оси, средняя скорость перемещения постуральной оси.

Abstract. Methodological approaches and prospects of statokinetic stability assessment using «Virtual reality» gaming systems are presented. The indicators of statokinetic stability in the virtual environment are developed: postural axis, the area of reference contour of the postural axis and the average speed of movement of the postural axis of test person. The indicators of statokinetic stability in virtual environment were obtained: the area of the reference contour of the postural axis was $1.149 \pm 0,437 \text{ m}^2$, the average speed of the movement of postural axis was 0.962 ± 0.636 degrees/s. During the testing, a good tolerance of the immersion of test person in the virtual environment was noted.

Keywords: statokinetic stability. virtual reality, postural axis, the area of reference contour of the postural axis, the average speed of movement of the postural axis.

Введение

Поддержание статокINETической устойчивости (СКУ) – сложный двигательный акт. Нарушения СКУ является одним из наиболее частых симптомов клинической картины у пациентов с различными заболеваниями центральной нервной системы, зрительного и вестибулярного анализаторов. В настоящее время при оценке функционального состояния СКУ используются следующие методы: клинический, клинические шкалы, инструментальные объективные методы. Из объективных методов используются три основных: стабилметрия посредством либо стабилметрических платформ, либо пододинамометрических платформ и применение инерциальных сенсоров [1, 2]. Более сложные методы исследования равновесия и постуральной функции (видео-постурография, видеоанализ движений). В настоящее время ведется дискуссия о возможностях системы виртуальной реальности в неврологии и реабилитации. Тем не менее, есть доказательства их использования в качестве инструментов для лечения некоторых состояний, таких как фобии, болевые синдромы. Однако, нет сведений о возможности получения надежных и достоверных измерений показателей СКУ игровыми системами виртуальной реальности.

Цель

Оценить возможности игровой системы в качестве инструмента функциональной оценки СКУ и разработать параметры оценки перемещения тела испытуемого.

Материалы и методы

Исследование СКУ проводили с помощью среды для создания игр и приложений Unity3d и на оборудовании виртуальной реальности: HTC Vive и Oculus Rift. Используется оптический метод отслеживания положения и ориентации контроллеров на теле пациента и шлеме. Точность позиционирования высокая, средняя частота кадров 50 в сек. Оценка состояния функции СКУ производилась за счет интерпретации данных, полученных в процессе регистрации колебаний и положения тела испытуемого одновременно в фронтальной, сагиттальной, горизонтальной плоскостях. Для решения поставленной задачи использовалось, созданное программное обеспечение, основанное на регистрации и оценке положения тела испытуемого, так называемой постуральной оси (ПО) в заданном пространстве.

Система регистрации ПО состоит из двух базовых станций, оптических сенсоров и инерциальных измерительных блоков в контроллерах и шлеме. Базовые станции состоят из двух вращающихся лазеров и массива инфракрасных светодиодов. Один из лазеров базовой станции вращается вертикально, второй — горизонтально. Таким образом, базовые станции по очереди «сканируют» окружающее пространство в 2-х плоскостях. Сенсоры определяют абсолютное положение ПО в пространстве, ограниченном зоной сканирования лазеров базовых станций, шлема и 2-х контроллеров с оптическими маркерами. Кадрирование и регистрация координат ПО выполнялись в масштабе 1:1 на основе 2-х звенной модели ПО испытуемого, включающей следующие звенья: (от головы до пояса) голова, верхний, средний отделы туловища; (от пояса до пола) нижние отделы туловища, бедро, голень и стопы левой и правой ноги. Для оценки функционального состояния СКУ разработаны следующие параметры:

Средняя скорость перемещения ПО (ССП ПО, градусы/с) вычислялась по формуле: сумма изменения угла нормированного стационарного вектора от нестационарного умноженного на коэффициент определяющий знак угла отклонения нестационарного вектора.

Площадь опорного контура ПО (ПОК ПО, м²), основная часть площади, занимаемой векторами перемещения ПО, которая характеризует общую поверхность площади колебания человека по типу перевернутого 2-х звенного маятника. Способ оценки состояния функции СКУ (заявка на изобретение № а 20180020 от 20.01.2018г.) у испытуемого с помощью игровой системы «виртуальная реальность», путем регистрации одновременно в фронтальной, сагиттальной, горизонтальной плоскостях показателей перемещения ПО в положении стоя, в условиях нахождения в среде «виртуальная реальность» в течении 20 с [3].

Результаты

Оценка функции СКУ с использованием разработанного алгоритма произведена у 30 здоровых добровольцев. Из них 17 женщин и 13 мужчин, средний возраст 31 (15; 41) лет. Установлены следующие показатели перемещения ПО испытуемых: ПОК ПО в группе составила 1,149

$\pm 0,437m2$, ССП ПО составила $0,962 \pm 0,636$ градусы/с. В ходе тестирования отмечена хорошая переносимость погружения испытуемого в виртуальную среду.

Заключение

Использование данного подхода показало, что применение способа оценки функционального состояния СКУ с использованием игровой системы «виртуальная реальность» позволяет построить и зарегистрировать показатели СКУ. Дальнейшее изучение СКУ с виртуальной среде позволит повысить качество оценки функции СКУ, выявить ее латентные нарушения и фенотипические особенности, как у здоровых испытуемых, так и у пациентов с заболеваниями центральной и периферической нервной системы и вестибулярного аппарата. Полученные результаты демонстрируют возможность разработки индивидуальной программы тренировки и восстановления функции равновесия, основанные на показателях в условиях нахождения в среде «виртуальной реальности» с биологической обратной связью.

Список литературы

1. Сковрцов, Д.В. Клинический анализ движения. Стабилометрия /Д.В. Сковрцов. – М.: АОЗТ «Антидор». – 2000. – 192 с.
2. Лихачев, С.А. Значение некоторых показателей статической стабиллометрии// С.А. Лихачев, А.Н. Качинский /Вестник отрогн.-М.-2011.-№2.-С. 33-37.
3. Марьенко И.П., Можейко М.П., Лихачев С.А. и соав. Перспективы клинической оценки функционального состояния статокинетической устойчивости доступными игровыми системами VRHealth// Материалы Республиканской конференции с международным участием, Минск. -2017.- эл. ресурс:-zdrav.by.

ПРИМЕНЕНИЕ МАГНИТНОЙ СТИМУЛЯЦИИ ПРИ ЗАБОЛЕВАНИЯХ ОРГАНОВ МОЧЕПОЛОВОЙ СИСТЕМЫ В УСЛОВИЯХ САНАТОРИЯ СЫСОЙ Т.С., ЯКУБОВИЧ Н.А.

Открытое акционерное общество “Санаторий “Ружанский”

Аннотация. Анализ многочисленных научных публикаций свидетельствует о том, что магнитная стимуляция обладает рядом отчетливо выраженных лечебных и профилактических эффектов и может быть успешно использована для лечения больных с заболеваниями и функциональными нарушениями органов мочеполовой системы, а также для повышения тонуса и профилактики эректильной дисфункции и нарушения эякуляции.

Ключевые слова: магнитная стимуляция, высокоинтенсивное магнитное поле (ВИМП), заболевание органов мочеполовой системы, недержание мочи, хронический простатит, синдром хронической тазовой боли, эректильная дисфункция.

Abstract. Analysis of numerous scientific publications suggests that magnetic stimulation has a number of distinct therapeutic and preventive effects and can be successfully used for the treatment of patients with diseases and functional disorders of the genitourinary system, as well as to improve the tone and prevention of erectile dysfunction and ejaculation disorders.

Keywords: magnetic stimulation, high-intensity magnetic field (VIMP), diseases of the genitourinary system, urinary incontinence, chronic prostatitis, chronic pelvic pain syndrome, erectile dysfunction.

Введение

Магнитная стимуляция (МС) – лечебное применение импульсов магнитного поля высокой интенсивности (ВИМП) для стимуляции скелетных мышц, периферических нервов и гладких мышц железистых органов.

Импульсные магнитные поля индуцируют в тканях вихревые электрические поля – токи Фуко. Индукционные (вихревые) электрические токи значительной плотности возбуждают волокна периферических нервов и вызывают ритмические сокращения миофибрилл скелетной мускулатуры, гладких мышц сосудов и внутренних органов (феномен магнитостимуляции). Токи значительной амплитуды возникают на глубине свыше 4-5 см, что позволяет воздействовать на возбудимые структуры глубоко расположенных тканей.

Вследствии активации слабомиелинизированных волокон индуцированные электрические токи очень низкой частоты блокируют афферентную импульсацию из болевого очага. Наряду с купированием болевого синдрома, они возбуждают толстые миелинизированные волокна и вызывают сокращение иннервируемых ими скелетных мышц.

При воздействии ВИМП возбуждаются практически все волокна нервного ствола, расположенные как на его поверхности, так и в глубине, тогда как при электрической стимуляции происходит возбуждение преимущественно поверхностно расположенных волокон нервного ствола и толстых миелинизированных нервных волокон [3].

Импульсные магнитные поля также активизируют локальный кровоток, что приводит к уменьшению отёка и удалению из очага продуктов аутолиза клеток. Улучшение микроциркуляции стимулирует процессы репаративной регенерации повреждённых тканей и их метаболизм. Улучшается перинеуральная микроциркуляция, устраняется перинеуральный отёк.

Этиология гиперактивного мочевого пузыря и хронического невоспалительного абактериального простатита до конца не изучена, поэтому лечение данной патологии в основном симптоматическое, с применением различных методов лекарственной и немедикаментозной терапии. Большую роль в лечении неинфекционной патологии органов малого таза играют физиотерапевтические методы. Наиболее перспективными являются различные виды магнитотерапии [6].

Теоретический анализ применения импульсов магнитного поля высокой интенсивности

ВИМП действует на мионевральный пейсмекер, координирующий двигательную активность мочеоточника, периодические сокращения сфинктеров уретры и прямой кишки, поперечно-полосатых мышц таза и ягодиц.

Магнитная стимуляция проекционных зон репродуктивных органов уменьшает венозный стаз и застой секрета, активизирует секрецию, увеличивает скорость кровотока в половых органах, способствует лизису продуктов воспаления и санации воспалительного очага. Активация микроциркуляции приводит к уменьшению отёка простаты и болей в промежности и активизирует половую активность пациентов.

В настоящее время разработаны протоколы ВИМП для различной патологии органов малого таза у мужчин и женщин. Частоты магнитного поля от 5 до 10 Гц стимулируют симпатическое рефлекторное и центральное торможение мочевого пузыря, что эффективно при гиперактивном мочевом пузыре и ургентном недержании. Частоты от 50 до 100 Гц стимулируют половой нерв и вызывают сокращение сфинктера уретры, что используется для лечения стрессового недержания мочи [6].

Таким образом, магнитная стимуляция оказывает нейромюстимулирующий, сосудорасширяющий, трофостимулирующий, лимфодренирующий, секретостимулирующий и либидокорректирующий лечебные эффекты.

Система экстракорпоральной магнитной стимуляции нервно-мышечного аппарата тазового дна “Авантрон” предназначена для лечения ряда заболеваний органов малого таза у мужчин и женщин. Применяется в медицине при эректильной дисфункции и нарушении эякуляции, женских сексуальных дисфункциях и аноргазмии, воспалительных заболеваниях органов малого таза, недержании мочи стрессовом и императивном, фекальном недержании, запорах, гинекологических заболеваниях, привычном невынашивании беременности, опущении стенок влагалища, укрепления мышц тазового дна после родов, хронической тазовой боли, хроническом простатите, состояниях после оперативного вмешательства, детском энурезе.

Эффективность магнитной стимуляции пациентов с заболеваниями органов мочеполовой системы доказана в многочисленных исследованиях, выполненных в различных лечебных организациях в дизайне сравнительного рандомизированного исследования (РКИ).

Функциональная экстракорпоральная магнитная стимуляция является безопасным, неинвазивным и безболезненным методом лечения недержания мочи; метод эффективен и прост в применении в амбулаторных условиях [4].

Методика проведения экстракорпоральной магнитной стимуляции нервно-мышечного аппарата тазового дна аппаратом “Авантрон”

Пациент садится в кресло, содержащее под сиденьем индуктор, вырабатывающий переменное магнитное поле под воздействием электрических сигналов подаваемых с блока управления. Блок управления позволяет регулировать путём изменения мощности выходного сигнала от 0 до 100% величину магнитной индукции; частоту следования выходных биполярных

импульсов; длительность пакета импульсов; длительность паузы между пакетами импульсов и длительность сеанса лечения.

На панели управления имеются режимы проведения процедуры и параметры проведения процедур.

Магнитная индукция варьирует от 0,1 до 0,5 Тл в зависимости от стадии воспалительного процесса и состояния пациента. В острую и подострую фазу величина магнитной индукции до 0,2 Тл, в стадии устойчивой ремиссии до 0,5 Тл, чаще всего составляет 0,3-0,4 Тл [1].

Выбор частоты зависит от глубины расположения органов и тканей, подлежащих воздействию. При поверхностном расположении применяется более высокая частота 20-30 Гц, при более глубоком расположении применяют частоту 5-20 Гц.

Рекомендуется продолжительность воздействия в процессе лечения постепенно увеличивать от процедуры к процедуре. Продолжительность воздействия можно увеличить у тучных пациентов и уменьшить у ослабленных пациентов, молодого и преклонного возраста, у пациентов в остром периоде, с явлениями вегето-сосудистой дистонии и при наличии сопутствующей сердечно-сосудистой патологии.

Курс лечения составляет от 10-12 до 16-20 процедур, проводимых ежедневно или через день.

Методика удобна как для врача, так и для пациента. Не требует использования вагинальных или ректальных датчиков, как при электростимуляции. Пациент на сеансе полностью одет, находится в комфортных условиях. Метод не имеет побочных эффектов, а также не инвазивен, что особенно удобно при работе с пожилыми людьми.

Экспериментальная часть

Как известно, во многих европейских странах консервативная терапия является методом выбора при лечении недержания мочи. И лишь в случае отсутствия положительного эффекта в течение 6 месяцев пациенткам предлагается оперативное лечение.

Положительный эффект метода экстракорпоральной магнитной индукции отмечен у 77 % женщин. Кресло для экстракорпоральной магнитной стимуляции может быть рекомендовано для лечения недержания мочи, коррекции императивной симптоматики наряду с другими методами консервативной терапии [5].

Под действием магнитной стимуляции происходит значительное повышение значений силы мышц тазового дна. Эффективность МС по данным перинеометрии составляет 85%. В ряде исследований установлено, что курс магнитной стимуляции уменьшает объём выделяющейся в прокладку мочи у лиц со стрессовым недержанием мочи на 30-40 %, а также число эпизодов «подтекания» мочи с 3,42 до 0,91. [2].

В проспективном РКИ установлено улучшение состояния у 62% пациентов группы наблюдения (в группе сравнения – у 13%). Через год значительное улучшение наблюдали у 57% пациентов (в группе сравнения у 20%). Проведены рандомизированные плацебо-контролируемые исследования терапии небактериального хронического простатита. Лечение длилось 4 недели, результаты оценивались через 3 месяца и 1 год. Болевой симптом и расстройства мочеиспускания значительно уменьшились у 40% пациентов, получавших лечение, нежели в группе плацебо. Эффект лечения сохранялся через 12 месяцев. На кафедре урологии в МГМСУ после курса лечения ВИМП (10-15 сеансов) у 82,1% мужчин с простатитом снизилась интенсивность болевого и дизурического синдромов, 78,2% отметили улучшение качества эрекции и продолжительность полового акта, у 76,8% пациентов снизилась или нормализовалась активность воспалительного процесса в предстательной железе [6].

Результаты и их обсуждение

С января по ноябрь 2018 года в санатории прошли лечение 107 женщин и 91 мужчина. Курс лечения составлял от 5 до 10 процедур. Женщины лечились по поводу стрессового недержания мочи, параметры воздействия: частота 25 Гц, подача-пауза 5:5, мощность 65%. Значительное улучшение состояния после курса лечения отмечено у 96 женщин, из них у 12 наступило улучшение состояния после первой процедуры. 87 мужчин лечились по поводу хронического простатита, применялись параметры: частота 45 Гц, посылка-пауза 5:5, мощность постепенно увеличиваем от 45 до 55%. Продолжительность процедуры 10 минут. 87% отмечают значительное улучшение состояния после 5 процедур (по данным опроса). Однако, в связи с увеличением количества повторных пациентов, можно сделать вывод об эффективности ВИМП.

В условиях санаторного лечения сложно оценивать результаты лечения, так как нет динамического наблюдения, отдалённых результатов, применяются другие методы лечения. Можно предположить, что применение других методов санаторно-курортного лечения позволит улучшить непосредственные результаты лечения и продлить позитивный эффект терапии методом ВИМП.

Заключение

По мере того, как пациенты будут узнавать о возможности нехирургического лечения недержания мочи и применения безболезненного и простого метода терапии, можно будет изменить структуру заболеваемости. В настоящее время пациенты обращаются к врачу только после того, как симптомы достигают тяжелой степени выраженности, и врачи вынуждены лечить заболевание в конечной стадии. Внедрение в практику приемлемых консервативных методов лечения, таких как ВИМП, даст возможность обратить основное внимание на сохранение способности удерживать мочу, а не ждать когда симптомы недержания становятся настолько интенсивными, что у врача не остается другого выбора, кроме назначения хирургической операции.

Полученные результаты позволяют нам рекомендовать ВИМП не только как метод лечения заболеваний органов мочеполовой системы, но и как противорецидивное лечение. Преимущества метода заключаются в неинвазивности (не требуется хирургического вживления электродов как при электростимуляции), удобстве и безболезненности для пациентов, отсутствии осложнений и побочных эффектов. Метод позволяет избавить некоторых пациентов от хирургического лечения недержания мочи. Применение магнитной стимуляции позволяет снизить дозировку или отказаться от применения лекарственной терапии.

Список литературы

1. Пономаренко Г.Н. Магнитная стимуляция больных с заболеваниями органов мочеполовой системы аппаратом Авантрон: Методические рекомендации. – СПб, 2016.
2. Пономаренко Г.Н. Физические методы лечения: Справочник для врачей.: 4-е изд перераб и доп. – СПб, 2011
3. Современные аспекты применения магнитной стимуляции в клинической практике / Физиотерапия, бальнеотерапия и реабилитация/ Куликов А.Г., Водонина Д.Д.//. – 2016. - №3. с. 23-26.
4. Шанди Д.Д., Гренендук П.М., Венема П.Л. Функциональная экстракорпоральная магнитная стимуляция при лечении недержания мочи у женщин: «Кресло» [Электронный ресурс]//Урологическое отделение Лиенбургской больницы, Гаага, Нидерланды. <https://www.madin.ru/avantron-apparat-ekstrakorporalnoj-magnitnoj-stimulyatsii> (дата обращения: 15.11.2018).
5. Щавелева О.Б., Тевлин К.П. Использование электромагнитной терапии (лечебное кресло) в лечении недержания мочи у женщин [Электронный ресурс] // Кафедра урологии МГМСУ, Москва <https://www.madin.ru/avantron-apparat-ekstrakorporalnoj-magnitnoj-stimulyatsii> (дата обращения: 15.11.2018).
6. Экстракорпоральная импульсная магнитная терапия: результаты и перспективы применения в урологической практике/ Гаврусев А.А., Лосицкий К. Г.//Медицинские новости. – 2017. -- №1. – с.50-52.

УДК 551.508

ВОЗМОЖНОСТИ ВЕРИФИКАЦИИ МЕТОДА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВНУТРЕННЕГО ДИАМЕТРА ВИДИМЫХ СОСУДОВ БУЛЬБАРНОЙ КОНЬЮНКТИВЫ ГЛАЗА ЧЕЛОВЕКА С ПОМОЩЬЮ МЕТОДА МОНТЕ-КАРЛО

Д.А. СМУНЕВ

Белорусский государственный университет

Представлена возможность верификации методов определения внутреннего диаметра видимых сосудов бульбарной конъюнктивы глаза человека с помощью метода Монте-Карло, что позволяет косвенно подтвердить результаты, полученные сторонним методом, с помощью численного эксперимента.

Ключевые слова: бульбарная конъюнктива, внутренний диаметр сосуда, метод Монте-Карло, верификация.

Введение

Анализ профилей поперечного сечения изображений сосудов бульбарной конъюнктивы, полученных при пространственном разрешении 2 мкм, показал, что их форма зависит от диаметра сосудов. Для малых сосудов форму профиля можно приблизительно аппроксимировать гауссовым распределением. Профиль изображения сосудов с большим внутренним просветом описывается более сложными выражениями. Обобщенной функциональной зависимости между формой профиля и диаметром внутреннего просвета пока не найдено.

Поскольку описываемая методика неинвазивная, доказательство достоверности получаемых результатов – сложная задача. Применение дорогостоящей техники конфокальной лазерной микроскопии с адаптивной оптикой осложняется непрерывными движениями глаз, что вынуждает проводить корреляционную обработку для стабилизации получаемых изображений небольших участков сосудов [1]. После стабилизации возникает проблема выбора метода оценки диаметра сосуда D_v по получаемому профилю поперечного сечения полученного изображения. Предлагаемый в [1] способ оценки D_v по точкам, где градиент или производная от профиля на его правой и левой ветвях меняет знак, в свою очередь требует подтверждения независимыми измерениями D_v другими способами (*in vivo*).

Поэтому достоверность предлагаемой методики определения D_{ve} на настоящий момент можно косвенно подтвердить только численным экспериментом, т. е. моделированием транспорта фотонов в тканях бульбарной конъюнктивы 3D методом Монте-Карло.

Модель сосуда бульбарной конъюнктивы

Метод Монте-Карло в основном применяют для моделирования транспорта фотонов в многослойных средах [2], поскольку он эффективен в случае, когда изменение оптических параметров среды происходит только в направлении оси OZ , а в плоскости OXY при фиксированном z они неизменны. Это ограничение отсутствует при использовании 3D метода Монте-Карло, когда для каждого элементарного объема (вокселя) моделируемой среды можно задавать оптические параметры его содержимого, влияющие на транспорт фотонов [3]. Ограничения возможностей 3D метода связаны в основном с большими погрешностями аппроксимации формы криволинейных поверхностей [3]. Также наблюдается кубическая зависимость количества выполняемых операций при необходимости снижения погрешности определения формы профиля за счет уменьшения периода дискретизации с соответствующим ростом числа вокселей. Применение в 3D методе Монте-Карло прогрессивной тетраэдрической сетки вокселей с изменяемым размерами [4] позволило снизить погрешность моделирования формы криволинейных поверхностей. Это свойство оказалось чрезвычайно востребованным при моделировании транспорта фотонов в сильно рассеивающих средах, содержащих отдельные биологические образования, например, сосуд в бульбарной конъюнктиве.

При моделировании транспорта фотонов в склере глаза человека, содержащей единичный сосуд, использовалась его математическая модель в виде цилиндра с радиусом r_v , помещенного в рассеивающую среду, которая ограничивалась стенками задаваемого параллелепипеда (рис. 1). В идеальном случае размеры параллелепипеда должны быть много больше диаметра цилиндра, но при ограниченном числе фотонов, которые посылаются в моделируемую среду, статистика числа фотонов, вылетающих из склеры в направлении видеокамеры, будет бедной. Это приведет к большим флуктуациям числа регистрируемых фотонов в изображении моделируемого поглоща-

ющего цилиндра. Поэтому необходимо искать компромисс между величиной r_v и объемом задаваемого параллелепипеда.

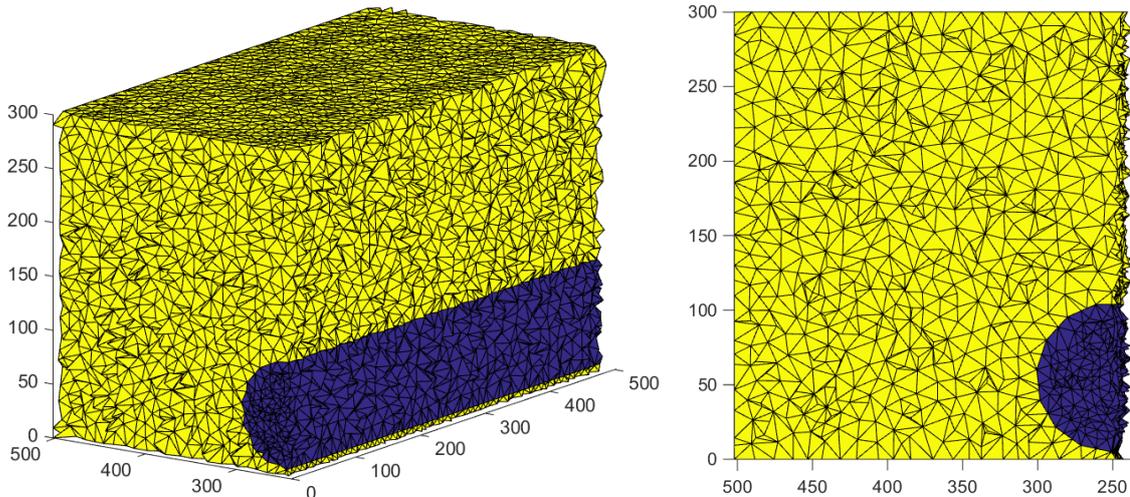


Рис. 1. Сечения моделируемого фантома размером $500 \times 500 \times 300$ мкм, диаметр сосуда 100 мкм, глубина залегания сосуда 5 мкм

Моделирование изображений

Спектральный диапазон подсвечивающего излучения задавался в соответствии со спектром излучения светодиода белого цвета свечения. При формировании потоков фотонов на разных длинах волн учитывались спектр светодиода и относительная спектральная чувствительность $s(\lambda)$ монохромной матрицы фотоприемников на ПЗС Sony ICX285AL.

При моделировании полагалось, что капилляр заполнен содержимым эритроцита (такое допущение возможно благодаря усреднению по 25 кадрам), т. е. содержание гемоглобина в моделируемом капилляре полагалось 330 г/л [5-8]. Используемая при расчетах спектральная зависимость молярного коэффициента поглощения окси- и дезоксигемоглобина $\mu_{\alpha}^{O_2Hb}(\lambda)$ и $\mu_{\alpha}^{Hb}(\lambda)$ [9], молярная масса гемоглобина полагалась равной 64500 г/моль, а коэффициент рассеяния $\mu_s^{Hb} - 400$ см⁻¹ [10-12]. Коэффициент рассеяния μ_s^{sk} и поглощения μ_{α}^{sk} склеры принимались равными 60 см⁻¹ и 0.2 см⁻¹ соответственно [34].

Поперечный разрез моделируемого фантома размером $500 \times 500 \times 300$ мкм (вид сбоку и с торца) представлен на рис. 1. Фотоны падают на фантом по направлению положительной оси OZ и распределены равномерно по его нижнему торцу. Общее число фотонов, посылаемых на моделируемый образец, задавалось равным 10^8 . После моделирования сохранялись данные для фотонов, рассеянных в пределах принимающей апертуры в отрицательном направлении оси OZ , т. е. координаты вылета x и y , апертура вылета q и пути фотона в склере l_{sk} и капилляре $l_{capillary}$. Были введены функции, возвращающие путь в заданной среде (капилляр или склера) в зависимости от координаты и апертуры $l_{sk} = L_{sk}(x, y, q)$ и $l_{capillary} = L_{capillary}(x, y, q)$. Благодаря сохранению путей фотона появилась возможность быстрого учета спектральной зависимости поглощения гемоглобина в капилляре в используемом диапазоне спектра. Для расчета полагалось, что апертура принимающей камеры составляет 65° , а излучение падает на моделируемый объем вдоль положительного направления оси OZ .

Для расчета сигнала i -го пикселя (квадратная площадка, заключенная между x_{i+1} и x_i по горизонтали и y_{i+1} и y_i по вертикали) применялось следующее соотношение:

$$N_{ij} = \int_{400nm}^{750nm} s(\lambda)p(\lambda) \int_0^{65^\circ} \int_{y_i}^{y_{i+1}} \int_{x_i}^{x_{i+1}} e^{-\mu_a^{sk} L_{sk}(x,y,q)} e^{-[(1-s)\mu_a^{Hb}(\lambda) + s\mu_a^{O_2Hb}(\lambda)] L_{capillary}(x,y,q)} dx dy dq d\lambda, \quad (1)$$

где $p(\lambda)$ – нормированный спектр излучения используемого светодиода, q – апертура, s – оксигенация гемоглобина крови (полагалась равной 97%), $L_{sk}(x, y, q)$ и $L_{capillary}(x, y, q)$ - функции, возвра-

щающие путь фотона в капилляре и склере соответственно в зависимости от координат и апертуры.

В качестве примера получаемых в процессе моделирования результатов на рис. 2 представлены смоделированное изображение (1000×1000 пикселей) капилляра с внутренним диаметром $D_v = 100$ мкм, верхушка которого находится на глубине 5 мкм, полученное при моделировании распространения светового излучения в фантоме, показанном на рис. 16, с пространственным разрешением 0,5 мкм, а также профиль изображения капилляра, полученный усреднением всех строк изображения. Видно, что ограничение числа падающих фотонов, вызванное необходимостью обеспечить приемлемое время проведения расчетов, приводит к гораздо худшему отношению сигнал/шум по сравнению с экспериментально получаемыми изображениями.

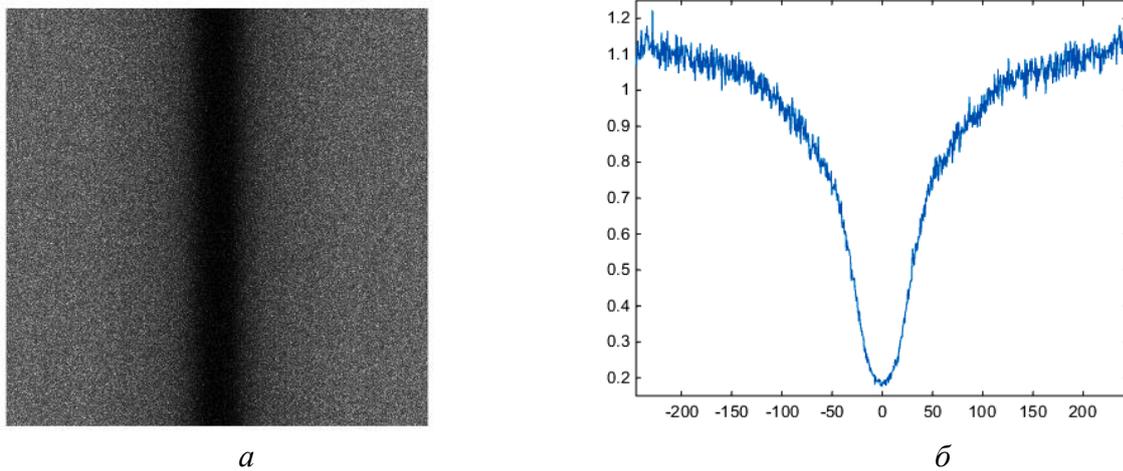


Рис. 2. Смоделированное изображение капилляра с кровью, имеющего диаметр 100 мкм и глубину расположения верхушки 5 мкм (а), а также профиля его поперечного сечения, усредненного по строкам (б)

Список литературы

- [1] O'Halloran M. Measurement of the Retinal Arteriolar Response to a Hyperoxic Provocation: A thesis submitted in partial fulfilment of the requirements for the degree of Doctor of Philosophy, Applied Optics, School of Physics, National University of Ireland Galway. September 2013. P. – 158.
- [2] L. Wang, S. L. Jacques, и L. Zheng, «MCML—Monte Carlo modeling of light transport in multi-layered tissues», *Comput. Methods Programs Biomed.*, т. 47, вып. 2, сс. 131–146, 1995.
- [3] S. Jacques, T. Li, и S. Prahl, «mcxyz.c, a 3D Monte Carlo simulation of heterogeneous tissues». [Онлайн]. Доступно на: <http://omlc.org/software/mc/mcxyz/index.html>. [Просмотрено: 17-сен-2018].
- [4] Q. Fang, «Mesh-based Monte Carlo method using fast ray-tracing in Plücker coordinates», *Biomed Opt Express*, т. 1, вып. 1, сс. 165–175, авг. 2010.
- [5] R. Yao, X. Intes, и Q. Fang, «Generalized mesh-based Monte Carlo for wide-field illumination and detection via mesh retessellation», *Biomed Opt Express*, т. 7, вып. 1, сс. 171–184, янв. 2016.
- [6] Науменко Е.К, Олейник Т.В., и Хайруллина А.Я., «Определение действительной части относительного показателя преломления сферических частиц по компонентам матрицы рассеяния», *Оптика И Спектроскопия*, т. 53, вып. 3, сс. 480–492, 1982.
- [7] Хайруллина А.Я и Шумилина С.Ф., «Способ определения полидисперсности и концентрации эритроцитов в цельной крови и тромбоцитов в тромбоцитарной массе», *Журнал Прикладной Спектроскопии*, т. 19, вып. 3, сс. 538–542, 1973.
- [8] Хайруллина А.Я., «Диагностика оптических и биофизических параметров крови и других биотканей методами светорассеяния», АН Беларуси, Минск, 1998.
- [9] M. Friebel и M. Meinke, «Model function to calculate the refractive index of native hemoglobin in the wavelength range of 250–1100 nm dependent on concentration», *Appl Opt*, т. 45, вып. 12, сс. 2838–2842, апр. 2006.
- [10] Лысенко С.А, *Методы оптической диагностики биологических объектов*. Минск: БГУ, 2014.
- [11] В. В. Тучин, *Лазеры и волоконная оптика в биомедицинских исследованиях*. Изд-во Саратовского ун-та, 2010.

[12] Лопатин В.Н, Приезжев А.В, Апонасенко А.Д, и Шепелевич Н.В, *Методы светорассеяния в анализе дисперсных биологических сред*. Москва: Физматлит, 2004.

УДК 616-71

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КАПИЛЛЯРНОГО ДАВЛЕНИЯ ТКАНЕЙ ПЕРИОДОНТА ПРИ ПРОТЕЗИРОВАНИИ ДЕФЕКТОВ ЗУБОВ И ЗУБНЫХ РЯДОВ

С.П. РУБНИКОВИЧ¹, Л.А. ДЕНИСОВ¹, Ю.Л. ДЕНИСОВА²

¹ Белорусская медицинская академия последипломного образования

² Белорусский государственный медицинский университет

Аннотация. При включенных дефектах зубных рядов в сочетании с зубочелюстными аномалиями характерно снижение капиллярного давления периодонта нефункционирующей группы зубов и его повышение в 1,43 раза в функционирующей группе. Разработанное устройство и методика определения капиллярного давления периодонта рекомендованы к использованию при обследовании и лечении пациентов с дефектами зубных рядов в сочетании с зубочелюстными аномалиями.

Ключевые слова: капиллярное давление, периодонт.

Abstract. Included defects of the dentition in combination with the dental-maxillary anomalies are usually accompanied by the decrease of the capillary pressure in the periodontium of the non-functioning group of teeth and by the capillary pressure increase in 1.43 times in the functioning group of teeth. The developed device and method of determining the capillary pressure in the periodontium are recommended for use during the examination and treatment of patients with defects of dentition in combination with dental anomalies.

Keywords: capillary pressure, periodontium

Введение

Сложность патогенеза стоматологических заболеваний требует применения достаточно чувствительных методов диагностики для проведения эффективных лечебно-профилактических мероприятий. Многими исследователями еще с начала 20 века высказывались мнения о необходимости дозирования ортодонтической нагрузки в зависимости от капиллярного давления периодонта [1]. Была предложена классификация ортодонтических сил в зависимости от капиллярного давления периодонта. Однако в практике ортопедической стоматологии определение капиллярного давления периодонта не применялось.

Цель работы – разработка и применение устройства для достоверного определения капиллярного давления периодонта у пациентов с включенными дефектами зубных рядов в сочетании с зубочелюстными аномалиями.

Объекты и методы исследования

Для изучения капиллярного давления в тканях периодонта обследованы 32 пациента в возрасте 20–44 года обоих полов с включенными дефектами зубных рядов IV класс Кеннеди в сочетании с зубочелюстными аномалиями. Контрольную группу составили 30 пациентов с интактным периодонтом. Исследовали десну в области функционирующей и нефункционирующей групп зубов.

Результаты исследования и их обсуждение

Для выполнения поставленной цели было разработано устройство для определения капиллярного давления периодонта, которое содержит элемент дозирования нагрузки и нагрузочное средство, соединенные между собой (патент на изобретение Республики Беларусь № 15437 от 28.02.2012) [2, 3]. Элемент дозирования нагрузки, выполнен в виде пневматической системы, содержит включающей пневматический нагнетатель, ресивер, манометр и соединительные трубки. Нагрузочное средство представляет собой трубчатый наконечник цилиндрической формы, один конец которого присоединен к ресиверу, а второй снабжен закрепленной на нем эластичной мембраной (рисунок 1). Под действием дозированной нагрузки десна меняла окраску, что свидетельствовало об изменении кровенаполнения капилляров. Минимальная величина давления, которая вызывает обусловленное выдавливанием крови из капилляров изменение цвета десны, соответствовало величине давления крови в капиллярах десен.

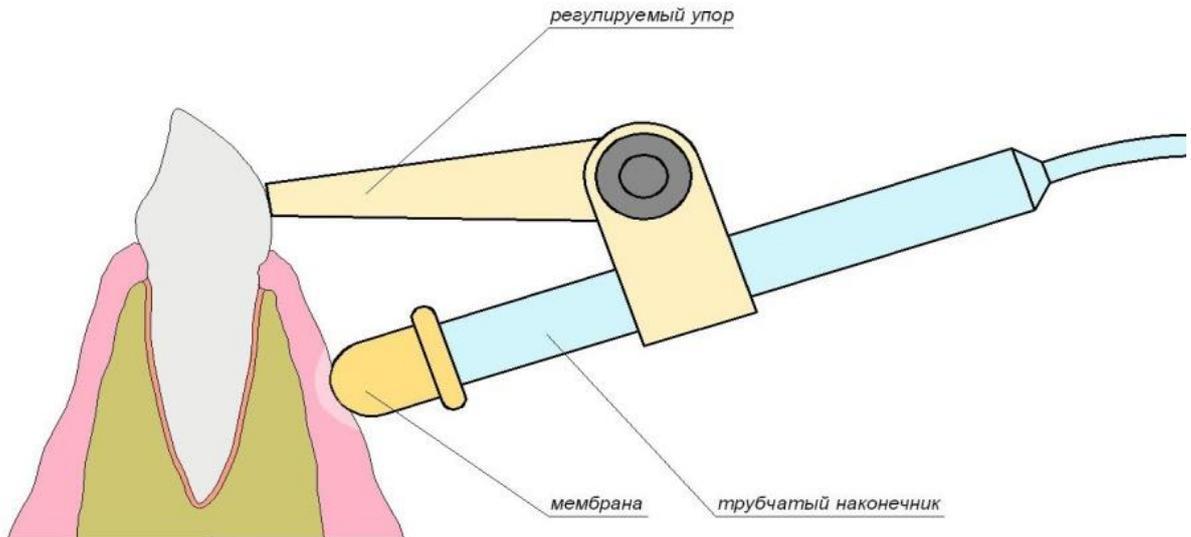


Рисунок 1 — Схематическое изображение трубоччатого наконечника с эластичной мембраной и упора для определения капиллярного давления периодонта

Показатель капиллярного давления периодонта у лиц контрольной группы с интактным периодонтом составил $20,3 \pm 0,43$ мм рт. ст. При включенных дефектах зубных рядов в сочетании с зубочелюстными аномалиями нефункционирующей группы зубов значения капиллярное давление периодонта варьировали в пределах $19,11 \pm 0,11$ — $14,5 \pm 0,38$ мм рт. ст., в среднем — $16,8 \pm 0,4$ мм рт. ст., и было снижено в 1,2 раза по сравнению со здоровыми тканями периодонта ($p < 0,001$). Среднее значение капиллярного давления периодонта у пациентов с включенными дефектами зубных рядов функционирующей группы зубов было $29 \pm 0,9$ мм рт. ст., что в 1,43 раза ($p < 0,001$) больше по сравнению со здоровыми тканями периодонта.

Заключение

Полученные результаты свидетельствуют о том, что впервые разработано и апробировано устройство для определения капиллярного давления периодонта у пациентов с дефектами зубных рядов в сочетании с зубочелюстными аномалиями. Доказано, что при включенных дефектах зубных рядов в сочетании с зубочелюстными аномалиями характерно снижение капиллярного давления периодонта нефункционирующей группы зубов и его повышение в 1,43 раза в функционирующей группе.

Таким образом, разработанное устройство и методика определения капиллярного давления периодонта рекомендованы к использованию при обследовании и лечении пациентов с дефектами зубных рядов в сочетании с зубочелюстными аномалиями. Высокая чувствительность (97 %), минимальное время (2 мин) на проведение диагностической процедуры позволяют отнести разработанную диагностику к разряду инновационных экспресс-методов.

Литература

1. Кулаженко, В.И. Пародонтоз и его лечение с применением вакуума. Одесса. 1960. С. 46–47.
2. Устройство для определения капиллярного давления в тканях периодонта. Денисова Ю.Л. / Патент РФ на изобретение №15437/ МПК А 61 В5/02 // опубл. 28.02.2012.
Денисова, Ю. Л. Новый метод исследования капиллярного давления в тканях периодонта у пациентов с зубочелюстными аномалиями и деформациями / Ю. Л. Денисова // Мед. журн. – 2012. – № 2. – С. 49–52.

УДК 616.314 – 08 – 034

ИССЛЕДОВАНИЕ КАЧЕСТВА ВИНТОВОГО СОЕДИНЕНИЯ В СИСТЕМЕ «ДЕНТАЛЬНЫЙ ИМПЛАНТАТ-АБАТМЕНТ» ПРИ ЦИКЛИЧЕСКИХ НАГРУЖЕНИЯХС.П. РУБНИКОВИЧ¹, С.В. ПРЯЛКИН¹, В.Н. БУСЬКО²¹Белорусская медицинская академия последипломного образования²Институт прикладной физики Национальной Академии Наук

Аннотация. Целью исследования являлась разработка и изготовление устройства для исследования качества винтового соединения системы «дентальный имплантат – абатмент» при циклических нагрузениях, имитирующих функциональные нагрузки в полости рта. Приоритетным аспектом является исследование силовых нагрузок, направленных под углом к длинной оси дентального имплантата, как при боковых движениях нижней челюсти во время жевания.

В результате исследования была изготовлена экспериментальная модель, состоящая из носителя с четырьмя дентальными имплантатами и изготовленной на них супраконструкции с отверстиями для доступа к шахтам винтов абатментов с целью проведения исследований

Ключевые слова: дентальный имплантат, циклические нагрузки, прочность винтового соединения

Abstract. The aim of the study was to develop and manufacture a device for studying the quality of the screw connection of the dental implant-abutment system under cyclic loading, simulating functional loads in the oral cavity. The priority aspect is the study of power loads directed at an angle to the long axis of the dental implant, as during lateral movements of the mandible during chewing.

As a result of the study, an experimental model was made, consisting of a carrier with four dental implants and a superstructure constructed on them with openings for access to the shafts of abutment screws for the purpose of conducting research

Key words: dental implant, cyclic loads, screw joint strength

Введение

Дентальные внутрикостные имплантаты, применяемые в стоматологии, по конструкции разделяются на две больших группы: неразборные (монолитные, однокомпонентные) и разборные (двухкомпонентные). Наиболее часто в практической стоматологии применяются двухкомпонентные системы дентальных имплантатов. Разборные дентальные имплантаты имеют в своём составе внутрикостную часть (дентальный имплантат) и на костную представленную абатментами различных модификаций. У неразборных дентальных имплантатов внутрикостная часть и абатмент соединены монолитно. Соединение разборного дентального имплантата и абатмента бывает двух типов – плоскостное и коническое [1]. Как в цилиндрическом типе соединения, так и в коническом абатмент к дентальному имплантату фиксируется при помощи винта. В данном типе соединения винт зажимается с заданным усилием до 40 Н/см под контролем динамометрического ключа. При функционировании ортопедических конструкций с опорой на дентальные имплантаты в полости рта винтовое соединение дентального имплантата и абатмента ослабляется. Исторически ранее появилось цилиндрическое (плоскостное) соединение. Данный тип соединения представлен наружным и внутренним шестигранником. Коническое соединение было разрабатывалось несколько позднее и является более современным соединением, нежели цилиндрическое.

Цель работы

Разработка и изготовление специального устройства для исследования качества винтового соединения системы «дентальный имплантат – абатмент» при циклических нагрузках, имитирующих функциональные нагрузки в полости рта.

Объекты и методы исследования

Для обеспечения указанных требований и условий испытания системы «дентальный имплантат – абатмент» на прочность винтового соединения были разработаны и изготовлены специальные носители, с укрепленными в них дентальными имплантатами в количестве 4-х штук. К дентальным имплантатам фиксировались абатменты посредством винтового соединения. На абатменты были изготовлены ортопедические конструкции из стали овальной формы для циклических нагрузений подшипником качения.

Для соблюдения необходимого угла воздействия нагрузки на носитель с имплантатами был изготовлен носитель в виде восьми- и шестнадцатигранника. Нагружение проводили под углом $\alpha_1 = 45^0$ и $\alpha_2 = 22,5^0$ к создаваемому усилию соответственно. При изменении количества циклов нагружения N с помощью динамометрического ключа измерялся момент зажатия фиксирую-

щих винтов абатментов ортопедической конструкции. Пример конструкции носителя в форме восьмигранника и ортопедической конструкции овальной формы, а также направление действия нагрузки P на носитель представлены в двух проекциях на рис. 1а, б. Носитель в виде восьмигранника изготовлен из стали длиной 120 мм и высотой каждой грани 30 мм, на одной из граней которого формировались ложа для фиксации дентальных имплантатов на которые впоследствии устанавливалась ортопедическая конструкция размером 25 x 10 x 12 мм из кобальт-хромовой стали. Форма поверхности обоймы с образцами, на которую воздействует под углом нагрузка P , имеет вид овала.

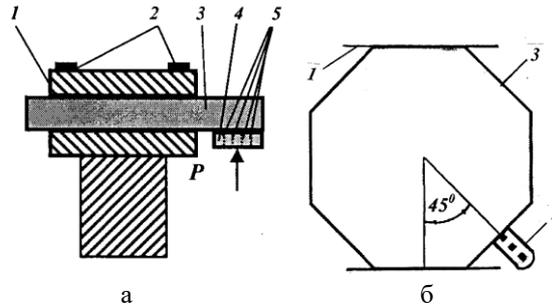


Рисунок 1. Фиксатор и обойма с образцами в узле защемления установки для исследования усталостной прочности: 1 - узел защемления, 2 - болты крепления, 3 - носитель, 4, 5 – ортопедическая конструкция овальной формы, P - направление действия нагрузки (силовозбудитель): а – схема крепления носителя и ортопедической конструкции; б - восьмигранный носитель и ортопедическая конструкция.

Дентальные имплантаты размером 3,75*11,5 фиксировались в носителе в специально сформированном ложе посредством композиционного фиксирующего материала химического отверждения. На зафиксированные дентальные имплантаты подбирались абатменты с высотой шейки 1 мм и изготавливалась ортопедическая конструкция из кобальт-хромовой стали овальной формы. Усилие зажатия фиксирующих винтов контролировалось с помощью динамометрического ключа типа МТ-R1040 (в Н/см) с точно заданным крутящим моментом затяжки M . Исследование прочности соединения в системе «дентальный имплантат-абатмент» проводили на малогабаритной лабораторной установке [3], разработанной и изготовленной в ИПФ НАН Беларуси и предназначенной для механических испытаний плоских образцов из ферромагнитных материалов. Принцип работы установки основан на циклических нагружениях свободного конца консольно-защемленного образца специальным силовым элементом в виде подшипника качения. Для исследования прочности винтового соединения в системе «дентальный имплантат-абатмент» усталости узел защемления установки был модифицирован.

Результаты исследования и их обсуждение

В результате нагружения силовозбудителем незащемленного конца носителя 3 и ортопедической конструкции 4 при постоянной амплитуде напряжений σ , равной ориентировочно 120 МПа, с ростом N происходит накопление усталостной повреждаемости, приводящее к снижению прочностных характеристик в системе «дентальный имплантат-абатмент» и ослаблению крепления абатментов ортопедической конструкции 4. Выбранное значение создаваемых напряжений в системе «дентальный имплантат - абатмент» рассчитывалось по прогибу конца фиксатора, измеренного с помощью индикатора перемещения часового типа или с помощью электронного штангенциркуля. Характеризующий момент M затяжки фиксирующих винтов абатментов, или усилие, а также количество циклов нагружения N , являются количественными мерами ослабления винтовой фиксации в системе «дентальный имплантат-абатмент» имеющейся ортопедической конструкции 4.

Заключение

Испытания показали эффективность предложенного устройства и методики исследования качества винтового соединения системы «дентальный имплантат-абатмент» на усталость при изменении ориентации и угла направления нагрузки, степени затягивания фиксирующих винтов абатментов и количества циклов нагружения.

Данная методика позволяет проводить качественную оценку винтовых соединений в системе «дентальный имплантат - абатмент». Циклические нагружения опытных образцов позволяют моделировать реальные условия функционирования ортопедической конструкции в полости

рта при боковых нагрузках. На предварительных испытаниях устройства показана высокая информативность метода исследования качества винтового соединения в системе “дентальный имплантат-абатмент” при циклических нагрузениях.

Литература

1. Рубникович, С.П., Прялкин С.В. Использование мезоструктур при изготовлении зубных протезов с опорой на дентальные имплантаты, журнал Стоматолог. Минск – 2016 – №2(21). – с. 62–63
2. Лахтин, Ю.М., Леонтьева Н.М. Материаловедение Учебн. для ВУЗов. М.: Машиностроение, 1990. – 528 с.
3. Бусько, В.Н. Лабораторная установка для исследования усталостной повреждаемости плоских ферромагнитных образцов//Приборы и техника эксперимента. – 2011. –№ 1. – С. 165–167.

УДК: 616.314.2-07

МЕТОД ЦИФРОВОЙ ДИАГНОСТИКИ ОККЛЮЗИИ ЗУБОВ У СТОМАТОЛОГИЧЕСКИХ ПАЦИЕНТОВ

С.П. РУБНИКОВИЧ, А.И. МАЙЗЕТ, И.Н. БАРАДИНА

Белорусская медицинская академия последипломного образования

Аннотация. Целью исследования является оценка диагностической эффективности инновационного метода цифровой диагностики окклюзии зубов у стоматологических пациентов. На основании анализа результатов, полученных методом цифровой диагностики, установлено, что разработанный метод позволяет более эффективно проводить анализ окклюзионных взаимоотношений зубов, чем традиционный метод диагностики. Метод цифровой диагностики обладает высоким уровнем чувствительности (90,3%) и специфичности (81%), значительной прогностической силой и диагностической надежностью. При этом вероятность выявления нарушений окклюзии зубов с использованием метода цифровой диагностики в 4,67 раз выше, чем традиционного метода диагностики окклюзии зубов. В соответствии с экспертной шкалой значений AUC качество диагностической модели оценивается как хорошее.

Ключевые слова: болезни пародонта, частичная вторичная адентия, T-scan, индексные показатели, чувствительность, специфичность.

Abstract. The aim of the study is to assess the diagnostic effectiveness of an innovative method of dental occlusion digital diagnosis in stomatological patients. Based on the analysis of the results obtained by the digital diagnostics method, it has been established that the developed method makes it possible to provide more effectively analyses of the occlusal interrelations if comparing with the traditional diagnostic method. The digital diagnostic method has a high level of sensitivity (90.3%) and specificity (81%), significant predictive power and diagnostic reliability. At the same time, the probability of detecting violations of dental occlusion using the digital diagnostic method is 4.67 times higher when comparing with the traditional method of dental occlusion diagnosing. In accordance with the expert scale of AUC values, the quality of the diagnostic model is assessed as good.

Key words: periodontal diseases, partial teeth loss, T-scan, index indicators, sensitivity, specificity.

Введение

Распространенность болезней пародонта, по данным исследователей, составляет 95%, а частичное отсутствие зубов определили у 81,3% пациентов Республики Беларусь возраст которых составил 35-44 года [1]. Одной из причин развития болезней пародонта является окклюзионная травма [2]. Проблема выявления преждевременных и чрезмерных контактов остается актуальной из-за возможных осложнений в зубочелюстной системе вследствие неправильных окклюзионных взаимоотношений зубов. Своевременно не устранённая травматическая окклюзия приводит к травме пульпы зуба и дефектам твердых тканей зубов (клиновидные дефекты, абфракции, окклюзионная и апроксимальная стираемость и т.д.) в ближайшие и отдаленные сроки после протезирования пациентов с частичной вторичной адентией [3]. Применение стандартных методик определения окклюзионных контактов, таких как: сочетанное использование диагностических моделей и артикулятора, регистрация и анализ окклюзионных контактов на рабочих окклюдодиграмах и

непосредственно на твердых тканях зубов пациента, а также получение обзорных окклюдодиаграмм не позволяют в режиме реального времени точно определить основные показатели окклюзионных взаимосоотношений зубов [4].

Цель работы

Оценить диагностическую эффективность инновационного метода цифровой диагностики окклюзии зубов у стоматологических пациентов.

Объекты и методы исследования

Проведено одномоментное, поперечное исследование. Была сформирована группа наблюдения, включающая 31 пациента в возрасте 35 – 44 лет без дефектов зубных рядов с хроническим генерализованным простым периодонтитом легкой степени тяжести, обратившихся за стоматологической помощью, на основе которой осуществлялось выявление нарушений окклюзий с использованием двух методов. Были использованы клинические и статистические методы исследования. Стоматологическое обследование пациентов включало клинические методы: опрос, осмотр по общепринятой методике, а также изучение объективных показателей при определении основных гигиенических, десневых и периодонтологических индексов (ОИ-S, GI, PI), методы лучевой диагностики. Для анализ окклюзионных взаимосоотношений и оценки состояния окклюзии были использованы два метода диагностики.

Первый метод включал традиционную диагностику окклюзии зубов с помощью артикуляционной бумаги, согласно протоколам, утвержденным Министерством здравоохранения Республики Беларусь от 26.12.2011 №1245, с использованием индекса окклюдодиаграммы (ИОКГ) [4].

Разработанный второй метод цифровой диагностики включал комплексный анализ окклюзии зубов с использованием показателей окклюзионных взаимосоотношений и критериев их оценки, цифрового индекса окклюзии (ЦИО) на основании данных аппарата T-scan [4].

Цифровыми диагностическими показателями окклюзионных взаимосоотношений зубов служили следующие параметры:

1. интенсивность окклюзионных контактов зубов по цветовой кодировке;
2. процентное распределение площади контактов по сторонам (левая/правая) в зубном ряду;
3. процентное распределение площади контактов по квадрантам в зубном ряду;
4. время окклюзии, которое отражает временной интервал, с момента первого контакта между зубами до того момента, когда достигался и сохранялся максимально плотный статический фиссурно-бугорковый контакт;
5. время дизокклюзии, которое отражает временной интервал, с момента начала открывания рта и до полного размыкания зубов;
6. графическое изображение траектории вектора силы от начала смыкания до полного смыкания зубов.

При этом критерии оценки окклюзионных взаимосоотношений зубов считали хорошими, если:

1. Столбцы диаграммы были только синего или зеленого цвета;
2. Вектор силы не выходил за пределы центральной зоны на белом фоне (при сбалансированных формах окклюзии эта траектория имела форму прямой линии, которая направлялась сверху вниз в центре 2Д изображения и заканчивалась в центре овального окна на белом фоне и не выходила за ее пределы в зону на сером фоне). Расположение линии вектора сил в центре изображения овального окна означало сбалансированность окклюзионных контактов между группами зубов и сторонами челюсти. При этом движение линии вектора сил имело ровную траекторию и направление траектории движения отмечалось сверху вниз.
3. Время дизокклюзии не превышало 0,4 секунды (время дизокклюзии при отсутствии патологии окклюзионных контактов составляло менее 0,4 секунды).
4. Время окклюзии не превышало 0,25 секунды. Чем короче «окклюзионное время», тем меньше времени требовалось для достижения контакта между всеми зубами в ротовой полости («окклюзионное время» при отсутствии патологии окклюзионных контактов должно составлять менее 0,25 секунды).
5. Распределение окклюзионных сил по сторонам левой и правой составляло 50% / 50%
6. Распределение окклюзионных сил по квадрантам имело одинаковые значения слева и справа.

Значение каждого из перечисленных показателей окклюзионных взаимосоотношений определяли, как 1 балл.

Критерии оценки окклюзионных взаимосоотношений зубов считали удовлетворительными, если:

- 1 . Отмечали наличие столбца/столбцов диаграммы желтого цвета.
- 2 . Линия траектории движения вектора силы выходила за пределы центральной зоны на белом фоне, но не выходила за пределы наружной зоны на сером фоне,
- 3 . Время дизокклюзии находилось во временном промежутке от 0,4 до 0,6 секунды.
- 4 . Время окклюзии находилось во временном промежутке от 0,25 до 0,5 секунды.
- 5 . Распределение окклюзионных сил по сторонам левой и правой не превышало 60% / 40%.
- 6 . Распределение сил окклюзии по квадрантам имело незначительные отличия в значениях слева и справа.

Значение каждого из перечисленных показателей окклюзионных взаимосоотношений зубов определяли, как 2 балла.

Критерии оценки окклюзионных взаимосоотношений зубов считали неудовлетворительными, если:

1. Отмечали наличие столбца/столбцов диаграммы оранжевого или красного цвета.
2. Линия траектории движения вектора силы выходила за пределы центральной наружной зоны на сером фоне.
3. Время дизокклюзии превышало 0,6 секунды.
4. Время окклюзии превышало 0,5 секунды.
5. Распределение окклюзионных сил по сторонам левой и правой превышало разницу значений в пропорции 60% / 40%.
6. Распределение сил окклюзии по квадрантам имело значительные отличия в значениях слева и справа.

Значение каждого из перечисленных показателей окклюзионных взаимосоотношений зубов определяли, как 3 балла.

На основании цифровых показателей окклюзионных взаимосоотношений зубов и разработанных критериев их оценки, нами предложен цифровой индекс окклюзии зубов. Применение цифрового индекса окклюзии позволяет качественно и количественно оценить окклюзию зубов, определить наличие и степень тяжести нарушений окклюзии зубов у стоматологических пациентов. Цифровой индекс окклюзии зубов рассчитывали по формуле:

$$\text{ЦИО} = \frac{\sum \text{баллов}}{n} \times 100\%$$

где Σ – сумма баллов по диагностическим критериям окклюзионных взаимосоотношений
 n – количество пар зубов-антагонистов (не более 14)

Установлено, что при показателях индекса ЦИО $\leq 42,9\%$ (общая сумма баллов ≤ 6) нарушение состояния окклюзии зубов не выявлялось, при показателях индекса ЦИО от 43 до 57,1% (от 6,1 до ≤ 8 баллов) наблюдалось нарушение окклюзии зубов легкой степени, при показателях индекса ЦИО от 57,2 до $\leq 85,7\%$ (от 8,1 до ≤ 12 баллов) наблюдалось нарушение окклюзии зубов средней степени, при показателях индекса ЦИО 85,8% и выше (13 баллов и выше) наблюдалось нарушение окклюзии зубов тяжелой степени.

При оценке информативности разработанного метода цифровой диагностики окклюзии зубов были определены диагностическая чувствительность и специфичность, прогностическая ценность положительного (ППР) и отрицательного результатов (ПОР), отношение правдоподобия для отрицательного и положительного результата (likelihood ratio, LR).

Был проведен ROC-анализ (receiver operating characteristics analysis) диагностических тестов, с использованием программы «AtteStat», включающий построение ROC-кривой и расчет прогностической ценности площади под ROC-кривой (area under curve, AUC). Оценка показателя AUC осуществлялась в соответствии с экспертной шкалой для значений AUC, по которой можно судить о качестве диагностической модели. Чем выше показатель AUC, тем качественнее классификатор, при этом значение 0,5 соответствует непригодности выбранного метода классификации.

Статистический анализ полученных данных проводился с использованием параметрических и непараметрических методов исследования, в том числе методов описательной статистики,

оценки достоверности (Chi-square test, χ^2). Статистическая обработка данных осуществлялась с использованием пакета прикладных программ «Statistica 10», программы «AtteStat»

Результаты исследования и их обсуждение

Анализ результатов исследования показал статистически значимые различия выявления удельного веса пациентов с нарушениями окклюзии различными методами диагностики (Chi-square test: $\chi^2 = 31,5$, $p_{1-2} = 0,0001$; таблица 3). Использование предложенного метода цифровой диагностики окклюзии зубов (МЦДО) позволило выявить нарушения окклюзии зубов у 90,7% пациентов, а традиционным методом диагностики окклюзии зубов (ТМДО) у 19,2% пациентов.

Результаты исследования показали, что метод цифровой диагностики окклюзии зубов можно использовать для выявления наличия нарушений окклюзии зубов у стоматологических пациентов. Анализ диагностических критериев оценки показал, что метод цифровой диагностики окклюзии зубов характеризуется высоким уровнем чувствительности (90,3%) и специфичности (81%), достаточно высоким уровнем прогностичности положительного и отрицательного результата (таблица 4). Прогностичность положительного и отрицательного результата метод цифровой диагностики окклюзии зубов/традиционный метод диагностики окклюзии зубов соответственно составила 0,82 и 0,89.

Отношение правдоподобия для положительного результата метод цифровой диагностики окклюзии зубов/традиционный метод диагностики окклюзии зубов достигает 4,67 ($LR+ = 4,67$) и свидетельствуют о том, что вероятность выявления нарушений окклюзии с использованием метода цифровой диагностики в 4,67 раз выше, по сравнению с традиционным методом диагностики окклюзии зубов.

Сравнительный анализ численного показателя площади под кривой (Area under curve, AUC) свидетельствует об эффективности метода цифровой диагностики для выявления нарушения окклюзии зубов (истинно положительных случаев). Показатели площади под ROC-кривой (Area under curve, AUC) метода цифровой диагностики окклюзии зубов приближаются к 1, что свидетельствует о значительной прогностической силе и диагностической надежности метода (таблица 5). В соответствии с экспертной шкалой значений AUC качество диагностической модели (метод цифровой диагностики окклюзии зубов) оценивается как хорошее ($AUC = 0,767$ (95% ДИ 0,648-0,885, $p = 0,002$).

Заключение

Разработан метод цифровой диагностики окклюзии зубов, позволяющий более эффективно проводить анализ окклюзии зубов, чем традиционный метод диагностики. Метод цифровой диагностики обладает высоким уровнем чувствительности (90,3%) и специфичности (81%). При этом вероятность выявления нарушений окклюзии зубов с использованием метода цифровой диагностики в 4,67 раз выше, чем традиционного метода диагностики окклюзии зубов. Показатель площади под ROC-кривой ($AUC = 0,767$ (0,648-0,885), $p = 0,002$) свидетельствует о значительной прогностической силе и диагностической надежности метода цифровой диагностики окклюзии зубов. В соответствии с экспертной шкалой значений AUC качество диагностической модели (метод цифровой диагностики окклюзии зубов) оценивается как хорошее.

Литература

1. Рубникович, С.П., Анализ распространенности стоматологических заболеваний, требующих ортопедического лечения, среди взрослого населения г. Гродно / Рубникович С.П., Корзун О.К., Денисова Ю.Л., Андреева В.А., Корзун А.А. // Стоматолог. Минск. – 2018. – №3. – С. 20–30.
2. Рубникович, С.П., Комплексное лечение болезней периодонта и зубочелюстных аномалий на основе лазерно-оптической диагностики / Рубникович С.П., Денисова Ю.Л. // Маэстро стоматологии. Москва. – 2011. – №4. – С. 78–82.
3. Бульчева, Е.А. Использование диагностического сканера «Т-SCAN» для анализа окклюзионных взаимоотношений зубных рядов в практике врача-стоматолога ортопеда / Бульчева, Е.А., Бульчева Д.С. // Сборник стоматология славянских государств. Белгород. – 2015. – С. 50–53.
4. Грицай, И.Г. Анализ применения аппарата Т-SCAN в стоматологической практике при окклюзионных нарушениях / Грицай И.Г., Козицына С.И., Алпатова В.Г. // Институт стоматологии. СПб. – 2015. – №4. – С.58–61.

УДК616.31-085

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МЕСТНЫХ АНТИСЕПТИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ПРИ ЛЕЧЕНИИ ВОСПАЛЕНИЯ ТКАНЕЙ ДЕСНЫ И СЛИЗИСТОЙ ОБОЛОЧКИ ПОЛОСТИ РТА У ПАЦИЕНТОВ С НЕСЪЕМНЫМИ ОРТОДОНТИЧЕСКИМИ АППАРАТАМИ

С.П. РУБНИКОВИЧ, Е.В. КУЗЬМЕНКО, Я.И. ТИМЧУК, В.А. АНДРЕЕВА

Белорусская медицинская академия последипломного образования

Аннотация. В исследовании приняли участие 34 пациента, находящихся на ортодонтическом лечении с использованием несъемной техники, у которых диагностирован простой маргинальный гингивит, воспаление слизистой оболочки в результате травмы элементами брекет-системы на этапах адаптации. У пациентов основной группы, кроме стандартной схемы противовоспалительного лечения дополнительно применяли препарат «Гексализ». Анализ динамики индексов GI и PMA в основной и контрольной группах на 20 сутки позволил установить, что у пациентов, принимающих таблетки «Гексализ», воспалительные явления были достоверно менее выражены (для индекса GI – $p=0,024$, для PMA – $p=0,002$).

Ключевые слова: гингивит, антибактериальная и противовоспалительная терапия, брекет-система.

Abstract. The study involved 34 patients undergoing orthodontic treatment using fixed appliances, with diagnosed simple marginal gingivitis and inflammation of the oral mucous as a result of trauma with the elements of the bracket system during the treatment adaptation period. Additionally to the standard scheme of anti-inflammatory treatment patients of the main group used "Hexaliz". The dynamics analysis of GI and PMA indices in the main and control groups on 20th day allowed to establish significantly less pronounced inflammatory process in patients using "Hexaliz" tablets ($p = 0.024$ for GI index, $p = 0.002$ for PMA index).

Keywords: gingivitis, antibacterial and anti-inflammatory therapy, bracket system.

Введение

На всех этапах ортодонтического лечения несъемной техникой необходимо особое внимание уделять обучению пациентов навыкам проведения гигиены полости рта, профилактике и лечению воспалительных заболеваний тканей периодонта [1].

В связи с тем, что конструктивные элементы аппаратуры способствуют удержанию остатков пищи и накоплению мягкого зубного налета, нарушается процесс самоочищения полости рта вследствие ограничений при приеме пищи, в результате чего повышается численность и активность микроорганизмов. Кроме того, пациенты с несъемными ортодонтическими конструкциями, испытывают значительные трудности при проведении рутинной гигиены полости рта, особенно на начальных этапах лечения, что связано с ограничением доступа к поверхностям зубов, на которых установлена брекет-система. На этапах адаптации к брекет-системе часто происходит травмирование контактирующей с элементами аппаратуры слизистой оболочки губ, щек и языка. Неудовлетворительное гигиеническое состояние полости рта и повышение микробной активности, диагностируемые на начальных этапах лечения у пациентов с несъемной аппаратурой, способствуют развитию воспалительных заболеваний тканей периодонта, усугубляя процесс заживления травматических поражений слизистой оболочки [2, 3].

В случае возникновения заболеваний периодонта, с целью профилактики развития более выраженных признаков воспаления, помимо мероприятий по коррекции индивидуальной гигиены полости рта и профессионального гигиенического ухода целесообразно проводить адекватную местную антибактериальную терапию [4]. Большинство авторов в таких клинических ситуациях рекомендуют использовать комбинированные препараты, обладающие антимикробной активностью в отношении периодонтопатогенных бактерий и стимулирующие естественную местную иммунную защиту слизистой оболочки полости рта [5, 6].

Цель работы

Оценить эффективность применения препарата «Гексализ» в комплексной терапии гингивита у пациентов, находящихся на ортодонтическом лечении с применением брекет-системы.

Объекты и методы исследования

В исследовании приняли участие 34 пациента с патологией прикуса в возрасте от 17 до 20 лет, находящихся на начальных этапах ортодонтического лечения с использованием брекет-систем. У всех пациентов выявлены клинические признаки простого маргинального гингивита. Для оценки тяжести и последующей регистрации динамики воспалительного процесса использо-

вали десневой индекс – GI (Loe H., Silness J., 1963) и папиллярно-маргинально-альвеолярный индекс – РМА (Massler M., Shour J., Parma C., 1960) [7].

При первичном осмотре индекс GI был равен 1,1 (95% ДИ: 0,91...1,38) в основной и 1,2 (95% ДИ: 1,12...1,55) в контрольной группе. До начала лечения индекса РМА в основной группе составил 35,24 % (95% ДИ: 28,08 %...42,39 %), в контрольной – 33,65 % (95% ДИ: 26,33 %...40,96 %). Выраженность воспалительных явлений и значения индексов GI и РМА до начала лечения в обеих группах исследования не имели статистически значимых отличий ($p > 0,05$).

Методом простой рандомизации пациенты были распределены на две сопоставимые по возрастно-половым характеристикам группы – основную (5 юношей и 12 девушек) и контрольную (7 юношей и 10 девушек). Средний возраст пациентов в основной группе составил $18,53 \pm 0,94$, в контрольной группе – $18,18 \pm 1,13$ года.

В обеих группах проведено обучение правилам гигиенического ухода за полостью рта и ортодонтической аппаратурой. Всем пациентам проведена профессиональная гигиена полости рта и назначена противовоспалительная терапия по стандартной схеме. Пациентам основной группы дополнительно назначен комбинированный антибактериальный препарат «Гексализ» («Bochara Recordati», Франция). Рекомендовано медленно рассасывать до полного растворения по 1 таблетке 4 раза в день каждые 4 часа в течение 7 дней.

Контрольные динамические осмотры в обеих группах проводились на 5, 10 и 20 сутки после начала лечения.

Полученные данные обработаны статистически с помощью программ «Statistica» (Version 10, StatSoft Inc., США.) и «Excel».

Результаты исследования и их обсуждение

Результаты контрольного стоматологического осмотра, проведенного в основной группе на 5 сутки лечения с применением таблеток «Гексализ», позволили установить улучшение гигиенического состояния полости рта и снижение выраженности воспалительных явлений в тканях периодонта. Пациенты этой группы отмечали нормализацию цвета и меньшую кровоточивость десен при чистке зубов. Клиническое улучшение подтверждено динамикой индексов GI и РМА, которые в основной группе составили 0,5 (95% ДИ: 0, 39...0,69) и 12,12 % (95% ДИ: 9,78 %...14,45 %) соответственно ($p < 0,001$).

В контрольной группе также выявлено улучшение гигиенического состояния полости рта и уменьшение выраженности признаков гингивита. Индекс GI в группе через 5 дней после начала лечения составил 0,9 (95% ДИ: 0,72...1,19), а индекс РМА – 16,94 % (95% ДИ: 13,81 %...20,08 %) ($p < 0,05$).

Анализ результатов контрольного осмотра, полученных на 5 сутки лечения, свидетельствует о том, что лечебные мероприятия, проводимые в основной группе, более эффективны, чем в контрольной, на что указывают данные сравнения индексов GI и РМА ($p=0,006$ и $p=0,02$, соответственно).

Проведенный на 10 сутки лечения контрольный осмотр позволил выявить достоверное снижение индексов GI и РМА в обеих группах исследования ($p < 0,001$). Значения десневого индекса в основной группе составили 0,2 (95% ДИ: 0,16...0,36), в контрольной – 0,5 (95% ДИ: 0,4...0,79). Индекс РМА в основной группе был равен 4,71 % (95% ДИ: 3,06 %...6,35 %) ($p < 0,001$), в контрольной группе – 10,35 % (7,24 %...13,46 %). Выявлено, что эффективность проводимой терапии в основной группе статистически достоверно выше, чем в контрольной (для индекса GI – $p=0,003$, для РМА – $p=0,005$).

На 20 сутки лечения в основной группе индекс GI составил 0,2 (95% ДИ: 0,13...0,25), индекс РМА – 1,88 % (95% ДИ: 1,16 %...2,61 %). В контрольной группе значения десневого и папиллярно-маргинально-альвеолярного индексов были равны 0,2 (95% ДИ: 0,21...0,43) и 5,29 % (95% ДИ: 3,15 %...7,44 %) соответственно. Данные контрольного осмотра свидетельствуют о регрессе клинических симптомов воспаления тканей периодонта в обеих группах ($p < 0,05$).

Анализ динамики индексов GI и РМА в основной и контрольной группах на 20 сутки позволил установить, что у пациентов, принимающих таблетки «Гексализ», воспалительные явления были достоверно менее выражены (для индекса GI – $p=0,024$, для РМА – $p=0,002$) и процесс выздоровления проходил быстрее.

Пациенты основной группы, у которых были выявлены травматические повреждения слизистой оболочки губ и щек вследствие воздействия элементов брекет-систем на этапах адаптации, отмечали, что болезненность элементов значительно сокращалась уже через сутки после начала приема таблеток «Гексализ». Клинически отмечалась быстрая регенерация поврежденного эпителия.

Антибактериальная терапия, проведенная в основной группе, достоверно более эффективна ($p < 0,01$), на что указывают результаты анализа динамики значений десневого и папиллярно-маргинально-альвеолярного индексов.

В процессе лечения препаратом «Гексализ» у пациентов не выявлено раздражающего воздействия таблеток на слизистую оболочку ротовой полости. Пациенты отмечали приятные органолептические характеристики препарата, а также указывали на удобство применения лекарственного средства.

Заключение

Эффективность проводимой в основной группе терапии оказалась выше, чем в контрольной. У пациентов, принимавших препарат «Гексализ», наблюдался выраженный регресс симптомов воспаления, начиная с первых суток терапии.

Таким образом, препарат «Гексализ» может быть рекомендован к применению в качестве местного антибактериального и противовоспалительного средства в комплексном лечении гингивита у пациентов, находящихся на ортодонтическом лечении с применением несъемной техники.

Литература

1. Михайловская, В.П. Гигиеническое состояние полости рта пациентов, находящихся на лечении у врача-ортодонта / В.П. Михайловская, Т.В. Терехова // Современная стоматология. Минск. – 2000. – № 1. – С. 37–38.
2. Вавилова, Т.П. Профилактика стоматологических заболеваний при лечении современными ортодонтическими аппаратами / Т.П. Вавилова, М.В. Коржукова. М., 1997. – С. 7–28.
3. Гонтарев, С.Н. Воспалительные заболевания слизистой оболочки полости рта при использовании съемной и несъемной ортодонтической аппаратуры / С.Н. Гонтарев, Ю.А. Чернышева, И.Е. Федорова // Научные ведомости БелГУ. – 2013 – Т. 22, № 11–1 (154). – С. 15–18.
4. Косырева, Т.Ф. Лечение хронического катарального гингивита у ортодонтических пациентов / Т.Ф. Косырева, И.В. Багдасарова, В.В. Сафрошкина // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Медицина. – 2009. – № 4. – С. 430–435.
5. Sukontatipark W., Agroudi M. A., Selliseth N.J. (2001) Bacterial colonization associated with fixed orthodontic appliances: a scanning electron microscopy study. *Eur. J. Orthod.*, vol. 23, no 5, pp. 475-484.
6. Sawhney R., Sharma R., Sharma K. (2018) Microbial Colonization on Elastomeric Ligatures during Orthodontic Therapeutics: An Overview. *Turk. J. Orthod.*, no 31 (1), pp. 21-25.
7. Дедова Л.Н. Поддерживающая терапия у пациентов с болезнями периодонта / Л.Н. Дедова, Ю.Л. Денисова, А.С. Соломевич // Стоматолог. Минск. – 2015. – № 4. – С. 75–81.

УДК 616.314 – 08–034

ПРИМЕНЕНИЕ КОМПОЗИТНО-АРМИРОВАННОЙ КУЛЬТЕВОЙ ШТИФТОВОЙ ВКЛАДКИ ПРИ ПРОТЕЗИРОВАНИИ ПОЛНОГО ДЕФЕКТА КОРОНКОВОЙ ЧАСТИ ЗУБА.

А.Д. ФИСЮНОВ¹, С.П. РУБНИКОВИЧ²¹Витебский государственный ордена Дружбы народов медицинский университет²Белорусская медицинская академия последипломного образования

Аннотация. Для ортопедического лечения пациентов с полным дефектом коронковой части зуба нами разработан и предложен к практическому применению новый метод протезирования, основанный на применении разработанной композитно-армированной культевой штифтовой вкладки (КАКШВ). Для клинического сравнения эффективности нового метода и разработанной штифтовой конструкции, а также традиционной композитной вкладки, армированной одним СВШ, литой культевой штифтовой вкладки (ЛКШВ) из кобальто-хромового сплава, проведено наблюдение за состоянием сравниваемых штифтовых конструкций в течение четырех лет. В статье представлены результаты клинического наблюдения за 143 пациентами с полными дефектами коронковой части зуба, которым было изготовлено 190 штифтовых конструкций, в том числе 69 вкладок (36,32%) по предложенному методу.

Ключевые слова: полный дефект коронковой части зуба, штифтовая конструкция, композитно-армированная культевая штифтовая вкладка.

Abstract. We have developed a composite-reinforced post and core (CRPC) using a primary and supplementary fibre-optic pins (FOP), which enhance stump retention, distribute the load properly and thus strengthen the system itself, and have presented it for practical application. The article presents the results of clinical examination of 143 patients having complete crown defects for whom 190 post and core constructions have been made, including 69 inlays (36,32%) manufactured based on the suggested method. In order to compare and assess the effectiveness of the suggested post and core construction, a composite inlay (CI), reinforced with a single FOP, and a cast post and core (CPC), made of cobalt-chromium alloy, we have been examining and studying the condition and changes of the constructions compared for four years.

Key words: complete defect in the crown part of the tooth, post and core construction, composite-reinforced post and core.

Введение

Проблема ортопедического лечения полного дефекта коронковой части зуба является актуальной вследствие ее распространенности, существующих недостатков известных методов протезирования и их недостаточной эффективности [1]. Сохранение зубов с полными дефектами коронковой части и их ортопедическое лечение позволяет предупредить возникновение дефектов и деформаций зубных рядов, сохранить естественный механизм передачи жевательного давления, восстановить анатомическую форму и функцию разрушенного зуба [2].

Полный дефект коронки зуба и связанная с этим утрата механической прочности обуславливает необходимость использования штифтовой конструкции. Применяемым в настоящее время культевым штифтовым вкладкам из кобальто-хромового сплава и диоксида циркония свойственна механическая прочность, однако, за счет высокого модуля упругости конструкционного материала, их использование может сопровождаться переломом корня [3].

Актуальным является использование волоконных штифтов, модуль упругости которых схож с модулем упругости дентина. Согласно исследованиям, эти штифты улучшают устойчивость к нагрузкам депульпированных зубов и успешно уменьшают вероятность фрактуры твердых тканей зуба [4].

Однако применение традиционной композитной культевой штифтовой вкладки является недостаточно обоснованным при протезировании зубов с широкими корневыми каналами и корневыми каналами с выраженной конусностью, где в области устья существует пространство между стенками корня и стандартным стекловолоконным штифтом. Заполняющий это пространство композит не обладает достаточной сопротивляемостью нагрузкам, что обуславливает неудовлетворительную механическую прочность системы «штифтовая конструкция – фиксирующий цемент – твердые ткани зуба». Усадка композитных фиксирующих цементов в зоне устья корневого канала приводит к возникновению полимеризационного стресса и его последствий, яв-

ляется причиной нарушения адгезии штифтовой конструкции и увеличивает риск ее расцементирования [5].

Вышеизложенное обосновывает актуальность исследований, направленных на совершенствование существующих штифтовых конструкций, снижение частоты осложнений и улучшение результатов протезирования пациентов с полным дефектом коронковой части зуба.

Цель работы: оценить эффективность ортопедического лечения пациентов с полным дефектом коронковой части зуба с применением разработанного метода протезирования, основанного на использовании композитно-армированной культевой штифтовой вкладки.

Объекты и методы исследования

Разработан и предложен к практическому применению метод протезирования полного дефекта коронковой части зуба основанный на использовании разработанной композитно-армированной культевой штифтовой вкладки.

Отличием разработанной композитно-армированной культевой штифтовой вкладки от традиционной штифтовой конструкции является включение в нее основного и дополнительных стекловолоконных штифтов, которые усиливают ретенцию культевой части и рационально распределяют нагрузку, что обеспечивает прочность полученной системы [6].

В основу клинической части работы положены результаты обследования и ортопедического лечения 143 пациентов с полным дефектом коронковой части зуба. В зависимости от метода ортопедического лечения с применением штифтовых конструкций, пациенты распределены на три группы, которые были однотипны по выраженности патологии, полу и возрасту ($p_{\text{Mann-Whitney}} > 0,05$) (таблица 1).

Таблица 1. – Характеристика сравниваемых групп пациентов

Параметры	1-я группа (композитная культевая штифтовая вкладка)	2-я группа (литая куль- тевая штиф- товая вклад- ка)	3-я группа (композитно- армированная культевая штифтовая вкладка)	Всего
Количество пациентов	44	47	52	143
Половая принадлежность (мужчины/женщины)	16/28	17/30	21/31	54/89
Средний возраст	43,2 ± 14,34	44 ± 13,07	45,3 ± 11,19	44,22 ± 12,78
Количество изготовленных штифтовых конструкций	60	61	69	190

В контрольной группе состояли 32 добровольца с интактными твердыми тканями зубов и периодонтом.

Предметом исследования явились зубы с полными дефектами коронковой части (ИРОПЗ = 0,8 и более); литые культевые штифтовые вкладки из кобальто-хромового сплава, изготавливаемые методом литья по индивидуальным восковым репродукциям (лабораторный способ изготовления); традиционные композитные культевые штифтовые вкладки, армированные одним стекловолоконным штифтом и композитно-армированные культевые штифтовые вкладки с двумя и более армирующими штифтами, изготавливаемые лабораторным способом на гипсовой модели.

В первую группу было включено 44 (30,8%) пациента, из них 28 женщин (63,6%) и 16 мужчин (36,4%), протезирование которых осуществляли с использованием традиционной композитной культевой штифтовой вкладки с одним стекловолоконным штифтом. Вторая группа состояла из 47 (32,9%) пациентов, из них 30 женщин (63,8%) и 17 мужчин (36,2%), ортопедическое лечение которых проводили с использованием литой культевой штифтовой вкладки. Третья группа включала 52 пациента (31 женщина (59,6%) и 21 мужчина (40,4%)). В ортопедическое лечение пациентов третьей группы включили разработанную композитно-армированную культевую штифтовую вкладку. Протезирование пациентов всех трех групп завершили изготовлением металлокерамических коронок и мостовидных протезов.

Для восстановления функционального состояния и целостности зубочелюстной системы по показаниям изготовлено 104 металлокерамической коронки (63,4%), 41 металлокерамический

мостовидный протез (25%), 8 бюгельных протезов (4,9%) и 11 съемных пластиночных протезов (6,7%).

Показанием для применения штифтовых конструкций был полный дефект коронковой части однокорневых зубов верхней челюсти, обусловленный осложнениями кариозного или травматического процесса без патологических изменений в тканях периодонта (таблица 2).

Таблица 2. – Критерии включения / исключения пациентов в исследование

Критерий	Включение	Исключение
Степень разрушения корня относительно уровня десны	На уровне десны и выше	Ниже уровня десны
Величина дефекта коронковой части зуба	ИРОПЗ = 0,8 и более	ИРОПЗ менее 0,8
Используемый метод obturации корневого канала	Методы, разрешенные клиническими протоколами Министерства здравоохранения Республики Беларусь	Резорцин-формалиновый метод пломбирования корневых каналов
Степень подвижности зуба	Отсутствие подвижности или 1 степень	Подвижность зуба 2 и более степени
Состояние периапикальных тканей	Отсутствие периапикальных изменений	Зубы с острым или хроническим воспалением в периапикальных тканях
Дефекты зубных рядов	Отсутствие дефектов зубных рядов либо восстановление целостности зубного ряда посредством несъемных и съемных ортопедических конструкций в процессе лечения	Нарушение непрерывности зубного ряда. Клиническая и рентгенологическая картина функциональной перегрузки отдельных (групп) зубов

При сборе анамнеза у пациентов трех групп учитывали пол, возраст на момент обращения, длительность заболевания, этиологию, проводившееся ранее терапевтическое и/или ортопедическое лечение дефектов твердых тканей зубов, наличие осложнений ранее проведенного лечения.

У всех пациентов было проведено стоматологическое обследование, включающее внешний осмотр и исследование ротовой полости. Индексная оценка включала определение ИРОПЗ (В.Ю. Милинкевич, 1984), упрощенного индекса гигиены полости рта ОНI-S (Green, Vermillion, 1964), десневого индекса GI (Loe, Silness, 1963) и комплексного периодонтального индекса КПИ (П.А. Леус, 1988).

В работе использовали лучевые методы исследования – внутриротовая контактная рентгенография и ортопантограмма. Лучевые методы исследования проводили всем пациентам до начала лечения, после его завершения, а также при наличии осложнений во время контрольных посещений через 12, 24, 36 и 48 месяцев. При изучении лучевых методов исследования определяли состояние альвеолярного гребня, периапикальной области, проводили контроль эндодонтического лечения. Проведено динамическое наблюдение пациентов трех групп, которым применяли штифтовые конструкции, в течение четырех лет.

Для оценки эффективности проводимого лечения регистрировали следующие осложнения: расцементировка искусственной коронки, расцементировка вкладки, перелом культевой штифтовой вкладки, трещина или перелом корня зуба, фрактура корневого дентина, кариес корня, болезни периодонта (гингивит, периодонтит, рецессия десны), нарушение облицовки металлокерамических коронок (трещины, сколы), возникновение осложнений, связанных с проведенным эндодонтическим лечением. Результаты лечения оценивали как хорошие, удовлетворительные и неудовлетворительные.

Статистическая обработка данных выполнена в соответствии с современными требованиями к проведению медико-биологических исследований с использованием пакета прикладных программ Microsoft Excel 2010 и программы Statistica 10.0.

Результаты исследования и их обсуждение

Стоматологический статус пациентов трех групп до начала лечения был схожим. У пациентов определяли зубные отложения, гиперемии и отеки десны, кровоточивость при зондиро-

вании. Параметры объективных тестов, характеризующие состояние тканей периодонта свидетельствовали о наличии гингивита средней степени тяжести. Состояние гигиены и тканей периодонта статистически значимо отличалось от соответствующих показателей в группе контроля ($p < 0,05$).

По результатам клинического наблюдения трех групп пациентов после окончания подготовительного лечения установлено, что по всем параметрам объективных тестов, характеризующих уровень гигиены ротовой полости и состояние тканей периодонта, прослеживали тенденцию к улучшению по сравнению с исходным состоянием. Так, гигиенический индекс ОНI-S уменьшился в 2,5–2,7 раза ($p_{\text{Wilcoxon}} < 0,001$), гингивальный индекс GI в 1,4–1,7 раза ($p_{\text{Wilcoxon}} < 0,05$) и КПИ в 1,6–1,8 раза ($p_{\text{Wilcoxon}} < 0,001$).

После завершения ортопедического лечения в отдаленные сроки наблюдения (48 мес.) у 8 (18,2%) пациентов первой группы, протезирование которых проводили с использованием традиционной композитной культевой штифтовой вкладки, наблюдали 12 осложнений, что составило 20% от количества изготовленных в группе штифтовых конструкций. Было зафиксировано 5 переломов композитной культевой штифтовой вкладки, 3 расцементировки штифтовых конструкций, 1 случай скола части надкорневого дентина, 3 случая рецессии десны.

Результаты протезирования пациентов 1 и 3 группы с полным дефектом коронковой части зуба имели статистически значимые различия по количеству случаев перелома штифтовой конструкции (Fisher exact $p = 0,0178$, Yates $p = 0,0418$). Количество пациентов с осложнениями ортопедического лечения в третьей группе было статистически значимо ниже количества пациентов с осложнениями протезирования в первой группе (Fisher exact $p = 0,0077$, Yates $p = 0,0177$) (таблица 3).

Таблица 3. – Выявленные у пациентов 1 – 3 группы в процессе 48 месяцев динамического наблюдения осложнения

Перечень осложнений	1 – я группа (композитная культевая штифтовая вкладка)		2 – я группа (литая культевая штифтовая вкладка)		3 – я группа (композитно- армированная культевая штифтовая вкладка)	
	пациенты, n = 44	штифтовые конструк- ции, n = 60	пациенты, n = 47	штифтовые конструк- ции, n = 61	пациенты n = 52	штифтовые конструкций, n 69
Перелом / отлом части вкладки	5 ^a	5 ^c	0	0	0	0
Перелом корня / скол корневого дентина	1	1	5 ^b	5 ^d	0	0
Расцементировка штифтовой конструкции с искусственной коронкой	2	3	2	2	0	0
Рецессия десны	3	3	3	4	1	2
Всего осложнений (%)	8 (18,2) ^e	12 (20) ^g	9 (19,2) ^f	11 (18) ^h	1 (1,9)	2 (2,9)

Примечание: 1) по сравнению с композитно-армированной культевой штифтовой вкладкой
^a $p_{\text{Fisher}} = 0,0178$, $p_{\text{Yates}} = 0,0418$; ^b $p_{\text{Fisher}} = 0,0214$, $p_{\text{Yates}} = 0,0507$; ^c $p_{\text{Fisher}} = 0,0198$, $p_{\text{Yates}} = 0,0468$; ^d $p_{\text{Fisher}} = 0,0208$, $p_{\text{Yates}} = 0,0490$; ^e $p_{\text{Fisher}} = 0,0077$, $p_{\text{Yates}} = 0,0177$; ^f $p_{\text{Fisher}} = 0,0049$, $p_{\text{Yates}} = 0,0122$; ^g $p_{\text{Fisher}} = 0,0019$, $p_{\text{Yates}} = 0,0046$; ^h $p_{\text{Fisher}} = 0,0042$, $p_{\text{Yates}} = 0,01$; 2) у одного пациента могли фиксировать несколько осложнений из перечня

В отдаленные сроки наблюдения (48 мес.) у 9 (19,2%) пациентов второй группы при использовании литой культевой штифтовой вкладки выявили 11 (18%) осложнений в виде 5 сколов фрагментов надкорневого дентина, 2 расцементровок штифтовых конструкций, 4 случаев рецессии десны с визуализацией темного контура по краю искусственной коронки,

представленного частью металлической штифтовой конструкции. Количество случаев повреждения корня зуба статистически значимо отличалось от результатов ортопедического лечения пациентов третьей группы, у которых подобных осложнений не было выявлено (Fisher exact $p=0,0214$, Yates $p=0,0507$). Количество пациентов с осложнениями ортопедического лечения полного дефекта коронковой части зуба второй группы было статистически значимо выше количества пациентов с осложнениями протезирования в третьей группе (Fisher exact $p=0,0049$, Yates $p=0,0122$).

У 51 (98,1%) пациента третьей группы, ортопедическое лечение которых проводили с применением предложенного метода протезирования с использованием композитно-армированной культевой штифтовой вкладки, в течение 48 месяцев динамического наблюдения осложнения зафиксированы не были. Результаты протезирования пациентов трех групп представлены на рисунке 1.

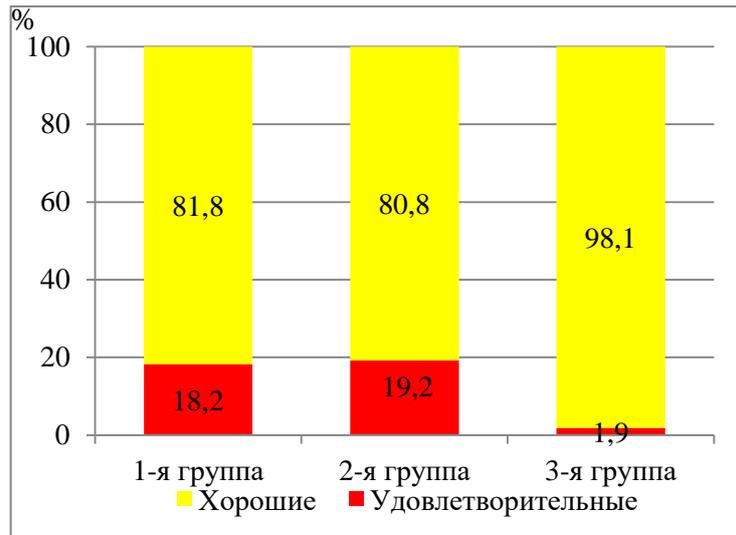


Рисунок 1. – Результаты лечения пациентов трех групп (48 мес.)

Заключение

Анализ клинических результатов протезирования показал, что предложенный метод ортопедического лечения с применением композитно-армированной культевой штифтовой вкладки у пациентов третьей группы оказал статистически значимое положительное влияние на снижение количества осложнений.

Разработанный метод протезирования полного дефекта коронковой части зуба с использованием предложенной композитно-армированной культевой штифтовой вкладки позволил у 98,1% пациентов в отдаленные сроки получить хорошие результаты ортопедического лечения, в то время как при традиционных методах протезирования хорошие результаты были получены только у 81,8% (при использовании стандартной конструкции композитной культевой штифтовой вкладки) и 80,8% (при применении литой культевой штифтовой вкладки) пациентов. Протезирование композитно-армированной культевой штифтовой вкладкой исключило у пациентов такие значимые осложнения, как перелом культевой штифтовой вкладки, перелом корня зуба, расцементировка ортопедической конструкции.

Совокупность полученных результатов клинического наблюдения свидетельствуют, что применение разработанного метода ортопедического лечения с использованием композитно-армированной культевой штифтовой вкладки позволило получить выраженное положительное влияние на состояние зубов и тканей периодонта, что обуславливает целесообразность применения разработанного метода протезирования в стоматологии.

Литература

1. Рубникович, С. П. Анализ распространенности стоматологических заболеваний, требующих ортопедического лечения, среди взрослого населения г. Гродно / С. П. Рубникович, О. К. Корзун, Ю. Л. Денисова, В. А. Андреева, А. А. Корзун // Стоматолог. Минск. – 2018. – №3(30). – С. 16–23.
2. Żarow, M. EndoProtetyka. Przewodnik dla praktyki / M. Żarow, C. D’Arcangelo, L. A. Felipe, G. Paniz, G. Paolone. – Warszawa: Kwintescenja, 2013. – 309 p.

3. Upadhyaya, V. A finite element study of teeth restored with post and core: Effect of design, material, and ferrule / V. Upadhyaya, A. Bhargava, H. Parkash, B. Chittaranjan, V. Kumar // Dent. Res. J. – 2016. – №13(3). – P. 233–238.
4. Santos-Filho, P. C. Influence of ferrule, post system, and length on biomechanical behavior of endodontically treated anterior teeth / P. C. Santos-Filho, C. Verissimo, P. V. Soares, R. C. Saltarello, C. J. Soares, L. R. Marcondes Martins // J. Endod. – 2014. – №40(1). – P. 119–123.
5. Panitawat, P. Effect of different composite core materials on fracture resistance of endodontically treated teeth restored with FRC posts / P. Panitawat, P. Salimee // J. Appl. Oral Sci. – 2017. – №25(2). – P. 203–210.

УДК: 616.314.2-07

**ЦИФРОВАЯ ДИАГНОСТИКА ЗВУКОВЫХ ЯВЛЕНИЙ У ПАЦИЕНТОВ
С ЗАБОЛЕВАНИЯМИ ВИСОЧНО-НИЖНЕЧЕЛЮСТНОГО СУСТАВА**
С.П. РУБНИКОВИЧ, И.Н. БАРАДИНА, А.И. МАЙЗЕТ, Д.М. БОРОДИН, В.Т. МИНЧЕНЯ

Белорусская медицинская академия последипломного образования

Аннотация. Целью исследования является оценка эффективности метода цифровой диагностики звуковых явлений в области височно-нижнечелюстных суставов. На основании анализа результатов, полученных методом цифровой диагностики, установлено, что разработанный метод позволяет более точно слышать звуки, еще до звуков, слышимых самим пациентом и эффективнее их различать. При этом вероятность выявления звуковых явлений с использованием метода цифровой диагностики в 1,18 раз выше, чем метод диагностики звуков без применения акустических средств и соответственно в 1,5 раза выше при определении синхронности окклюзионного звука.

Ключевые слова: звуковые явления, височно-нижнечелюстной сустав, диагностика, метод.

Abstract. The aim of the study is to assess the effectiveness of digital method of diagnostics of sound phenomena in the temporomandibular joint area. Based on the analysis of the results obtained by the digital diagnostics method, it has been established that the designed method allows one to hear sounds accurately and even earlier than the sounds heard by the patient and to distinguish them effectively. At the same time, the probability of detecting sound phenomena using the method of digital diagnosis is 1.18 times higher than the method of diagnosing sounds without the use of acoustic means and, accordingly, 1.5 times higher in case of determining the synchronicity of occlusive sound.

Keywords: sound effects, temporomandibular joint, diagnostic, method.

Введение

По данным последних исследований от 27 % до 76 % пациентов, обращающихся к стоматологам, имеют нарушения функции височно-нижнечелюстного сустава (ВНЧС). В 70–89 % случаев изменения в суставе не связаны с воспалительными процессами, а являются функциональными нарушениями. Ведущее место среди заболеваний сустава (свыше 75 %) занимают дисфункции ВНЧС.

В настоящее время общепринятым считается мнение о ведущей роли жевательных мышц в формировании симптомокомплекса дисфункции ВНЧС. Исследователи концентрируют особое внимание на факторах, приводящих к нарушению функционального состояния жевательных мышц, в частности латеральных крыловидных. Дисфункции ВНЧС с внутрисуставными нарушениями возникают при появлении несоответствия между силой мышечной тяги и механическими свойствами капсулярного и связочного аппарата. При отсутствии условий, ослабляющих прочность связок, дисфункция ВНЧС является следствием повышенного тонуса латеральной крыловидной мышцы. Спазматическое сокращение латеральной крыловидной мышцы, особенно верхней ее головки, является причиной смещения мениска, растяжения капсулы, что вызывает появление звуковых явлений (суставных шумов, щелчков, хлопков, громких звуков, треска, шелеста и другие, неприятные для пациента звуки) и болевых ощущений [1]. Природа болевых ощущений, по мнению ряда авторов, заключается в раздражении нервных окончаний ВНЧС в результате частичного или полного смещения внутрисуставного мениска относительно головки нижней челюсти [2]. Звуковые явления можно разделить на такие проявления как: шум трения, шелест, хруст, щелчки. Хруст в суставе обусловлен истончением диска, уменьшением количества синовиальной жидкости, деформацией суставных поверхностей при различных заболеваниях. [3]. Суставной шум, трение в области ВНЧС также связаны с уменьшением внутрисуставной смазки. Аускультативные (звуковые) признаки в суставе могут предшествовать или появляться вслед за симптомами,

которые характеризуются нарушением движения нижней челюсти или болевыми ощущениями в ЧЛЮ. [3, 4]. Своевременное выявление начальных проявлений звуковых явлений в ВНЧС позволяет на ранних стадиях изменений в связочном аппарате ВНЧС и мениске провести комплекс лечебных мероприятий, а также при проведении лечения у пациентов с заболеваниями ВНЧС позволит более точно отслеживать его результаты.

Цель работы

Определить эффективность метода цифровой диагностики звуковых явлений в области височно-нижнечелюстных суставов.

Объекты и методы исследования

Проведено одномоментное, поперечное исследование. Была сформирована группа наблюдения, включающая 126 пациентов в возрасте 20 - 36 лет с дисфункцией ВНЧС при бруксизме, давность заболевания – до 3-х лет. Критерием включения в группу явилось наличие звуковых явлений в области ВНЧС, болевых ощущений в ЧЛЮ и в области ВНЧС, которые усиливались во время выполнения функций и ограничивали экскурсию нижней челюсти в пространстве, чувство сжатия зубов и асимметрия лица. Проводились клинико-инструментальные, функциональные, лучевые и статистические методы исследования. При клиническом исследовании выявление звуковых нарушений проводилось с использованием двух методов.

Первый метод включал выявление звуковых нарушений без акустических средств.

Второй метод включал выявление звуковых нарушений с помощью электронного стетоскопа. Данные клинического исследования приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Встречаемость клинических признаков при бруксизме у пациентов с дисфункцией ВНЧС в начале лечения.

Метод исследования звуковых явлений у пациентов	Встречаемость клинических признаков, абс. ч.					
	Ограниченное открывание рта	Травматическая окклюзия	Неприятные ощущения в мышцах	Звуковые явления в области ВНЧС	Смещение нижней челюсти	Синхронность окклюзионного звука
Без акустических средств	119 (95,13%)	109 (86,5%)	114 (90,5%)	105 (83,3%)	114 (90,5%)	72 (57,2%)
Стетоскоп электронный	119 (95,13%)	109 (86,5%)	114 (90,5%)	124 (98,4%)	114 (90,5%)	48 (38,1%)

Примечание – $p \leq 0,05$.

Определение синхронности окклюзионного звука проводилось в центральной или привычной окклюзии. Нормой считается слышимый (здоровый, чёткий, короткий, синхронный) звук жевательной группы зубов при множественном равномерном межбугорковом контакте. При преждевременном окклюзионном контакте происходит вынужденное смещение нижней челюсти, при этом окклюзионный звук слышится как длинный и глухой. Звуковые явления или суставной шум определяется в динамическом положении нижней челюсти. Проверка синхронности окклюзионного звука проводилась одновременно с определением суставных шумов или звуковых явлений в области ВНЧС 2 методами: акустически без вспомогательных средств и с помощью электронного стетоскопа. Использовали электронный стетоскоп 3M Littman 3200 (рис. 1, 2), в котором система подавления окружающего шума на 85%, запись аудиоданных и их перенос осуществляется по Bluetooth на персональный компьютер. Максимальная удаленность стетоскопа от ПК составляет 10 м, которая сокращается, если на пути от стетоскопа до ПК существуют объекты (мебель, люди, стена и др.). Отображение звука и распечатывание (визуализация) осуществляется в виде фоноаудиограммы. Воспроизведение записи можно осуществить в замедленном режиме и сохранить информацию о пациенте на персональном компьютере.



Рисунок 1.

Рисунок 1. – Модель электронного стетоскопа 3M Littman 3200.

Рисунок 2.

Рисунок 2. – Головка электронного стетоскопа 3M Littman 3200 с интерфейсом.

На головке стетоскопа 3M Littman 3200 (рис.2) расположен интерфейс пользователя, который представляет собой пятикнопочную подушку и жидкокристаллический дисплей. Процесс звукообразования поддерживается при помощи цифрового сигнального процессора. Элементом питания служит одна щелочная батарейка типа АА, расположенная на головке. Стетоскоп снабжен также системой усиления и фильтрацией звука.

Фильтрация звука происходит между тремя частотными режимами, для улучшения качества звука:

1. режим «колокола» усиливает звук от 20 до 1000 Гц, и усиливает низкочастотные звуки от 20 до 200 Гц
2. режим «диафрагмы» усиливает звуки от 20 до 2000 Гц, и усиливает низкочастотные звуки от 100 до 50 Гц
3. режим «расширенный» усиливает звук от 20 до 2000 Гц, и усиливает низкочастотные звуки от 50 до 500 Гц

Уровень звука в модели стетоскопа 3M Littman 3200 может быть усилен на 8 усилительных уровней, что составляет усиление звука до 24 раз по сравнению с обычным акустическим стетоскопом. Уровень 1 приравнивается к уровню акустического стетоскопа, уровни громкости регулируются на жидкокристаллическом дисплее головки стетоскопа.

При осуществлении записи фоноаудиограммы учитывали время исчезновения записываемой иконки на головке дисплея. Если время от начала записи до конца записи было больше, чем 29 звуков, то записывали последние 29 звуков. Так запись осуществлялась следующим образом: включали персональный компьютер, на рабочем столе находили иконку с программой стетоскопа 3M Littman, кликали, выбирали зону проведения исследования – зона аускультации (при прослушивании ВНЧС выбирали коленный сустав), далее производили позиционирование головки стетоскопа 3M Littman на область ВНЧС, выбирали режим звука, нажимали клавишу М, производили запись и по налаженной связи по системе Bluetooth, затем снова нажимали клавишу М и производили остановку записи. После остановки записи фоноаудиограммы анализировали звуковые явления и записывали в карту пациента (Рис. 3).



Рисунок 3. – Изображена фоноаудиограмма левого ВНЧС пациента Б. 29 лет с диагнозом: бруксизм, дисфункция ВНЧС, подвывих суставного диска слева.

Статистическая обработка полученных данных при диагностике и в процессе лечения произведена при помощи языка программирования R (Выпуск: 3.2.5, 14 апреля 2016 года) в IDE RStudio. Также использовалась библиотека ggplot2 для визуализации получаемых данных. Пользовались статистическими методами однофакторного дисперсионного анализа, критерием хи-квадрат с поправкой Йетса, а также точным критерием Фишера. Количественные показатели представлены в виде среднего значения \pm стандартная ошибка среднего значения ($M \pm m$). Различия между изучаемыми параметрами признавались статистически значимыми при $p \leq 0,05$.

Результаты исследования и их обсуждение

Анализ результатов исследования показал статистически значимые различия выявления удельного веса пациентов со звуковыми явлениями и синхронностью окклюзионного звука различными методами диагностики. Использование предложенного метода цифровой диагностики звуковых явлений в ВНЧС позволило выявить их у 98,4% пациентов, а без использования акустических средств у 83,3% пациентов. Соответственно при исследовании синхронности окклюзион-

ного звука получили данные, свидетельствующие о том, что он синхронен у 57,2% без применения акустических средств и у 38,1% синхронен с применением цифрового стетоскопа. При этом вероятность выявления звуковых явлений с использованием метода цифровой диагностики в 1,18 раз выше, чем метод диагностики звуков без применения акустических средств и соответственно в 1,5 раза выше при определении синхронности окклюзионного звука.

Заключение

Результаты исследования показали, что метод цифровой диагностики звуковых явлений можно использовать для выявления внутрисуставных нарушений в ВНЧС, наличия нарушений окклюзии зубов у стоматологических пациентов, а также производить динамическое наблюдение за процессом лечения.

Литература

- 1 Annual review of selected dental literature: report of the committee on scientific investigation of the American Academy of Restorative Dentistry / E. P. Allen [et al.] // The J. of Prosth. Dent. – 2011. – Vol. 86, № 1. – P. 33–56.
- 2 Anatomy of the temporomandibular joint / X. Alomar [et al.] // Semin. In Ultrasound CT and MR. – 2007. – Vol. 28, № 3. – P. 170–83.
- 3 I. Khomich, S. Rubnikovich, I. Baradzina, D. Baradzin Algorithm of diagnostic measures in patients with temporomandibular joint disorders and bruxism / Abstracts of the 23rd International Conference on Oral and Maxillofacial Surgery, Hong Kong 31 May – 3 April, p.270.
- 4 I. Khomich, S. Rubnikovich, I. Baradzina, D. Baradzin Diagnosis and prognosis of development of bruxism / Abstracts of the 23rd International Conference on Oral and Maxillofacial Surgery, Hong Kong 31 May – 3 April, P. 360.

УДК: 616.314-089.843:615.837.3

ПРИМЕНЕНИЕ УЛЬТРАЗВУКА ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ ОСТЕОИНТЕГРАЦИИ ДЕНТАЛЬНЫХ ИМПЛАНТАТОВ

С.П. РУБНИКОВИЧ, И.С.ХОМИЧ

Белорусская медицинская академия последипломного образования

Аннотация. Целью исследования была разработка и экспериментальное обоснование эффективности низкочастотного ультразвука при дентальной имплантации.

Была разработана экспериментальная модель и проведены морфологические и морфометрические исследования гистологических препаратов для определения изменений в периимплантных тканях после комбинированного воздействия низкочастотным низкоинтенсивным ультразвуком.

В результате исследований установлено, что воздействие низкочастотным ультразвуком на титановые дентальные имплантаты положительно влияет на увеличение контакта кость-имплантат и остеоинтеграцию дентальных имлантатов.

Ключевые слова: низкочастотный ультразвук, смачиваемость поверхности, остеоинтеграция, имплантат, дентальная имплантация.

Abstract. The aim of the study was to develop and experimentally substantiate the effectiveness of low-frequency ultrasound during dental implantation.

An experimental model was developed and morphological and morphometric studies of histological preparations were carried out to determine changes in the peri-implant tissues after combined exposure to low-frequency, low-intensity ultrasound.

As a result of the research, it has been established that exposure to low-frequency ultrasound on titanium dental implants has a positive effect on the increase in bone-implant contact and osseointegration of dental implants.

Keywords: low-frequency ultrasound, surface wettability, osseointegration, dental implants, dental implantology.

Введение

Остеоинтеграция определяется как прямое образование кости на поверхности имплантата и представляет собой функциональный анкилоз. Эта концепция была описана проф. П. И. Бранемарком и в 1977 г. им был сформулирован феномен остеоинтеграции: «Прямая структурная

и функциональная связь между высокодифференцированной живой костью и несущей нагрузку поверхностью опорного имплантата, выявляемая на уровне светового микроскопа» [1].

Остеоинтеграция принадлежит к категории прямого или первичного заживления. Ее можно сравнить с прямым заживлением переломов, в котором концы фрагментов срастаются без промежуточной фиброзной или фиброзо- хрящевой ткани. Фундаментальное различие, однако, существует: остеинтеграция объединяет не кость с костью, а кость с поверхностью имплантата. Остеоинтеграция включает в себя несколько клеточных и внеклеточных биологических процессов, которые происходят на границе кость – имплантат, и способствуют образованию кости на поверхности имплантата [2].

Непосредственно после имплантации костный матрикс контактирует с внеклеточной жидкостью, а неколлагеновые белки и факторы роста высвобождаются и активируют регенерацию кости. Клетки костного мозга путем хемотаксиса из эндокортикального пространства и эндоста кости мигрируют к месту поражения [3].

Отложение нового кальцинированного матрикса на поверхности имплантата формируется в период от 4 до 6 недель после имплантации и представляет собой грубоволокнистую кость, что обеспечивает вторичную (биологическую) стабильность имплантата [4].

Начиная со второго месяца, грубоволокнистая кость постепенно ремоделируется и замещается пластинчатой костью, которая может достигать высокой степени минерализации. Через три месяца после имплантации вокруг имплантата обнаруживается смешанная структура костной ткани и пластинчатой матрицы [5].

Последний этап остеинтеграции состоит из ремоделирования костной ткани, начинается примерно с третьего месяца и способствует адаптации костной структуры к стрессу и механической нагрузке. Ремоделирование кости продолжается на протяжении всей жизни, предотвращая накопление микроповреждений и усталости кости и обеспечивая долгосрочность функционирования имплантата [6].

Стремление максимально снизить процент осложнений после дентальной имплантации, минимизировать риск отторжения имплантатов и добиться максимально полноценной остеинтеграции побуждает исследователей к постоянному поиску новых и эффективных методов обработки поверхности имплантатов, хирургических методик, физических методов воздействия на послеоперационную область и их комбинаций [7].

Результаты ряда исследований свидетельствуют, что импульсные ультразвуковые волны могут ускорять заживление переломов трубчатых костей и нижней челюсти. Низкоинтенсивный импульсный ультразвук имеет прямое влияние на клеточную физиологию, увеличивая включение ионов кальция в хрящевой и костной клеточных культурах и стимулируя экспрессию многочисленных генов, участвующих в процессе заживления. В дополнение к модулированию экспрессии генов ультразвук может стимулировать ангиогенез и увеличивать кровоток вокруг перелома. Помимо этого волны акустического давления облегчают ток жидкости, что увеличивает доставку питательных веществ и удаление отходов (феномен акустического течения), тем самым стимулируя пролиферацию и дифференцировку фибробластов, хондробластов и остеобластов [8, 9, 13-15].

Цель работы

Экспериментально и клинически обосновать целесообразность и доказать эффективность применения ультразвука для восстановления и формирования костной ткани при дентальной имплантации.

Объекты и методы исследования

Для изучения характера морфологических изменений в периимплантной костной ткани под влиянием контактного воздействия на имплантат и периимплантные ткани низкочастотным ультразвуком проводили экспериментальные исследования на 77 кроликах породы Шиншилла обоего пола, содержащихся в стационарных условиях на полноценном стандартном пищевом рационе согласно установленным нормам в соответствии с правилами по работе с экспериментальными животными. Животных разделили на три группы: первая группа – 27 кроликов с традиционным методом имплантации, вторая – 25 кроликов с озвучиванием дентальных имплантатов, третья группа – 25 кроликов с озвучиванием дентальных имплантатов и последующим ультразвуковым воздействием на периимплантную область (Рис. 1 а, б).



Рис. 1. Установленный дентальный имплантат (а), озвучивание дентального имплантата (б) в большеберцовой кости кролика

По истечении срока наблюдения животных выводили из эксперимента с соблюдением принципов биоэтики (в соответствии со стандартами GLP). Изучение микропрепаратов и изготовление микрофотографий проводили на увеличении 100 и 400 с помощью микроскопов Axio Imager (Zeiss) и DMLS с программным обеспечением (Leica, Германия).

Морфометрический анализ гистологических препаратов костных образцов был проведен на увеличении 50 по всему периметру каждого микропрепарата при помощи программно-аппаратного комплекса Leica-Qwin. Определяли площадь активной остеобластической поверхности (So), площадь новообразованной (грануляционной, фиброретикулярной и костной) периимплантационной ткани (Sn) и индекс интеграции (Io).

Статистическая обработка данных выполнена в соответствии с современными требованиями к проведению медико-биологических исследований с использованием пакета прикладных программ Microsoft Excel 2010 (версия 10,0, StatSoft, Inc., США) и программы Statistica 6.0.

Результаты исследования и их обсуждение

Результаты статистического исследования площади активной остеобластической поверхности показали, что в первой группе животных, где применяли традиционное лечение, на всех сроках эксперимента площадь костных трабекул с высокой плотностью остеогенных клеток была достоверно ниже, чем в третьей группе (с комбинированным воздействием низкочастотным ультразвуком на имплантаты и периимплантные ткани).

Площадь новообразованной ткани по периметру имплантационной полости была достоверно выше у животных второй и третьей групп с момента начала исследований и до окончания наблюдений по сравнению с таковыми показателями животных первой группы, где применяли традиционное лечение.

На основании исследуемых показателей оценки восстановления площади костных трабекул, а также комплекса проводимого лечения у животных третьей группы были получены наиболее высокие результаты. Так, комбинированное воздействие низкочастотным ультразвуком на имплантаты и периимплантные ткани имеет выраженную линейную зависимость – при комбинированном использовании низкочастотного ультразвука происходит выраженное увеличение площади активной остеобластической поверхности.

Полученные экспериментальные результаты исследований обосновывают целесообразность и преимущества комбинированного воздействия низкочастотным ультразвуком на дентальные имплантаты и периимплантные ткани для улучшения процессов остеорепарации и остеоинтеграции.

Заключение

Комбинированное воздействие низкочастотным ультразвуком на дентальные имплантаты и на периимплантные ткани оперированной области у животных способствует формированию костной ткани, приближенной по гистоструктуре к материнской кости, с полной и более прочной интеграцией новообразованной костной ткани с поверхностью имплантата, что проявляется в более интенсивном костеобразовании (увеличение площади остеобластической поверхности по сравнению с контролем); более быстром созревании грануляционной ткани и замещении ее фиброретикулярной на ранних стадиях репаративных процессов, формировании трабекулярной и пластинчатой кости на поздних стадиях и полной интеграцией новообразованной ткани с

поверхностью имплантата [10-12].

Литература

1. Branemark, P. I. Osseointegration and its experimental background / P. I. Branemark // *The J. of Prosthet. Dent.* – 1983. – Vol. 50, N 3. – P. 399–410.
2. Schenk, R. K. Osseointegration: a reality / R. K. Schenk, D. Buser // *Periodontol 2000.* – 1998. – Vol. 17. – P. 22–35.
3. Generalizations regarding the process and phenomenon of osseointegration. Part II. In vitro studies / L. F. Cooper [et al.] // *The Int. J. of Oral & Maxillofac. Implants.* – 1998. – Vol. 13, N 2. – P. 163–174.
4. Biological fixation of endosseous implant / M. Franchi [et al.] // *Micron.* – 2005. – Vol. 36, N 7–8. – P. 665–671.
5. Biology of implant osseointegration / A. F. Mavrogenis [et al.] // *J. of Musculoskelet. & Neuronal Interact.* – 2009. – Vol. 9, N 2. – P. 61–71.
6. The early remodeling phases around titanium implants: a histomorphometric assessment of bone quality in a 3- and 6-month study in sheep / D. Chappard [et al.] // *The Int. J. of Oral & Maxillofac. Implants.* – 1999. – Vol. 14, N 2. – P. 189–196.
7. Dyson, M. Stimulation of tissue repair by ultrasound: a survey of the mechanisms involved / M. Dyson, J. Suckling // *Physiotherapy.* – 1978. – Vol. 64, N 4. – P. 105–108.
8. Khan, Y. Fracture repair with ultrasound: clinical and cell-based evaluation / Y. Khan, C. T. Laurencin // *The J. of Bone and Joint Surg. Am.* – 2008. – Vol. 90, suppl. 1. – P. 138–144.
9. Critical analysis of the evidence for current technologies in bone-healing and repair / W. M. Novicoff [et al.] // *The J. of Bone and Joint Surg. Am.* – 2008. – Vol. 90, suppl. 1. – P. 85–91.
10. Рубникович, С. П. Использование низкочастотного ультразвука в дентальной имплантации (экспериментальное исследование) / С. П. Рубникович, И. С. Хомич, В. Т. Минченя // *Стоматолог.* – 2015. – № 4. – С. 21–24.
11. Рубникович, С. П. Экспериментальное обоснование применения метода дентальной имплантации с использованием низкочастотного ультразвука у пациентов с частичной вторичной адентией / С. П. Рубникович, И. С. Хомич, Т. Э. Владимирская // *Пробл. здоровья и экологии.* – 2015. – № 4. – С. 75–80.
12. Хомич, И. С. Лечение пациентов с частичной вторичной адентией методом дентальной имплантации с применением низкочастотного ультразвука / И. С. Хомич, С. П. Рубникович // *Стоматолог.* – 2015. – № 4. – С. 25–29.
13. Low intensity pulsed ultrasound stimulates osteogenic activity of human periosteal cells / K. S. Leung [et al.] // *Clin. Orthop. and Relat. Res.* – 2004. – N 418. – P. 253–259.
14. Pounder, N. M. Low intensity pulsed ultrasound for fracture healing: A review of the clinical evidence and the associated biological mechanism of action / N. M. Pounder, A. J. Harrison // *Ultrasonics.* – 2008. – Vol. 48, N 4. – P. 330–338.
15. Effect of low-intensity pulsed ultrasound stimulation on callus remodelling in a gap-healing model: Evaluation by bone morphometry using three-dimensional quantitative micro-CT / K. Tobita [et al.] // *J. of Bone and Joint Surg.* – 2011. – Vol. 93, N 4. – P. 525–530.

УДК 616.314.163-089:615.837.3(075.9)

ОЦЕНКА РЕНТГЕНОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА ЭНДОДОНТИЧЕСКОГО ЛЕЧЕНИЯ ПОСЛЕ ПРИМЕНЕНИЯ СТОМАТОЛОГИЧЕСКОГО УЛЬТРАЗВУКОВОГО АППАРАТА ОТЕЧЕСТВЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА «DENT-35» ПО ДАННЫМ КОНУСНО-ЛУЧЕВОЙ КОМПЬЮТЕРНОЙ ТОМОГРАФИИ

С.П. РУБНИКОВИЧ, Ю.А. КОСТЕЦКИЙ

Белорусская медицинская академия последипломного образования

Аннотация. В статье представлены результаты лечения 30 пациентов, которым проводилось эндодонтическое лечение и пломбирование корневых каналов зубов при помощи ультразвукового стоматологического аппарата «DENT-35». Целью и задачами проводимого исследования являлась оценка клинической эффективности эндодонтического лечения, проводимого с использованием аппарата стоматологического «DENT-35» ТУ БУ 100232486.044, а также возможности его широкого клинического применения в практическом здравоохранении. При анализе полученных данных исследовались запломбированные корневые каналы зубов при помощи низкочастотного ультразвука по существующим критериям качественной obturации корневых каналов и наличию периапикальных изменений. По завершению стоматологического лечения всем пациентам в исследуемой группе проводилось конусно-лучевая компьютерная томография (КЛКТ) зубов для оценки критериев качества эндодонтического лечения.

Ключевые слова: ультразвук, obturация корневых каналов

Abstract. The article presents the results of treatment of 30 patients who underwent endodontic treatment and filling of root canals of teeth with the help of an ultrasound dental apparatus "DENT-35". The purpose and objectives of the study were to assess the clinical efficacy of endodontic treatment conducted with the help of the dental unit "DENT-35" TU BY 100232486.044, as well as the possibility of its widespread clinical use in practical public health. When analyzing the obtained data, sealed root canals of the teeth were investigated using low-frequency ultrasound according to the existing criteria of qualitative obturation of root canals and the presence of periapical changes. Upon completion of the dental treatment, all patients in the study group underwent a cone beam computer tomography of the teeth to assess the quality criteria of endodontic treatment.

Введение

В известных работах Ю.А. Винниченко, Бризено Б., Komarek S., Sjogren U, Fiddor D, Persson S., подтверждающих влияние степени герметизации системы корневых каналов зубов на качество эндодонтического лечения, было показано, что при распространеннейшей практике пломбирования корневого канала гуттаперчей и пломбировочным материалом (силером) не достигается достаточной герметизации. Использование пломбировочных материалов (силеров) для этих целей следует считать относительным недостатком, так как на сегодняшний день не существует материала, способного обеспечить контролируемое заполнение магистрального канала, и при этом достаточно текучего для того, чтобы заполнить все его ответвления.

В настоящее время в стоматологии применяются методы, аппараты и инструменты, направленные на совершенствование качества эндодонтического лечения. На сегодняшний день единственным объективным методом, позволяющим оценить инструментальную обработку и качество obturации корневых каналов зубов, является рентгенологическое исследование. При этом, как правило, используются данные аналоговой и цифровой внутриротовой рентгенографии и ортопантомографии. Указанные методики позволяют получить двухмерное изображение в области пролеченного зуба, при котором на достоверность и информативность изображения оказывают влияние проекционные искажения и суммационная теневая картина анатомических деталей. Соответственно перечисленные методики дают лишь приблизительное представление о качестве пломбирования корневых каналов и состоянии периапикальных тканей.

Использование КЛКТ позволяет визуализировать топографию корней зубов и оценивать качество эндодонтического лечения на более высоком уровне. Преимуществами данной методики являются многопроекционное исследование зоны интереса, достоверное отображение анатомических деталей и их взаимного расположения, отсутствие проекционных искажений, раздельное отображение анатомических деталей, возможность проведения измерений.

В связи с этим обозначилась необходимость изучения и сравнения результатов эндодонтического лечения с позиций трехмерного компьютерного томографического изображения критериев качества пломбирования корневых каналов зубов, выполненных традиционными методами в

одной группе исследования с группой, где для obturации корневых каналов зубов применялся низкочастотный ультразвуковой стоматологический аппарат «DENT-35» (рис. 1).

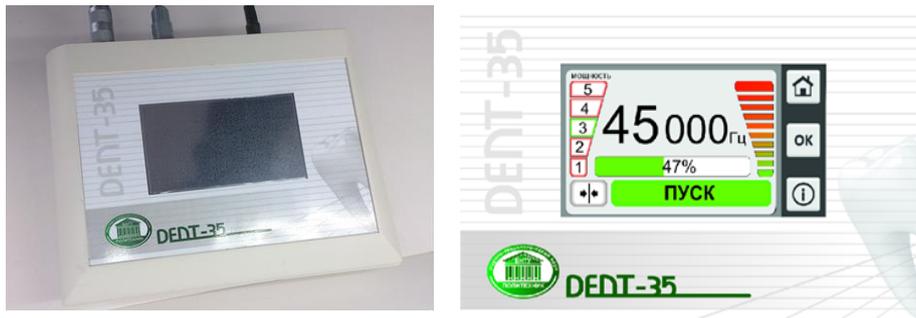


Рисунок 1. Ультразвуковой генератор «DENT-35»

Цель работы

Целью проводимого исследования являлась оценка клинической эффективности эндодонтического лечения, проводимого при помощи аппарата стоматологического «DENT-35» ТУ ВУ 100232486.044 по данным конусно-лучевой компьютерной томографии, а также возможности его широкого клинического применения в практическом здравоохранении.

Задачи исследования:

1. Провести эндодонтическое лечение зубов с применением низкочастотного ультразвукового аппарата стоматологического «DENT-35»;
2. Определить информативность изображения пломбировочного материала в корневых каналах разных групп зубов после проведенного эндодонтического лечения при помощи КЛКТ;
3. Определить достоверность отображения obturированных корневых каналов всех групп зубов при конусно-лучевой компьютерной томографии (КЛКТ).
4. Выявить диагностическую эффективность разных способов внутривитовой рентгенографии и КЛКТ при оценке качества проведенного эндодонтического лечения.

Объекты и методы исследования

Клинические испытания проводились в учреждениях здравоохранения г. Минска: УЗ «7-я городская стоматологическая поликлиника», УЗ «12-я городская клиническая стоматологическая поликлиника», ГУ «Республиканская клиническая стоматологическая поликлиника». Согласно критериям включения (Inclusion criteria), указанных в программе испытаний, была сформирована группа пациентов в количестве 30 человек, которым проводилось эндодонтическое лечение и пломбирование корневых каналов зубов при помощи ультразвукового стоматологического аппарата «DENT-35». Контрольную группу из числа этих же пациентов составляли рентгенологические снимки КЛКТ зубов после эндодонтического лечения, выполненного без применения низкочастотного ультразвука.

Оценка эффективности эндодонтического лечения проводилась по факту соответствия испытуемого стоматологического аппарата «DENT-35» его заявленным характеристикам согласно перечню индивидуальных регистрационных карт и анкет. По завершению стоматологического лечения во второй группе проводилось КЛКТ зубных рядов для оценки критериев качества эндодонтического лечения при помощи низкочастотного ультразвука и сравнительного анализа результатов эндодонтического лечения ранее пролеченных зубов, которые составили первую (контрольную) группу. Оформление результатов эндодонтического лечения зубов во второй группе записывались в протокол и акты приёмочных клинических испытаний. Результаты оформлялись отчётом о проведении клинических испытаний.

При анализе исследуемого материала в первой и второй группах учитывали основные критерии, характеризующие анатомо-топографические особенности зубов и корневых каналов, а также качество их пломбирования (глубина obturации, однородность obturации пломбировочного материала, инструментальная обработка устья и самого корневого канала).

Использовали данные конусно-лучевого компьютерного томографа «Planmeca ProMax 3D Classic» (Planmeca Group, Финляндия) и Sirona 3D Galileos (Германия). Изучено 115 конусно-лучевых компьютерных томограмм в реконструированных аксиальных и реформатированных косях проекциях.

В условиях лечебного кабинета осуществляли инструментальную подготовку всех корневых каналов в технике «crown-down». Медикаментозную дезинфекцию корневых каналов осуществляли посредством ирригации 2% раствором хлоргексидина биглюконата и 3% раствором гипохлорита натрия. Окончательное формирование пространства корневых каналов зубов проводили в технике «crown-down». Обтурацию выполняли в условиях генерации низкочастотного ультразвука на пломбировочный материал через гибкий концентратор-волновод с последующей латеральной конденсацией гуттаперчи [7].

Для изучения закономерностей отображения пломбировочного материала при качественной обтурации корневых каналов пломбирование выполняли гуттаперчей с силером на основе эпоксидных смол по методу латеральной конденсации. Для изучения закономерностей отображения пломбировочного материала при некачественной обтурации корневых каналов зубов воспроизводили распространенные ошибки: неудовлетворительная глубина обтурации; неоднородное заполнение пломбировочного материала пространства корневых каналов; фрагментация эндодонтического инструмента в канале.

Депульпированные зубы в первой и второй группах исследовали при помощи методики КЛКТ. Полученные рентгеновские данные сопоставляли между собой. Рентгеновское изображение качественно обтурированных корневых каналов зубов оценивали по критериям: четкость, протяженность, однородность, прерывистость и раздельность отображения тени пломбировочного материала. Анализ визуализации пломбировочного материала в апикальной части корневого канала осуществляли по критериям: уровень начальной визуализации пломбировочного материала относительно рентгенологической верхушки, четкость изображения пломбировочного материала в апикальной трети, визуализация и локализация физиологического сужения, дельтовидных каналов и апикального отверстия.

Эффективность рентгенологических методик изучали на основании определения точности (Ac), чувствительности (Se) и специфичности (Sp). Полученную информацию обрабатывали с помощью метода вариационной статистики. Все статистические методы основывались на принципе доказательной медицины. В ходе клинического исследования каждому пациенту после завершения эндодонтического лечения выполняли КЛКТ.

Выполненное эндодонтическое лечение считали успешным при наличии рентгенологических критериев адекватной обтурации корневых каналов зуба, при отсутствии у пациента жалоб и клинических признаков проявления патологии периодонта, при исчезновении или уменьшении рентгенологических признаков периодонтальных изменений через 12 месяцев после лечения. За период лечения пациентам были выполнены 30 КЛКТ исследований.

Результаты исследования и их обсуждение

На основании рентгенологических данных установлено, что часто используемые на практике пломбировочные материалы: цинк-фосфатный цемент, цинкоксид-эвгенольный цемент и гуттаперча с силером на основе эпоксидных смол имеют идентичные показатели плотности почернения изображения и контрастности (рис. 2).

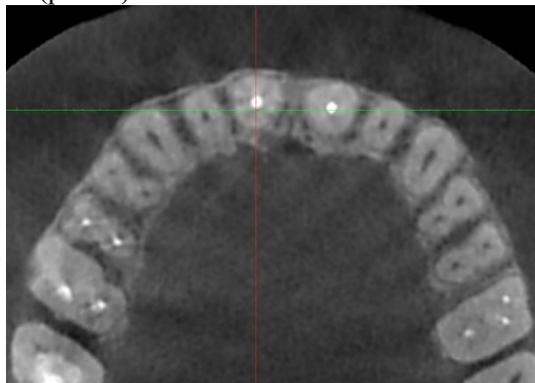


Рисунок 2. Ранее проведенное эндодонтическое лечение с применением цемента, паст и гуттаперчевых штифтов, выполненное на разных сроках лечения.

то обусловило проведение последующих исследований только с применением гуттаперчи с силером на основе эпоксидных смол по методике латеральной конденсации. Результаты лабораторных и

клинических исследований свидетельствуют о том, что низкочастотный ультразвук позволяет проводить качественное пломбирование корневых каналов зубов по следующим направлениям:

- пломбирование дополнительных корневых каналов;
- гомогенное пломбирование за счёт устранения завоздушенности пломбировочного материала и внутренней полости основного корневого канала с последующей конденсацией гуттаперчевых штифтов;
- равномерная плотность заполнения полости основного корневого канала на протяжении всей рабочей длины без предпосылок выведения силера в периапикальные ткани, за счёт формирования сдвиговой акустической волны в гибком эндодонтическом волноводе (рис. 3).

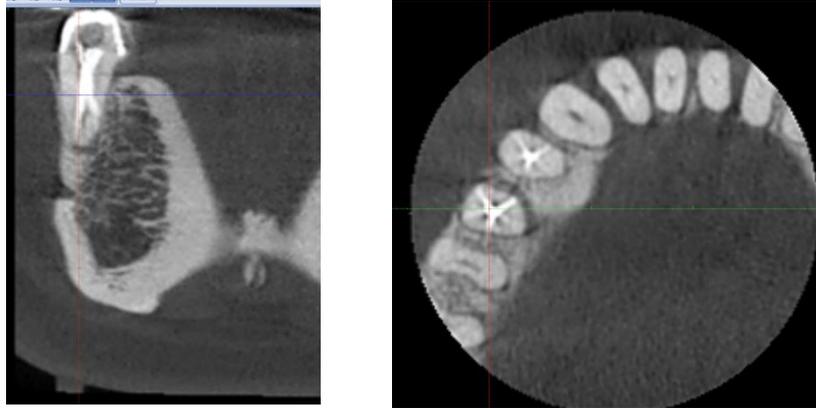


Рисунок 3. КЛКТ после проведенного эндодонтического лечения 15. 14 зубов

При анализе отображения адекватно запломбированных корневых каналов при помощи низкочастотного ультразвука всех групп зубов обнаружено, что признаки качественной obturation корневых каналов отмечались у 93% исследованных зубов. Выявлена следующая частота ошибок, характеризующих качество эндодонтического лечения: недостаточная глубина obturation – 7%, неоднородность заполнения пломбировочным материалом корневых каналов – 0%, недостаточная инструментальная обработка корневых каналов – 11%, избыточное выведение пломбировочного материала – 2%, наличие перфорации корня – 0 %.

Установлено, что наиболее распространенной ошибкой эндодонтического лечения была неадекватная инструментальная обработка, выражавшаяся в отсутствии или малой конусности контуров, тени obturated корневых каналов (менее 04, 06), что может препятствовать качественной химико-механической дезинфекции и последующей obturation эндодонтическим волноводом.

КЛКТ в данном случае позволяет оценить правильность выполненного эндодонтического лечения вне зависимости от расположения и количества корневых каналов зубов, что лучше выявляется при использовании компьютерной томографии с датчиком высокой разрешающей способностью (РС датчика 2 пары л/мм).

Построение срезов в аксиальной и косых проекциях при КЛКТ даёт возможность получить раздельное отображение одного и более запломбированных корневых каналов в каждом корне у всех групп зубов. При КЛКТ происходило более чёткое раздельное отображение теней пломбировочного материала в каждом корневом канале, в том числе в апикальной трети у всех групп зубов. КЛКТ обладает большими возможностями при определении формы поперечного сечения и изгибов, запломбированных корневых каналов во всех плоскостях, выявлении области анастомозов между ними, ответвлений основного канала, дельтовидных каналов, локализации физиологического сужения. У obturated корневых каналов отчётливее визуализируется расположение анатомической верхушки корня, наличие общего или собственных апикальных отверстий у двух корневых каналов в одном корне зуба.

Наибольший интерес с точки зрения успешного эндодонтического лечения представляет исследование качества obturation корневого канала в апикальной части корня зуба. Разветвлённая сеть мелких дентинных каналов в области верхушки корня зуба мало способствует последующей апикальной герметизации, проводимой традиционными методами лечения [2, 5]. Применение низкочастотного ультразвука и гибкого эндодонтического волновода для пломбирования корневых

каналов зубов в большей мере способствует, как показало КЛКТ в горизонтальных срезах, заполнению боковых ответвлений в корневых каналах зубов (рис. 4).

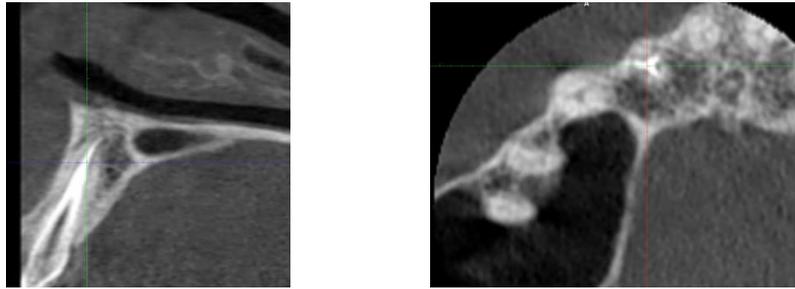


Рисунок 4. КЛКТ апикальной части корня 13 зуба

Заключение

1. При инструментальной обработке и obturации корневых каналов необходимо учитывать выявляемые при КЛКТ особенности их анатомического строения: количество, угол изгиба, радиус кривизны, наличие апикального изгиба.

2. Для рентгенологической оценки качества выполненного эндодонтического лечения необходимо руководствоваться следующими критериями: глубина obturации, однородность пломбировочного материала, адекватность расширения устья и корневого канала, наличие obturированных дополнительных каналов, фрагментов инструментов, перфораций стенки корня.

3. Анализ результатов проведенного эндодонтического лечения с применением гибкого концентратора-волновода для пломбирования корневых каналов с помощью низкочастотного ультразвука по данным КЛКТ даёт основания полагать о более детальной и полной obturации системы корневых каналов. Рентгенологическая картина горизонтальных срезов свидетельствует о наличии пломбировочного материала в боковых ответвлениях корневых каналов, которые могут быть связаны с анатомическим строением или особенностями инструментальной обработки.

4. Целесообразно применение низкочастотного ультразвука для пломбирования корневых каналов зубов и с последующим проведением КЛКТ при исследовании зубов, имеющих высокую встречаемость дополнительных корневых каналов и сложную анатомию апикальной области корня, при сочетании рентгенологической картины качественно выполненной obturации корневых каналов и наличия периапикальных осложнений, при подозрении на перфорацию корня зуба, при суммировании теней ПМ в корневых каналах, при расхождении клинических и рентгенологических данных о степени obturации корневых каналов.

Литература

1. Аржанцев, А.П. Рентгенологическое исследование при оценке качества obturации корневых каналов зубов / А.П. Аржанцев, Ю.А. Винниченко, О.Ю. Халилова // *Материалы XI Ежегодного научного форума «Стоматология 2009». Инновации и перспективы в стоматологии и челюстно-лицевой хирургии.* – М., 2009. – С. 124–127.

2. Халилова, О.Ю. Анализ качества эндодонтического лечения по данным компьютерной томографии / О.Ю. Халилова, Ю.А. Винниченко, А.П. Аржанцев, И.Б. Мучник, С.А. Перфильев // *Стоматология.* – 2010. – № 6. – С. 31–33.

3. Аржанцев, А.П. Рентгенологическое исследование в эндодонтической практике / А.П. Аржанцев, З.Р. Ахмедова, Ю.А. Винниченко, О. Ю. Халилова // *Материалы XXIII и XXIV Всерос. научно-практических конференций.* – М., 2010. – С. 32–34.

4. Аржанцев, А.П. Цифровые методики лучевого исследования при определении качества obturации корневых каналов зубов / А.П. Аржанцев, О.Ю. Халилова, Ю.А. Винниченко, А.С. Краснов, И.Б. Мучник // *Медицинский алфавит. Стоматология I.* – 2011. – С. 2–7.

5. Аржанцев, А.П. Рентгенологическое исследование при оценке качества obturации корневых каналов / А.П. Аржанцев, О.Ю. Халилова, С.А. Перфильев, А.С. Краснов, Ю.А. Винниченко // *Материалы XVI Международной конференции челюстно-лицевых хирургов и стоматологов «Новые технологии в стоматологии».* – Санкт-Петербург, 2011. – С. 27.

6. Аржанцев, А.П. Информативность методик рентгенологического исследования при оценке качества obturации корневых каналов / А.П. Аржанцев, О.Ю. Халилова, С.А. Перфильев, А.С. Краснов, Ю.А. Винниченко, А.П. Шафранский // *Стоматология.* – 2011. – № 4. – С. 12–15.

7. Руководство по эксплуатации. Аппарат стоматологический низкочастотный ультразвуковой для формирования дентино-пломбировочного соединения «DENT-35». – Минск, 2016, – с. 28.

УДК 616.832.522.:616.8-009.1

ВИДЕОАНАЛИЗ ДВИЖЕНИЙ В ОЦЕНКЕ ПРОИЗВОЛЬНОГО КОНТРОЛЯ ВЕРТИКАЛЬНОЙ ПОЗЫ ПРИ НЕЙРОДЕГЕНЕРАТИВНЫХ ЗАБОЛЕВАНИЯХ

И.С. ГУРСКИЙ, С.А. ЛИХАЧЁВ, А.Г. БУНЯК, В.В. ВАЦИЛИН,
Ю.Н. РУШКЕВИЧ, И.П. МАРЬЕНКО

Государственное учреждение «Республиканский научно-практический центр неврологии и нейрохирургии»

Аннотация. При многих нейродегенеративных заболеваниях отмечаются нарушения равновесия, приводящие к учащению падений и травматизации. Целью настоящего исследования явилось выявление нарушений произвольного постурального контроля и возможностей их реабилитации у пациентов с нейродегенеративными заболеваниями — болезнью моторного нейрона и болезнью Паркинсона, с использованием методик видеоанализа движений и биологической обратной связи. Диагностика статокINETических нарушений методом видеоанализа движений и биологической обратной связи выполнена в группах пациентов с БМН (52 пациента) и БП (87 пациентов). В ходе проводимых реабилитационных мероприятий, включая тренировки с биологической обратной связью, выявляется статистически значимый рост показателей произвольного постурального контроля в обеих группах пациентов. У части пациентов с бульбарным дебютом БАС выявлены нарушения произвольного постурального контроля, не объяснимые парезами и спастичностью, которые могут свидетельствовать о вкладе поражения ассоциативных зон коры и проводящих путей (в частности — фронтостриарной системы) в формирование двигательных нарушений при БМН.

Ключевые слова: видеоанализ движений, равновесие, нейродегенеративные заболевания, болезнь Паркинсона, болезнь моторного нейрона, боковой амиотрофический склероз.

Abstract. Impairment of balance is a common syndrome of many neurodegenerative disorders, and leads to increased frequency of falls and traumatization in these patients. The objective of the research was to study impairments of voluntary postural control and possibilities of their rehabilitation in the patients with neurodegenerative diseases — motor neuron disease (MND), and Parkinson's disease (PD), utilizing methods of videomotion analysis and biological feedback. We studied 52 patients with MND and 87 patients with PD, using system for videomotion analysis. During the course of rehabilitation, which includes biofeedback training, we observed in both groups statistically significant increase of quotients, which reflect quality of voluntary postural control. In some patients with bulbar onset ALS we revealed impairments of voluntary postural control, which are not attributable to muscle weakness or spasticity, and may indicate a role of damage to associative cortical areas and tracts (particularly — frontostriatal system) in the formation of movement disorders in MND.

Keywords: videomotion analysis, balance, neurodegenerative disorders, Parkinson's disease, motor neuron disease, amyotrophic lateral sclerosis.

Введение

Нейродегенеративные заболевания, такие как болезнь Паркинсона (БП), синдромы «паркинсонизм-плюс», болезнь моторного нейрона (БМН), спиноцеребеллярные дегенерации, и др., являются одной из основных причин неврологической инвалидизации [1, 2]. Общим синдромом многих нейродегенеративных заболеваний является нарушение локомоции и поддержания равновесия вследствие мышечно-тонических нарушений, силовых парезов, координаторных, апрактических и когнитивных нарушений. Нарушение равновесия приводит к учащению падений и травматизации, что дополнительно снижает качество жизни и может стать причиной летального исхода вследствие травмы.

Теоретический анализ

Для БП существует патогенетическое лечение, однако, эффективность фармакологических и хирургических методов лечения в отношении таких симптомов, как застывания при ходьбе и падения, является ограниченной. При БМН поражаются верхние и нижние мотонейроны, что приводит к развитию парезов и атрофий мышц, спастичности. Появляются данные о поражении при БМН других систем, включая фронто-стриарную систему [3, 4]. Фронто-стриарная система участвует в сложных моторных актах, в том числе, видимо, и в поддержании вертикальной позы. В связи с этим является актуальной разработка методов диагностики и реабилитации нарушений равновесия при болезни Паркинсона и болезни моторного нейрона.

Целью настоящего исследования явилось выявление нарушений произвольного пострального контроля (ППК) и возможностей их реабилитации у пациентов с нейродегенеративными заболеваниями — болезнью моторного нейрона и болезнью Паркинсона, с использованием методик видеоанализа движений и биологической обратной связи.

Методика

Нами разработан аппаратно-программный комплекс для осуществления анализа движений и биологической обратной связи в рамках работ по заданию 3.3.01 ГПНИ «Конвергенция», 2011-2015 гг., № госрегистрации 20130014 от 17-01-2013, отчет № ГР 20151733 [5, 6]. Данный комплекс воспроизводит основную функциональность стабиллоплатформы и её программного обеспечения при использовании более доступных компонентов.

Видеоанализ движений туловища пациента и биологическая обратная связь осуществляются с использованием программы обработки видеоизображений (ПОВ) (рисунок 1). На теле пациента в области плечевых суставов и на передней брюшной стенке по средней линии размещаются контрастные цветные маркеры сферической формы.

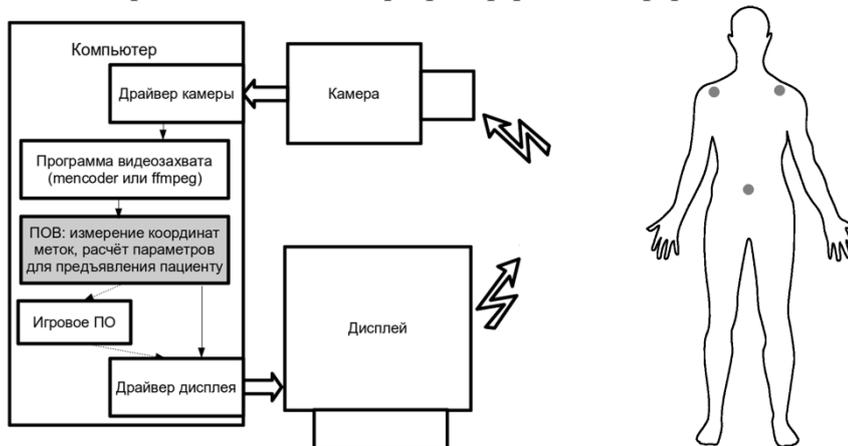


Рисунок 1. Архитектура аппаратно-программного комплекса видеозахвата с биологической обратной связью и схема расположения цветных маркеров на теле пациента.

ПОВ отображает на экране компьютера две отметки — отражающую перемещения туловища пациента относительно опоры (отметка пациента — ОП), и мишень. Перемещение мишени может осуществляться по двум алгоритмам:

I. Алгоритм «Синусоида»: Координаты мишени изменяются по синусоидальному закону, у с частотой 0.10 Гц, х с частотой 0.05 Гц. Продолжительность сеанса составляет 5 мин для пациентов с БМН и 10 мин для пациентов с БП; через каждые 2.5 мин направление движения мишени изменяется на противоположное. Рассчитываются КППКф (коэффициент ППК во фронтальной плоскости) и КППКс (коэффициент ППК в сагиттальной плоскости). КППКф определяется как коэффициент корреляции Спирмена между координатой х ОП и мишени, а КППКс — как коэффициент корреляции для координаты у.

II. Алгоритм «Скачки»: Скачкообразное перемещение мишени при попадании (перекрытии наполовину и более). При этом новая координата Y мишени выбирается случайно равной $y_0 - d_y$ или $y_0 + d_y$, а координата X выбирается случайным образом в интервале $[x_0 - d_x; x_0 + d_x]$, где x_0 и y_0 — координаты центра экрана, d_x и d_y — настраиваемые параметры, задающие диапазон перемещений мишени. Продолжительность сеанса составляет 5 мин.

Экспериментальная часть

Диагностика статокINETических нарушений методом видеоанализа движений и биологической обратной связи выполнена в группах пациентов с БМН и БП, способных к самостоятельной ходьбе без опоры, вне обострения соматических заболеваний и психозов. У пациентов с БП исследования проводились в «оп»-период. Параллельно осуществлялись другие реабилитационные мероприятия в соответствии с программой НИР и протоколами лечения неврологических больных. Группа пациентов с БМН включала 52 пациентов: 5 пациентов с первичным боковым склерозом и 47 с БАС — 3 пациента с высокой формой БАС, 22 с бульбарным дебютом БАС, 16 с шейно-грудным и 6 с пояснично-крестцовым дебютами БАС. Медиана возраста группы составила 60 лет (минимум — 22, максимум — 82 лет). Группа БП

36 пациентам было проведено 2 и более сеансов тренировок. Выявлен статистически значимый рост показателей произвольного постурального контроля у пациентов с БМН в целом, пациентов с бульбарным и шейно-грудным дебютами заболевания (парный критерий Wilcoxon, асимметричная нулевая гипотеза, $p < 0.05$). Улучшение показателей постурального контроля составило у пациентов с бульбарным дебютом БАС 7.7% для показателя КППКф (отношение медианы разностей конечных и исходных значений показателя к медиане исходных значений показателя в группе) и 15% для показателя КППКс, для пациентов с шейно-грудным дебютом — 2.7% и 5.5% соответственно.

В группе пациентов с БП значения размера выборки N , медианы, 25-го и 75-го центилей для значений коэффициента произвольного постурального контроля во фронтальной плоскости (КППКф) и в сагиттальной плоскости (КППКс) лучших попыток составили: для всех пациентов с БП $N=87$, КППКф 0.925 [0.849;0.960], КППКс 0.864 [0.697;0.932]; в подгруппе пациентов без клинически выявляемой постуральной неустойчивости (стадии 1-2 по Хен-Яру) $N=33$, КППКф 0.950 [0.880;0.966], КППКс 0.920 [0.783;0.945]; в подгруппе пациентов с клинически выявляемой постуральной неустойчивостью (стадии 2.5-3 по Хен-Яру) $N=54$, КППКф 0.907 [0.833;0.957], КППКс 0.842 [0.658;0.913].

Значения КППКс и КППКф коррелируют с клинически выявляемой стадией БП. Коэффициент корреляции Spearman стадии по Хен-Яру и значения КППКф составил -0.342, $p=0.00059626$ ($p < 0.05$), для КППКс составил -0.388, $p=0.00010062$ ($p < 0.05$).

76 пациентам с БП проведено 2 и более сеансов тренировок с биологической обратной связью. Выявлен статистически значимый рост показателей КППКс и КППКф как для всех пациентов с БП, так и в подгруппах пациентов без клинически выявляемой постуральной неустойчивости (стадии 1-2 по Хен-Яру) и с клинически выявляемой постуральной неустойчивостью (стадии 2.5-3 по Хен-Яру). В подгруппе пациентов без клинически выявляемой постуральной неустойчивости рост КППКф составил 3.9%, и рост КППКс — 6.0%, а в подгруппе пациентов с клинически выявляемой постуральной неустойчивостью 5.9% и 11% соответственно.

Заключение

Методом видеоанализа движений выявлены нарушения произвольного постурального контроля при БП и БМН. При болезни Паркинсона степень выраженности выявляемых нарушений коррелировала с тяжестью заболевания по Хен-Яру. При БМН наиболее выраженные изменения выявлены у пациентов с бульбарным дебютом БАС.

Оценка динамики показателей качества произвольного постурального контроля в ходе проводимых реабилитационных мероприятий показала, что пациенты с БП и ранними стадиями БМН имеют резервы для компенсации нарушений функции произвольного постурального контроля.

Наличие нарушений произвольного постурального контроля и возможность их реабилитации при БП являются хорошо установленными фактами, которые подтверждаются результатами нашего исследования. Наличие же у части пациентов с бульбарным дебютом БАС нарушений произвольного постурального контроля, не объяснимых парезами и спастичностью, может свидетельствовать о вкладе поражения ассоциативных зон коры и проводящих путей (в частности — фронтостриарной системы) в формирование двигательных нарушений при БМН. Это свидетельствует о необходимости проведения ещё до развития парезов и спастичности в конечностях реабилитационных мероприятий, направленных на улучшение равновесия, и обустройства в быту среды, направленной на профилактику падений и травматизма.

Список литературы

1. Burden of care in amyotrophic lateral sclerosis. Hecht MJ, Graesel E, Tigges S, Hillemacher T, Winterholler M, Hilz MJ, Heuss D, Neundörfer B. // *Palliat Med.* 2003 Jun;17(4):327-33.
2. Comparing the Incidence of Falls/Fractures in Parkinson's Disease Patients in the US Population. Linda Kalilani, Mahnaz Asgharnejad, Tuire Palokangas, and Tracy Durgin // *PLoS One.* 2016 Sep 1;11(9):e0161689.
3. Frontostriatal deficit in Motor Neuron Disease/Amyotrophic Lateral Sclerosis (MND/ALS). G. Buoiano, P. Bongioanni, M. Magoni, M.C. Carboncini, B. Rossi (2003). [Conference Poster] Электронный ресурс: http://cogprints.org/3129/1/Frontostriatal_Deficit_in_MND-ALS.pdf [дата доступа 01.12.2017]
4. Impaired action knowledge in amyotrophic lateral sclerosis. Grossman M, Anderson C, Khan A, Avants B, Elman L, McCluskey L. // *Neurology.* 2008;71(18):1396-1401.
5. Лихачёв, С. А. Метод оценки биомеханики поясничного отдела позвоночника с помощью видеоанализа в режиме реального времени / С. А. Лихачёв и другие // *Медэлектроника – 2014. Средства медицинской*

- электроники и новые медицинские технологии : сборник научных статей VIII Международная научно-техническая конференция (Минск, 10 – 11 декабря 2014 г.). – Минск : БГУИР, 2014. – С. 243-246
6. Лихачев, С. А. Аппаратно-программный комплекс биологической обратной связи для коррекции нарушений позы и равновесия / С. А. Лихачев и др. // Медэлектроника – 2015. Средства медицинской электроники и новые медицинские технологии : сборник научных статей IX Международная научно-техническая конференция (Минск, 4 – 5 декабря 2015 г.). – Минск : БГУИР, 2015. – С. 173 – 175.
 7. R Core Team (2018). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.

УДК 37.091.212.2

МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ РЕЗУЛЬТАТОВ КОМПЬЮТЕРНОГО ТЕСТИРОВАНИЯ

П.В.КАМЛАЧ, А.Г. КАПИТАНЧУК, Ф.Ф.СЕЛИВЕРСТОВ,
В.И.КАМЛАЧ, И.И. РЕВИНСКАЯ, Д.П. КУНИЧНИКОВ

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники

Аннотация. В данной статье обосновываются преимущества и недостатки метода тестирования по сравнению с другими методами контроля успеваемости. Выявлена проблема списывания при проведении компьютерного тестирования, в связи с чем ставится задача разработать методику определения надежности компьютерного тестирования на основе стереотипных поведенческих реакций. В данной статье описывается методика определения надежности компьютерного тестирования, а также разработанное по этой методике web-приложение. Приведены результаты экспериментальных исследований.

Ключевые слова: методика, надежность, тестирование, приложение

Abstract. This article justifies the advantages and disadvantages of the testing method compared to other methods of monitoring performance. Identified the problem of cheating when conducting computer testing, and therefore the task is to develop a methodology for determining the reliability of computer testing based on stereotypical behavioral reactions. This article describes a method for determining the reliability of computer testing, as well as a web application developed by this method. The results of experimental studies are given.

Keywords: technique, reliability, testing, application

Введение

Система образования включает в себе различные методы контроля успеваемости: экзамены и зачеты, устный опрос и др. Проверка знаний обучающегося проводится человеком, как следствие снижается эффективность оценивания знаний полученных в ходе учебного процесса в силу субъективности. По этой причине, все более востребованными средствами контроля знаний учащихся выступают тесты.

Тесты обладают рядом преимуществ: объективность и качество, научно обоснованные критерии качества, индивидуализация контроля, оценивающая каждого по единым критериям, типизация процедуры тестирования и стандартизация проверки показателей качества заданий и тестов. Несмотря на преимущества тестирования, возникает необходимость в разработке стратегий и способов борьбы с фальсификацией, а также списыванием при проведении контроля знаний.

В рамках решения обозначенной проблемы было принято решение разработать методику определения надежности тестирования на основе стереотипных поведенческих реакций [1].

Использование компьютера при тестировании дает возможность незамедлительно выдать оценку знаний обучающегося и принять незамедлительные меры по коррекции усвоения нового материала на основе анализа результатов корректирующих и диагностических тестов. При компьютерном тестировании повышаются возможности процесса контроля, появляется возможность сбора дополнительных данных о динамике прохождения теста отдельными учащимися для осуществления дифференциации пропущенных и не достигнутых заданий теста.

Обращаться к компьютерному тестированию следует в тех случаях, когда есть потребность в отказе от традиционных бумажных тестов, например, при использовании технологии дистанционного образования, когда тип обучения не дает возможность очного тестирования знаний обучающегося. При проверках большого количества людей, таких как абитуриентов, при централизованном тестировании, использование компьютерного тестирования может сэкономить ресурсы, расходуемые на печать и транспортировку бумажных тестов, также повысит информационную безопасность и предотвратит рассекречивание теста за счет высокой скорости передачи информации и специальной защиты электронных файлов [2].

Существующие системы тестирования хорошо справляются с задачей проведения контроля знаний, однако не учитывают поведение испытуемого при прохождении тестовых заданий с целью оценки достоверности данных им ответов на поставленные вопросы [3]. Для решения данной проблемы была разработана методика определения надежности тестирования на основе стереотипных поведенческих реакций.

Методика определения надежности тестирования на основе стереотипных поведенческих реакций.

Методика определения надежности тестирования на основе стереотипных поведенческих реакций была встроена в web–приложение для тестирования студентов специальности «Медицинская электроника» по курсу «Программно-управляемые микроконтроллерные устройства».

При входе в web–приложение пользователь попадает на страницу входа, где ему необходимо указать авторизационные данные – логин и пароль. Программа проверяет на существование такого пользователя и соответствие пароля. В случае если пользователь не существует, программа создает нового и просит ввести подробную информацию о новом пользователе. Если пользователь уже зарегистрирован в системе и пароль совпал, то программа переадресует пользователя в раздел, соответствующий его правам доступа. Если пароль не совпал, то пользователь получает об этом уведомление и должен снова повторить ввод авторизационных данных [4].

В приложении имеется два вида пользователей – студент и администратор. После авторизации у учащегося появляется возможность редактировать пароль на вход в систему и доступ к теоретическим материалам и контрольным тестам, у администратора, кроме этих прав, также есть возможность удалять учетные записи, просматривать результаты тестирования, редактировать тестовые задания и создавать новые, загружать новый теоретический материал.

Для определения процента вероятности, с которой испытуемый использует внешние источники информации при ответах на вопросы теста, было решено отслеживать поведение испытуемого во время прохождения теста путем фиксации данных о перемещениях по экрану и простоях мыши, а также времени ответа на вопросы теста.

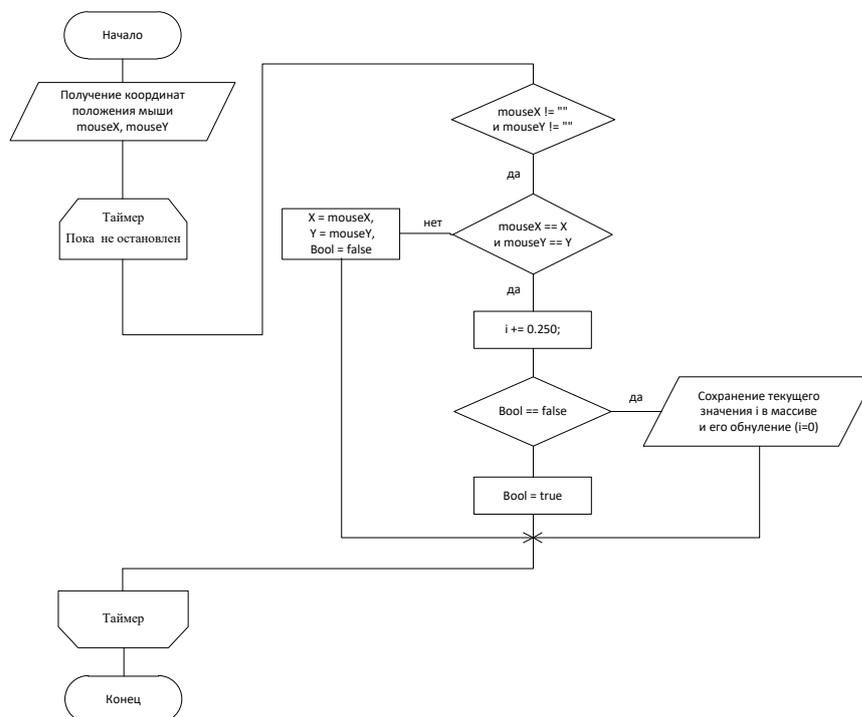


Рис. 1. Блок-схема алгоритма работы таймера

В связи с этим в систему было помещено два таймера: первый отсчитывает время ответа на вопросы теста, а второй отсчитывает время бездействия мыши во время ответа на каждый вопрос.

Принцип его работы заключается в проверке изменения координат мыши с интервалом 0,25 секунды. Если за данный период времени координаты местоположения мыши не изменились, то таймер начинает отсчет и запись времени бездействия. Как только местоположение манипуля-

тора изменяется полученный интервал (время бездействия) записывается в массив данных и операция повторяется снова [5]. Алгоритм работы данного таймера представлен на рисунке 1.

По завершении прохождения испытуемым теста, формируется отчет с данными, собранными за это время, с целью определения вероятности использования испытуемым внешних источников информации. Работа системы заключается в том, чтобы анализировать поведение испытуемого во время прохождения теста и проверять с какой вероятностью испытуемый использовал внешние источники информации при ответах на вопросы теста. Итоговая вероятность использования внешних источников информации записывается как процентное соотношение количества вопросов, на которые испытуемый предположительно отвечал с использованием внешних источников информации к общему количеству вопросов в тесте, с указанием номера темы, вопрос из которой вызвал затруднения при ответе.

Результаты и обсуждение

По разработанной методике были проведены эксперименты, участие в которых приняли около 40 студентов из 2-х учебных групп, что в результате дало более 300 вариантов экспериментальных данных для анализа.

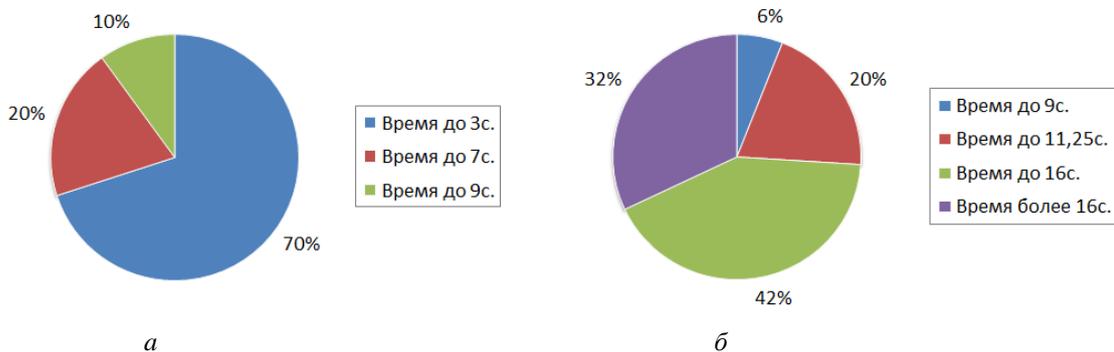
Испытуемым было предложено пройти контрольный тест по курсу «Программно-управляемые микроконтроллерные устройства» проводимого на кафедре электронной техники и технологии БГУИР. Все участники в полном объеме изучили данную дисциплину и предполагается, что имеют одинаковый уровень подготовки.

При проведении исследования первая группа испытуемых (экспериментальная группа) была проинформирована о проведении исследования и перед ней была поставлена задача пройти тест не используя какие-либо внешние источники информации.

Вторая группа (контрольная группа) не была проинформирована о проведении данного эксперимента и была поставлена в условия благоприятствующие к использованию внешних источников информации и помощи со стороны. После завершения тестирования и опроса участников данной группы было установлено, что фактически каждый испытуемый использовал внешние источники информации.

Анализ данных показал, что у первой группы среднее время ответа на вопрос составило $22 \pm 9,4$ секунды и не превышало 38 секунд, а у второй среднее время ответа на вопрос составило $38,8 \pm 16,2$ секунд и не превышало 65,4 секунд. При этом у первой группы испытуемых общее время бездействия мыши при ответах в среднем составило $34,1 \pm 5,9\%$ от общего времени, затраченного на вопрос, а у второй группы данный параметр составил $57,7 \pm 7\%$.

При проведении эксперимента было установлено, что максимальный интервал времени, при котором испытуемый не двигал мышью, не превысил у первой группы 9 секунд от общего времени бездействия, а у второй – составил 16 и более секунд. Процентное соотношение максимального времени простоя мыши к общему времени бездействия при ответе на вопрос у первой группы представлено на рисунке 3а и у второй группы на рисунке 3б.



а) первая группа испытуемых; б) вторая группа испытуемых

Рис. 3. Процентное соотношение максимального времени простоя мыши к общему времени бездействия

Результаты исследования, полученные в ходе эксперимента, были положены в основу блока оценки надежности результата ответа на вопрос программной части системы анализа надежности результатов тестирования.

Работа данного блока в программе заключается в том, чтобы анализировать поведение испытуемого во время прохождения теста и проверять с какой вероятностью испытуемый использо-

вал внешние источники информации при ответах на вопросы теста. Итоговая вероятность использования внешних источников информации записывается как процентное соотношение количества вопросов, на которые испытуемый предположительно отвечал с использованием внешних источников информации к общему количеству вопросов в тесте, с указанием номера темы, вопрос из которой вызвал затруднения при ответе.

После анализа полученных данных и фиксации того, что система корректно реагирует на граничные значения вводимых данных, а так же то, что все условные переходы выполняются в любом направлении, был сделан вывод о том, что результаты проведенного эксперимента, могут быть положены в основу блока оценки надежности результатов тестирования, как способ борьбы со списыванием при проведении текущего контроля знаний, а также как способ выявления недостатка знаний по некоторым вопросам учебной дисциплины.

Заключение

На данном этапе была разработана методика определения надежности результатов компьютерного тестирования на основе стереотипных поведенческих реакций, проведены эксперименты, нацеленные на сбор информации о стереотипных поведенческих реакциях, разработано web-приложение, которое включает в себя набор функций необходимых для проведения контрольного тестирования знаний обучающихся, а также последующего детального анализа полученных результатов. Разработанные алгоритмы системы анализируют поведение испытуемого во время прохождения теста и проверяют, с какой вероятностью испытуемый использовал внешние источники информации при ответах на вопросы теста.

Применение технологии клиент-сервер позволило упростить контроль и обработку результатов, дало возможность удобно и быстро добавлять вопросы и следить за ходом выполнения тестирования, а использование авторизации защитило результаты пройденных тестов от подделки.

Список литературы

1. Свиридов, А. П. Статистическая теория обучения / А. П. Свиридов. – М. : Издательство РГСУ, 2009. – 576 с.
2. Ким, В. С. Тестирование учебных достижений. Монография / В. С. Ким. – Уссурийск : Издательство УГПИ, 2007. – 214 с.
3. Майоров, А. Н. Теория и практика создания тестов для системы образования / А. Н. Майоров. – М. : Интеллект-центр, 2001. – 296 с.
4. Уотсон. Visual C# 2010: полный курс / Уотсон [и др.]. – М. : ООО «И.Д. Вильямс», 2011. – 960 с.
5. Селиверстов Ф. Ф. Система достоверности тестирования / Ф. Ф. Селиверстов, В. И. Камлач // Компьютерное проектирование и технология производства электронных систем: материалы 54-й научной конференции аспирантов, магистрантов и студентов (Минск, 23 – 27 апреля 2018 г.). – Минск: БГУИР, 2018. – С. 172.

УДК 615.4

ПРИБОР ДЛЯ РЕГИСТРАЦИИ ПАРАМЕТРОВ ВНЕШНЕГО ДЫХАНИЯ

И.И. РЕВИНСКАЯ, П.В. КАМЛАЧ, П.П. КОРОЛЕВИЧ, В.И. КАМЛАЧ, С.И. МАДВЕЙКО,
А.Г. КАПИТАНЧУК, Д.П. КУНИЧНИКОВ

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники,
Республика Беларусь*

Аннотация. Разработано устройство для регистрации внешнего дыхания человека, позволяющее использовать его как для взрослых пациентов, так и для детей и тяжелобольных.

Ключевые слова: внешнее дыхание, пневмография, тензодатчик, акселерометр.

Abstract. Developed a technical device for registering external respiration, a device that allows you to use it for both adults and children, and seriously ill patients.

Keywords: external respiration, pneumography, strain sensor, accelerometer.

Введение

Пневмография – метод исследования внешнего дыхания, основанный на регистрации дыхательных движений грудной клетки и живота [1]. Во многих исследованиях кроме дыхания одновременно снимают и другие биомедицинские сигналы (например, электрокардиограмму, фотоплетизмограмму, реограмму и др.) для получения более точной картины состояния пациента.

Применение пневмографии даёт возможность клинического анализа картины дыхательных перемещений для диагностики заболеваний опорно-двигательного аппарата; позволяет прогнозировать возможные дисфункции процесса дыхания человека; используется для диагностики заболеваний дыхательного аппарата, а также для определения сердечно-мышечного синхронизма у человека.

Существующие устройства, предназначенные для диагностики дыхания (спирометры, пневмотахометры и др.), в основном противопоказано либо нежелательно использовать для детей, тяжелобольных пациентов, эпилептиков, пациентов недавно перенесших операцию или инфаркт. Нами предлагается использовать разработанное устройство, что позволит просто и безопасно регистрировать внешнее дыхание без причинения дискомфорта.

Практическая часть и результаты

Разработано портативное устройство «MobiPneg», позволяющее регистрировать пневмограммы в режиме реального времени. Работа прибора основана на датчике дыхания, блоке питания, блоке усиления сигналов и фильтрации, блоке управления, гальваническая развязка и интерфейс передачи данных (рисунок 1).

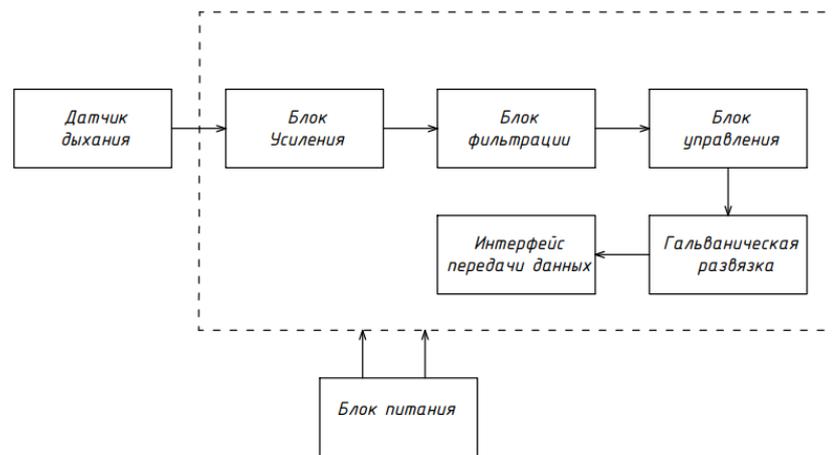


Рис. 1. Структурная схема «MobiPneg»

В качестве датчика используется трехосевой акселерометр. Акселерометр регистрирует проекции суммы ускорения устройства и силы тяготения на трех осях: X, Y и Z. Во время дыхания грудная клетка человека с некоторым ускорением меняется в объеме. При вдохе межреберные мышцы поднимают ребра, купол диафрагмы опускается – в результате объем грудной клетки увеличивается, в то время как при выдохе межреберные мышцы и диафрагма расслабляются, ребра опускаются – объем грудной клетки уменьшается [2].

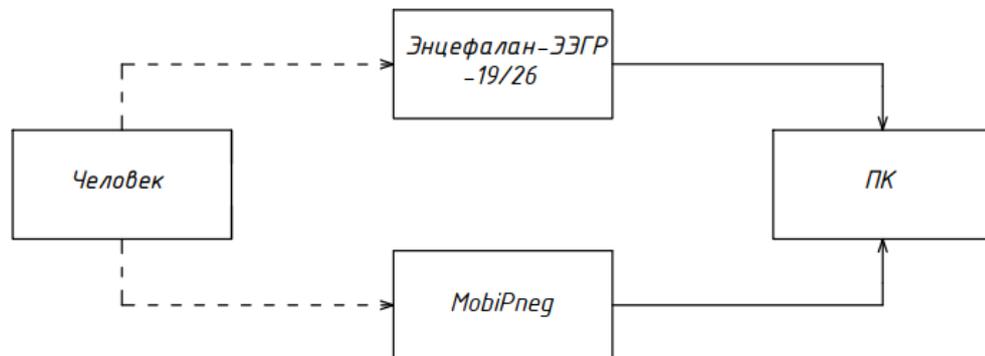


Рис. 2. Структурная схема исследования

Прибор крепится ремешками в области грудной клетки обследуемого, регистрируемые данные передаются на персональный компьютер по WiFi. Специальное программное обеспечение (ПО) фиксирует изменения положения датчика по трем плоскостям.

На рисунке 2 представлена структурная схема исследования:

Запись пневмограмм производилась с помощью многоканального, многофункционального электроэнцефалографа-регистратора «Энцефалан-ЭЭГР-19/26» (рисунок 3, а), позволяющего регистрировать грудное и абдоминальное дыхание пациента с помощью датчиков рекурсии дыхания (РД) – тензодатчики, которые крепятся на область груди и живота с помощью специальных ремешков. Полученные данные поступают на компьютер и отображаются на экране в режиме реального времени. Параллельно проводилась запись пневмограмм с помощью разработанного устройства «MobiPneg» (рисунок 3, б).

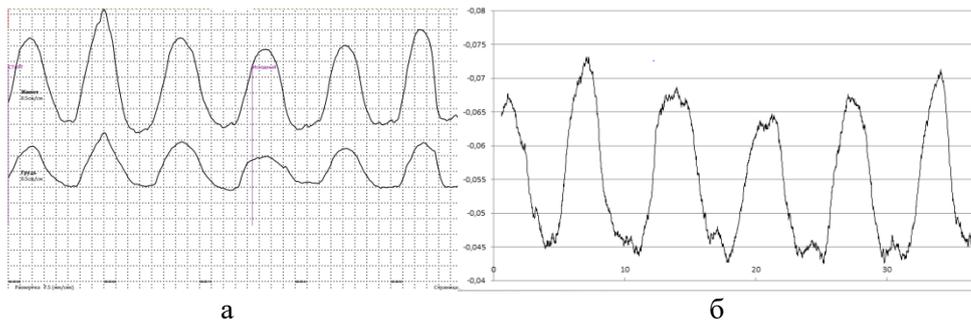


Рис. 3. Полученные пневмограммы:

а – «Энцефалан-ЭЭГР-19/26»; б – «MobiPneg»

Амплитудно-частотные характеристики пневмограмм расходятся не более чем на 5%. По фрагментам полученных графиков можно отметить, что пики максимума и спада амплитуд пневмограмм, регистрируемых с помощью «Энцефалан-ЭЭГР-19/26» и «MobiPneg» совпадают. Это даёт возможность использовать разработанное устройство для регистрации основных параметров внешнего дыхания.

Заключение

Полученные данные свидетельствуют о том, что разработанное устройство может использоваться в качестве пневмографа. Прибор портативный, простой и удобный для использования врачами. Устройство имеет небольшие габариты по сравнению со многими другими. Также он будет удобен для тяжелобольных и лежащих в коме, которым противопоказаны другие способы диагностики или мониторинга внешнего дыхания.

Список литературы

1. Физиология дыхания: учебно-методическое пособие / И.В. Городецкая. - Витебск: ВГМУ. 2012.- 153 с.
2. Физиология дыхания: учебное пособие / А.Г. Зарифьян, Т.Н. Наумова, А.К. Нартаева, И.Е. Кононец. Бишкек: Изд-во КРСУ, 2013. 146 с.

УДК 616-71

КОМПЛЕКСНОЕ ЛЕЧЕНИЕ ПАЦИЕНТОВ С БОЛЕЗНЯМИ ПЕРИОДОНТА В СОЧЕТАНИИ С ЗУБОЧЕЛЮСТНЫМИ АНОМАЛИЯМИ С ПРИМЕНЕНИЕМ ВАКУУМ-УФО-ТЕРАПИИ

С.П. РУБНИКОВИЧ¹, Ю.Л. ДЕНИСОВА², Л.А. ДЕНИСОВ¹

¹ Белорусская медицинская академия последипломного образования

² Белорусский государственный медицинский университет

Аннотация. У пациентов с хроническим генерализованным сложным периодонтитом кроме общепринятого курса лечения (снятие зубных отложений, ортодонтические и ортопедические мероприятия) для стабилизации патологического процесса необходимо использовать вакуум-УФО-терапию. Включение ее в комплекс лечебно-профилактических мероприятий позволило исключить применение местной лекарственной противовоспалительной терапии, сократить сроки подготовительного этапа на 6,9 суток, получить хоро-

шие терапевтические результаты в ближайшие сроки наблюдения у 93,8% пациентов и в отдаленные сроки наблюдения у 96,9%.

Ключевые слова: периодонтит, вакуум-УФО-терапия.

Abstract. In patients with chronic generalized complex periodontitis in addition to the conventional course of treatment (removal of dental plaque, orthodontic and orthopedic measures) to stabilize the pathological process it is necessary to use vacuum-UFO therapy. Its inclusion in the complex of therapeutic and preventive measures made it possible to exclude the use of local drug anti-inflammatory therapy, to reduce the terms of the preparatory stage by 6.9 days, to obtain good therapeutic results in the nearest terms of observation in 93.8% of patients and in the long-term follow-up in 96.9%.

Key words: periodontitis, vacuum-UV-therapy.

Введение

Применением физических факторов в периодонтологии позволяет увеличить положительные результаты лечения. Вместе с этим особое признание получили ультрафиолетовые лучи, для которых характерно бактерицидное действие, благоприятное влияние на систему гемостаза, снижение активности щелочной фосфатазы, ускорение смены фаз воспалительного процесса, что важно при лечении воспалительных болезнях периодонта, сопровождающихся гноетечением. Наряду с широким использованием различных физических факторов в периодонтологии и ортодонтии применяют очаговый дозированный вакуум. Вакуумное воздействие является стимулятором репаративной регенерации костной ткани при ортодонтическом лечении. Применение вакуумной терапии в комплексе с ортодонтическим лечением сокращает его продолжительность в среднем на 1–1,5 месяцев [2, 3].

Однако данные физические факторы обладают малой проникающей способностью в ротовой полости из-за рефлекторного выделения ротовой жидкости, которая поглощает значительную часть излучения, уменьшая возможность воздействия, создавая трудности в получении “плотного контакта”, что значительно увеличивает сроки лечения и снижает эффективность метода [1].

Цель работы

Оценить результаты лечения пациентов с хроническим генерализованным сложным периодонтитом с применением нового метода – вакуум-УФО-терапии.

Объекты и методы исследования

В процессе выполнения работы использовали разработанное нами устройство и методику для вакуум-УФО-терапии, которые дали возможность осуществить сочетанное воздействие дозированного вакуума и ультрафиолетового излучения на ткани периодонта (патент Республики Беларусь №2750 от 17.11.1998).

Устройство содержит специальный вакуум-УФО-наконечник с диаметром 5 – 7 мм, в корпус которого вмонтирован световод, помещенный в кювету с градуированной шкалой. Кювета представляет собой полую (стеклянную или хлорвиниловую) трубку с отводящим каналом штуцера, связывающим ее внутреннюю полость с вакуумпроводом и вакуумным аппаратом (АЛП-01), на котором предусмотрен подрывной клапан. Для УФО-терапии применяли аппарат ОУФк-01 "Солнышко" с длиной волны — 230 – 400 нм. На область поражения воздействовали ультрафиолетовым излучением 2 – 4 биодозы в течение 5 – 10 мин. Величина биодозы была определена биодозиметром для слизистой оболочки ротовой полости, как наиболее оптимальная величина облучения, обладающая лечебными свойствами. После получения анальгезирующего эффекта на область поражения воздействовали импульсивным пониженным давлением 20 – 80 мм.рт.ст., синхронизированным с работой сердца, и одновременно по световоду подавали ультрафиолетовое излучение 0,5 – 1 биодозы в течение 5 – 10 мин.

Первую группу составили 35 пациентов, которым проводили комплексную терапию без включением в подготовительное (периодонтологическое) лечение вакуум-УФО-терапии. Во вторую группу вошли пациенты, которым проводили комплексное периодонтологическое лечение с включением вакуум-УФО-терапии (32 пациента). Состав этих групп пациентов был однотипен по тяжести поражения периодонта, полу и возрасту.

Результаты исследования и их обсуждение

Результаты исследования через 12 месяцев клинического состояния тканей периодонта пациентов показали, что у 10 (28,6%) пациентов отмечали хорошие результаты лечения. У этих пациентов отсутствовали жалобы, признаки воспаления десны. Клинически десневой край был

бледно-розовым, десневые сосочки плотные, при зондировании отсутствовала кровоточивость (ОНИ-S – $0,5 \pm 0,04$; GI – $0,49 \pm 0,03$; IPMA – $7,19 \pm 0,45\%$; ГППК – $2,1 \pm 0,03$; ИЧП – $1,12 \pm 0,09$; PI – $2,84 \pm 0,15$; IR – $31,72 \pm 1,88$). По данным ЛОМцсф интенсивность микроциркуляции десны составила $35,56 \pm 0,41$ усл. ед., а капиллярное давление было $20,3 \pm 0,43$ мм рт. ст. Удовлетворительные результаты лечения отмечены у 25 (71,4%) пациентов, у которых отмечали жалобы на кровоточивость десны при чистке зубов, показатели объективных методов исследования были отклонены от нормы (ОНИ-S – $0,53 \pm 0,08$; GI – $0,9 \pm 0,08$; IPMA – $9,64 \pm 3,7\%$; ГППК – $2,31 \pm 0,09$; ИЧП – $3,16 \pm 0,18$; PI – $2,56 \pm 0,14$; IR – $30,7 \pm 1,88$), а при клиническом обследовании определяли гиперемии десны, отечность десневых сосочков, кровоточивость при зондировании. Интенсивность микроциркуляции десны у пациентов с удовлетворительными результатами составила $28,83 \pm 0,48$ усл. ед.

Во второй группе результаты обследования через 12 месяцев показали, что у 23 (71,9%) пациентов отмечали положительные результаты лечения и микроциркуляцию десны наблюдали в пределах нормы. Следует отметить, что проведенное комплексное лечение позволило стабилизировать патологический процесс в тканях периодонта, поэтому при хороших показателях индексов гигиены и воспаления удовлетворительное состояние отмечено только у 9 (28,1%) пациентов, т.к. капиллярное давление было $28,83 \pm 1,01$ мм рт. ст. и интенсивность микроциркуляции – $28,44 \pm 0,38$ усл. ед. В связи с этим им было назначено поддерживающее лечение до полного восстановления микроциркуляции.

Отдаленные результаты исследования клинического состояния тканей периодонта через 24 месяца свидетельствовали о положительном лечебном эффекте применения вакуум-УФО-терапии. Хорошие результаты лечения были достигнуты у 54,3% пациентов первой группы и у 96,9% пациентов второй группы. Следует отметить, что превентивная диагностика и лечение дало возможность стабилизировать патологический процесс в тканях периодонта пациентов второй группы, поэтому удовлетворительное состояние отмечено только у 3,1% пациентов в сравнении с группой, где удовлетворительные результаты лечения имели 45,7% пациентов.

Заключение

У пациентов с хроническим генерализованным сложным периодонтитом кроме общепринятого курса лечения (снятие зубных отложений, ортодонтические и ортопедические мероприятия) для стабилизации патологического процесса необходимо использовать вакуум-УФО-терапию. Включение ее в комплекс лечебно-профилактических мероприятий позволило исключить применение местной лекарственной противовоспалительной терапии, сократить сроки подготовительного этапа на 6,9 суток, получить хорошие терапевтические результаты в ближайшие сроки наблюдения у 93,8% пациентов и в отдаленные сроки наблюдения у 96,9%.

Литература

1. Дедова, Л.Н. Диагностика болезней периодонта: Учебно-метод. пособие / Белор. госуд. мед. унив.; Сост. Л.Н.Дедова – Минск, 2004. – 70с.
2. Ефанов, О.И. Физиотерапия воспалительных заболеваний челюстно-лицевой области: Учебно-метод. пособие / О.И. Ефанов, А.П. Панина, Г.Н. Перегудова // М., 1986. – 45 с.
3. Кулаженко, В.И. Двадцатилетний опыт вакуумной и электровакуумной диагностики и лечения больных пародонтозом // VI Всесоюз. съезд стоматологов: Сб. докл. – Л., 1975. – С.70.

УДК 616-71

МАГНИТОФОТОТЕРАПИЯ В НОРМАЛИЗАЦИИ МИКРОЦИРКУЛЯТОРНОГО СОСТОЯНИЯ ТКАНЕЙ ПЕРИОДОНТАС.П. РУБНИКОВИЧ¹, Ю.Л. ДЕНИСОВА², Я.И. ТИМЧУК¹, А.И. МАЙЗЕТ¹¹ Белорусская медицинская академия последипломного образования² Белорусский государственный медицинский университет**Аннотация.**

Цель этого исследования состояла в разработке метода нормализации микроциркуляции в зубочелюстной и тканях периодонта с использованием магнитофототерапии. В данном методе нормализации микроциркуляции в тканях периодонта, при котором проводят физиотерапевтическое воздействие различное по времени в зависимости от степени поражения тканей периодонта. При этом магнитофототерапевтическое воздействие осуществляют низкочастотным импульсным магнитным полем индукцией 15 мТл и оптическим поляризованным излучением красного вида излучения с длиной волны 620 – 760 нм, и инфракрасного вида излучения с длиной волны 920 – 960 нм.

Ключевые слова: магнитофототерапия, микроциркуляция, низкочастотное импульсное магнитное поле.

Abstract. The purpose of this study was to develop a method for the normalization of microcirculation in dentition and periodontal tissues using magnetic phototherapy. In this method, the normalization of microcirculation in the tissues of the periodontium, in which the physiotherapeutic effect is carried out differently in time, depending on the degree of damage to the tissues of the periodontium. In this case, the magnetophototherapy effect is performed by a low-frequency pulsed magnetic field by induction of 15 mT and optical polarized radiation of a red type of radiation from a wavelength of 620-760 nm, and an infrared type of radiation with a wavelength of 920-960 nm.

Keywords: magnetophototherapy, microcirculation, low-frequency pulsed magnetic field.

Введение

Ряд исследователей доказали, что применение физиотерапии для лечебных и профилактических целей эффективно, экономически выгодно, практически безвредно и наиболее физиологично влияет на состояние ротовой полости. Наряду с этим физические факторы в терапевтических дозировках, как правило, не обладают токсичностью, не вызывают побочных эффектов и аллергии организма, поэтому их использование в лечебном процессе, по сравнению с другими методами лечения более целесообразно [1-3].

Следует отметить, что, несмотря на множество методов лечения болезней периодонта, применяемых в отечественных и зарубежных клиниках, отсутствуют объективные диагностические методики, которые позволили бы проводить научно-обоснованную индивидуализацию и коррекцию протоколов лечения микроциркуляторных изменений в тканях периодонта в доклинических стадиях патологического процесса, а также на этапах проводимого лечения и в отдаленные сроки наблюдения. При этом сочетанное влияние низкоинтенсивного лазерного излучения и постоянного магнитного поля на звенья микроциркуляторного русла десны при применении индивидуальных лечебно-диагностических и профилактических мероприятий при болезнях периодонта не изучены и требует дальнейших исследований [1].

Таким образом, сложность патогенеза микроциркуляторных нарушений при болезнях периодонта, недостаточность сведений о реактивности и адаптационно-компенсаторных возможностях системы микроциркуляции на ранних стадиях воспаления в тканях периодонта, необходимость разработки новых общедоступных методов диагностики микроциркуляции, а также поиска новых методов коррекции нарушений микроциркуляции тканей периодонта определили цель и задачи настоящего исследования.

Действие и эффективность магнитофототерапии определяется с одной стороны физиологическими и лечебными эффектами сочетаемых физических факторов, т.е. света и магнитного поля, и с другой стороны взаимодействием этих факторов и вызываемых сдвигов в организме. Магнитофототерапия стимулирует биосинтетические процессы и образования богатых энергией фосфатов, усиливает регионарное кровообращение и микроциркуляцию, стимулирует эритропоэз, уменьшает агрегацию тромбоцитов, повышает кислородную емкость крови и т.д. Наиболее доказанными и наиболее важными в стоматологической терапии к настоящему времени лечебными эффектами магнитофототерапии являются, например, противовоспалительный, обезболивающий, гипотензивный, противоотечный. Красный свет при воздействии на кожу и патологический очаг стимулирует кроветворение, угнетает агрегацию тромбоцитов. При этом он улучшает регионарное кровообращение, вызывает расширение сосудов, активизирует репаративные процессы, устраняет

застойные явления в тканях, обладает иммуностимулирующим, противовоспалительным и обезболивающим действиями. При инфракрасном облучении происходит повышение температуры на 1–2°C облучаемых тканей, что вызывает терморегуляторные реакции. Такие реакции проявляются изменением сосудов, прежде всего капилляров. Нагрев тканей сопровождается ускорением обмена веществ в них, активацией диффузионных процессов, усилением миграции полиморфноядерных лейкоцитов и лимфоцитов в патологический очаг, что способствует ослаблению явления воспаления и удалению из воспалительного очага продуктов аутолиза клеток. Тем самым достигаются необходимые лечебные эффекты: противовоспалительный, репаративно-регенеративный, сосудорасширяющий, противоотечный и метаболический [2].

Цель работы

Целью проведённого нами исследования явилась разработка нового метода нормализации микроциркуляции в тканях периодонта с применением магнитофототерапии.

Объекты и методы исследования

Задачей предложенного метода является расширение разновидности физиотерапевтического лечения в стоматологии, конкретно для нормализации микроциркуляции в тканях периодонта и в пульпе зуба. В данном методе нормализации микроциркуляции в тканях периодонта, при котором проводят физиотерапевтическое воздействие различное по времени в зависимости от степени поражения тканей периодонта. Контактное магнитофототерапевтическое воздействие в области тканей периодонта передней группы зубов на верхней и нижней челюсти и на твердые ткани зубов и в течение 2 – 5 минут, а в области жевательных зубов на верхней и нижней челюсти проводят накожное воздействие в области проекции причинных зубов в течение 5 – 7 минут. Дополнительно магнитофототерапевтическое воздействие проводят накожное в течение 2 – 3 минут на верхней челюсти в инфроорбитальной области, а на нижней челюсти в ментальной области. При этом магнитофототерапевтическое воздействие осуществляют низкочастотным импульсным магнитным полем индукцией 15 мТл и оптическим поляризованным излучением красного вида излучения с длиной волны 620 – 760 нм, и инфракрасного вида излучения с длиной волны 920 – 960 нм.

Данную схему воздействия магнитофототерапии проводят непосредственно после препарирования витальных зубов под зубные протезы (металлокерамические, цельнолитые, безметалловые конструкции), а также на 7-е сутки после припасовки будущей ортопедической конструкции и на 14-е сутки (после фиксации зубного протеза).

Результаты исследования и их обсуждение

Пример лечения пациента с применением разработанного способа магнитофототерапии. Пациент О. 1980 г.р. обратился в клинику 12.12.2011 с жалобами на эстетический недостаток зуба 1.2. После обследования был поставлен диагноз: дефект твердых тканей витального зуба 1.2. По общепринятой методике соответствующей клиническим протоколам была определена тактика изготовления металлокерамической коронки на зуб 1.2. Под местной инфильтрационной анестезией была проведена процедура препарирования витального зуба 1.2 с изготовлением временной коронки. После фиксации временной коронки был проведен первый сеанс магнитофототерапии сочетанным воздействием контактно низкочастотным импульсным магнитным полем индукцией 15 мТл и оптическим поляризованным излучением красного вида излучения с длиной волны 620 – 760 нм и инфракрасного вида излучения с длиной волны 920 – 960 нм в область зуба 1.2 в течение 2 минут и накожным воздействием в инфроорбитальной области на верхней челюсти в течение 5 минут. Второй сеанс магнитофототерапии по вышеуказанной методике был проведен на 7-е сутки лечения после припасовки металлокерамической коронки на зуб 1.2. Третий сеанс магнитофототерапии был проведен на 14-е сутки лечения после фиксации металлокерамической коронки на постоянный цемент. Профилактические осмотры через 1, 3, 6 месяцев, 1 год не выявил каких-либо отрицательных симптомов. Тем самым воздействие магнитофототерапии при проведении ортопедического лечения усилила микроциркуляцию десны, и обеспечило защиту от возникновения воспалительного процесса в тканях периодонта.

Заключение. Использование разработанного нового метода нормализации микроциркуляции в тканях периодонта с применением магнитофототерапии позволило получить 93,5% хороших отдаленных результатов лечения стоматологических пациентов.

Литература

1. Рубникович, С.П., Фомин Н.А. Лазерно-оптические методы диагностики и терапии

в стоматологии / С.П. Рубникович, Н.А. Фомин // Минск, 2010. – 361 с.

2. Улащик, В.С. Магнитофототерапия: применение аппарата «ФотоСПОК». – метод. пособие / В.С. Улащик, А.С. Плетнев // ГНУ «Институт физиологии НАН Беларуси». – Минск. – 2009. – 32 с.

3. Дедова, Л.Н. Физиотерапия в периодонтологии: принципы, показания и противопоказания: учеб-метод. пособие – Минск: БГМУ, 2007. – 36 с.

УДК 616-71

ЛАЗЕРНО-ОПТИЧЕСКАЯ ДИАГНОСТИКА МИКРОЦИРКУЛЯЦИИ ПЕРИОДОНТА ПРИ ДЕФЕКТАХ ТВЕРДЫХ ТКАНЕЙ ЗУБОВ

С.П. РУБНИКОВИЧ¹, Ю.Л. ДЕНИСОВА²

¹ Белорусская медицинская академия последипломного образования

² Белорусский государственный медицинский университет

Аннотация. Целью настоящего исследования явилось изучение эффективности применения лазерно-оптической диагностики нарушений микроциркуляции тканей периодонта при дефектах твердых тканей зубов, восстановленных штифтовыми конструкциями. Для изучения изменения интенсивности кровотока в микроциркуляторном русле десны было обследовано 62 пациента с полными дефектами твердых тканей зубов при применении новой лазерно-оптической диагностики. Обследование состояния микроциркуляции десны в области полных дефектов твердых тканей зубов с использованием новой лазерно-оптической диагностики показало снижение интенсивности микроциркуляции в десне.

Ключевые слова: лазерно-оптическая диагностика, штифтовые конструкции.

Abstract.

The purpose of this study was to evaluate the effectiveness of the use of laser-optical methods in diagnostics of the periodontal tissue microcirculation disorders in patients with hard dental tissue defects restored by pin designs. In order to study the changes in the intensity of blood flow in the microcirculatory bed of the gums, 62 patients with complete defects in hard dental tissues were examined using a new laser-optical diagnostics. A survey of the microcirculation status of the gums in the area of total defects of hard dental tissues using a new laser-optical diagnostics showed a decrease in the intensity of microcirculation in the gums.

Key words: laser-optical diagnostics, pin designs.

Введение

Существует множество методов устранения дефектов зубов при индексе разрушения окклюзионной поверхности зуба не более 80%. Однако при полном разрушении коронковой части зуба целесообразность восстановления нарушенного морфофункционального единства зубных рядов будирует к поискам наиболее оптимальных реабилитационных мер. Одним из направлений в решении поставленной задачи является сохранение корней зубов, пригодных для протезирования, предупреждающее образование дефектов и деформаций зубных рядов, атрофию альвеолярных отростков и болезней периодонта [1, 2].

Состояние регионарного кровотока характеризует степень адекватности трофики тканей к функциональным нагрузкам, потому что микроциркуляция и метаболизм являются непосредственными и конкретными механизмами обеспечения реализации функции органа во время работы. Ухудшение функции жевания при отсутствии коронки зуба ведет к уменьшению регионарного кровотока и к развитию деструктивных процессов в тканях периодонта. Вместе с этим, актуальной задачей современной стоматологии является не только оптимальное восстановление утраченной целостности зубочелюстной системы при полном отсутствии коронки зуба, но и своевременная диагностика, лечение и профилактика нарушений микроциркуляции тканей периодонта [2, 3].

Цель работы состояла в оценке эффективности применения лазерно-оптической диагностики нарушений микроциркуляции тканей периодонта при дефектах твердых тканей зубов, восстановленных штифтовыми конструкциями.

Объекты и методы исследования

При клинических исследованиях использовали разработанную и апробированную нами лазерно-оптическую установку [4, 5]. Пациента усаживали в кресло, голову неподвижно фиксировали в офтальмологическом уставе, доступ к ротовой полости осуществляли с помощью стоматологического ретрактора. К исследуемому участку десны подводили фокус осветительной и приемной

оптической систем так, чтобы не было контакта со слизистой оболочкой ротовой полости и десной. Расстояние между фокусом и тканью составляло около 1 см. Фокус осветительной и приемной оптической систем ориентировали для получения максимально четкого изображения выбранного участка с последующей регистрацией динамики капиллярного кровотока путем фиксации изображения цифровым фотоаппаратом Nikon D80. Фиксирование изображения проводили как на отдельных цифровых снимках, так и в записях на цифровых носителях на протяжении любого времени. После записи изображения переводили на ПЭВМ, в котором обрабатывали по специальному программному обеспечению, с целью получения числовых характеристик гемодинамики. Монитор компьютера одновременно выполнял функции телемонитора для визуального наблюдения кровотока, а компьютер – функцию устройства накопления видеоданных с целью их последующего воспроизведения и хранения. Микроциркуляторное состояние тканей периодонта определяли в зоне 2 x 3 см в области папиллярной, маргинальной и альвеолярной десны. Интенсивность микроциркуляции крови в десне высчитывали с помощью компьютерной программой в условных единицах и сравнивают с нормальными показателями. Качественную и количественную оценку гемодинамики микрососудов осуществляли с помощью цифровой динамической спекл-фотографии.

Для изучения изменения интенсивности кровотока в микроциркуляторном русле десны было обследовано 62 пациента с полными дефектами твердых тканей зубов при применении новой лазерно-оптической диагностики. Из них первую группу составили 30 пациентов с полными дефектами твердых тканей зубов, которым корни зубов восстанавливали предложенными нами культевыми штифтовыми вкладками. Вторую группу составили 32 пациента с полными дефектами твердых тканей зубов, которым корни зубов восстанавливали традиционными литыми культевыми штифтовыми вкладками с покрывной конструкцией. Контрольную группу пациентов составили 30 добровольцев с интактным периодонтом и интактными зубными рядами.

Результаты исследования и их обсуждение

Интенсивность микроциркуляции крови в десне у лиц с интактным периодонтом контрольной группы составила $36,4 \pm 1,11$ усл.ед. При исследовании пациентов первой и второй группы до фиксации ортопедической конструкции зарегистрировано снижение показателей интенсивности микроциркуляции во всех зонах десны по сравнению со здоровым периодонтом, при этом показатель в I группе составил $18,2 \pm 1,38$ усл.ед. (по сравнению с контролем $p < 0,001$), а во II группе – $18,06 \pm 1,26$ усл.ед. ($p < 0,001$).

Заключение

Обследование состояния микроциркуляции десны в области полных дефектов твердых тканей зубов с использованием новой лазерно-оптической диагностики показало снижение интенсивности микроциркуляции в десне. По данным лазерно-оптической диагностики, интенсивность микроциркуляции десны снижена в 2,0 раза ($p < 0,001$) при полных дефектах твердых тканей зубов по сравнению со здоровыми тканями периодонта.

Литература

1. Фомин, Н. А. Анализ напряженно-деформационного состояния корня зуба, восстановленного литой культевой штифтовой вкладкой методом цифровой спекл-фотографии / Н. А. Фомин, С. П. Рубникович, Н. Б. Базылев // *Соврем. стоматология*. – 2001. – №3. – С. 50–52.
2. Рубникович, С. П. Протезирование зубов со сниженной высотой коронковой части. *Соврем. стоматология*. – 2002. – №1. – С. 37–39.
3. Рубникович, С. П. Лазерно-оптические методы диагностики и терапии в стоматологии: монография / С.П. Рубникович, Н.А. Фомин. – Минск: ИТМО НАН Беларуси, 2010. – 361 с.
4. Лазерно-оптическая установка для диагностики и лечения болезней периодонта: пат. № 7400 Респ. Беларусь / С.П. Рубникович. – № 20101076; заяв. 29.12.2010; опубли. 01.04.2011 г. // *Афіц. бюл. / Нац. цэнтр. інтэлектуал. уласнасці*. – 2011. – № 3. – С. 171.
5. Методика лазерно-оптической диагностики и лечения нарушений микроциркуляций у пациентов с болезнями периодонта: инструкция к применению № 041-0410; утв. М-вом здравоохранения Респ. Беларусь 06.05.2010 г. / сост.: С. П. Рубникович, Ю. Л. Денисова // *Современные методы диагностики, лечения и профилактики заболеваний: сб. инструкт.-метод. док.* – Минск, 2010. – Т. 5, вып. 11. – С. 98–103.

УДК 535.343.32

ЭФФЕКТЫ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ НАНОСТРУКТУРИРОВАННЫХ ФОТОСЕНСИБИЛИЗАТОРОВ НА ОСНОВЕ ПОЛИМЕТИНОВЫХ КРАСИТЕЛЕЙ С БЕЛКАМИ ПЛАЗМЫ КРОВИ

И.И. ХЛУДЕЕВ^{1,3}, М.П. САМЦОВ², Н.В. БЕЛЬКО², С.К. ДИК³¹Белорусский государственный университет³Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники

Аннотация. Исследовано связывание наноструктурированных полиметиновых фотосенсибилизаторов с белками сыворотки крови. Согласно полученным данным, спектральные характеристики фотосенсибилизаторов в составе комплексов с белками существенно меняются в зависимости от типа белка.

Ключевые слова: полиметиновые фотосенсибилизаторы, белки сыворотки крови

Abstract. The binding of nanostructured polymethine photosensitizers with serum proteins was studied. According to the data obtained, the spectral characteristics of photosensitizers in the composition of complexes with proteins vary significantly depending on the type of protein.

Keywords: polymethine photosensitizers, serum proteins.

Введение

Метод фотодинамической терапии (ФДТ) обладает рядом преимуществ по сравнению с традиционными методами лечения злокачественных новообразований – малой инвазивностью и избирательностью воздействия на ткани-мишени. В значительной степени это обусловлено селективностью накоплению фотосенсибилизаторов (ФС) в опухолях вследствие особенностей их строения и функционирования (закисление интерстициальной жидкости, хаотичная васкулярная система, повышенное число рецепторов к липопротеинам низкой плотности). В стандартном протоколе ФДТ препарат вводят в организм внутривенно, поэтому локализация и контрастность накопления ФС зависит от процессов транспорта в кровеносной системе. Для большинства ФС, используемых в клинической практике, показано, что в кровотоке они перемещаются в составе комплексов с белками сыворотки крови (БСК), преимущественно с липопротеинами высокой (ЛВП) и низкой плотности (ЛНП) и сывороточным альбумином (САЧ) [1]. Поскольку для оценки содержания ФС в крови и опухолях широко используются оптические методы, необходимо знать и учитывать возможное влияние взаимодействия молекул ФС с БСК не только на их фармакокинетическое поведение в крови, но также и на их фотофизические характеристики.

Полиметиновые (трикарбоиндоцианиновые) красители (ПК) считаются перспективными для использования в ФДТ, поскольку они обладают интенсивной полосой поглощения (720–750 нм) в так называемой «полосе прозрачности тканей». Однако большинство ПК являются гидрофобными соединениями, которые очень слабо либо вообще нерастворимы в воде. Вследствие этого в водной среде наблюдается агрегация ПК, которая может приводить к существенным изменениям их спектральных и фотофизических характеристик. Образование комплексов ПК с белками сыворотки крови также может влиять на спектрально-флуоресцентные характеристики, во-первых, за счет разрушения агрегатов и перехода ПК в мономерное состояние, и, во-вторых, за счет изменения полярности микроокружения молекул ПК в составе комплексов краситель-белок.

Цель и задачи исследования

Целью исследования являлось изучение распределения ПК среди белков сыворотки крови и оценка влияния комплексообразования ПК с различными транспортными белками на спектральные и фотохимические характеристики красителей.

Материалы и методы

В работе использовали синтезированные в лаборатории спектроскопии НИИПФП им. Севченко [2] красители: ПК154 и его производное ПК220, полученное путем замещения двух карбоксильных групп молекулами полиэтиленгликоля с молекулярной массой 300 кДа. Исходные растворы ПК с концентрацией 5×10^{-4} моль/л готовили в этаноле (ПК154) и в дистиллированной воде (ПК220). Спектры поглощения и люминесценции регистрировали с помощью спектрофотометра СОЛАР РВ-2201 и спектрофлуориметра СОЛАР СМ-2203. Оценку связывания ПК с компонентами сыворотки крови человека проводили методом эксклюзионной гель-хроматографии на колонках Sigma (1,5×50 см) с гелем Sephadex G-200, уравновешенным фосфатно-солевым буфером Дюльбекко рН 7,4 (ФСБ), который использовался также и в качестве элюента.

Обсуждение результатов

При разделении образцов сыворотки крови человека, окрашенной ПК, с помощью метода эксклюзионной гель-хроматографии было установлено, что исследуемые соединения выходят из колонки вместе с фракциями САЧ, ЛВП и ЛНП (рис.1).

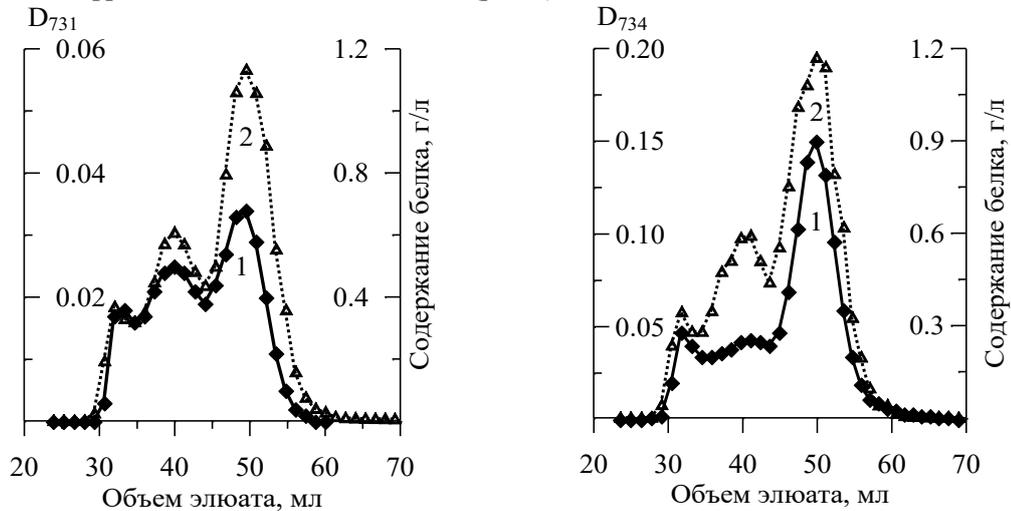


Рисунок 1. Связывание красителей ПК220 (левая панель) и ПК154 (правая панель) с белками сыворотки крови человека
1 – оптическая плотность фракций в максимуме поглощения ПК, 2 – концентрация белка во фракциях

Это свидетельствует о том, что ПК образуют комплексы с БСК. Следует отметить, что длительность предварительной инкубации образцов окрашенной ПК сыворотки, которая необходима для достижения равновесного распределения каждого из красителей среди белков сыворотки, сильно различалась. Так, при комнатной температуре после введения в образец сыворотки водного раствора ПК154 требовалось 2 часа прединкубации, а для ПК220 – 24 часа для достижения равновесия. Это может быть связано с особенностями структуры молекул – скорость диффузии у компактных молекул ПК154 вероятно существенно выше в сравнении с громоздкими молекулами ПК220. Это косвенно подтверждается тем фактом, что при повышении температуры инкубации до 37 °С время достижения равновесного распределения для ПК220 сокращалось до 2 часов.

Для гидрофобного ПК154 относительное количество пигмента, обнаруженного во фракциях САЧ, было почти в 2 раза больше в сравнении с количеством пигмента во всех липопротеиновых фракциях, что свидетельствует о преимущественном связывании молекул ПК154 с молекулами САЧ. В то время как для водорастворимого ПК220 характерно относительно высокое сродство к липопротеинам, поскольку более 50% суммарного количества красителя обнаруживается во фракциях ЛВП+ЛНП. При анализе спектров поглощения ПК было показано, что как ПК154, так и ПК220 при попадании в водную среду (фосфатный буфер, pH 7,4) подвержены самоагрегации, поскольку наблюдался гипсохромный сдвиг полосы поглощения данных красителей по сравнению со спектрами поглощения в органических растворителях [3]. Титрование образцов водных растворов ПК аликвотами сыворотки крови приводило к смещению максимумов спектров поглощения в красную область, что характерно для процессов дезагрегации некоторых неполярных ФС, например, фталоцианинов [4]. При добавлении даже небольших количеств сыворотки крови человека наблюдается батохромный сдвиг полос. Для ПК154 максимум спектра поглощения смещается от 704 нм (ФСБ) до 732 нм (1% сыворотки). Схожий эффект наблюдали и для ПК220, однако требовались более высокие концентрации сыворотки. Так, максимальный длинноволновый сдвиг максимума спектра поглощения с 709 нм (ФСБ) до 729 нм имел место при концентрации сыворотки $\geq 2\%$.

Анализ спектров поглощения ПК в различных белковых фракциях, полученных при гель-хроматографическом разделении образцов окрашенной сыворотки, обнаружил существенные различия в спектральных характеристиках. Как видно из представленных на рис. 2 результатов поло-

сы поглощения ПК в комплексах с липопротеинами сдвинуты в длинноволновую область в сравнении со спектрами поглощения комплексов ПК-САЧ.

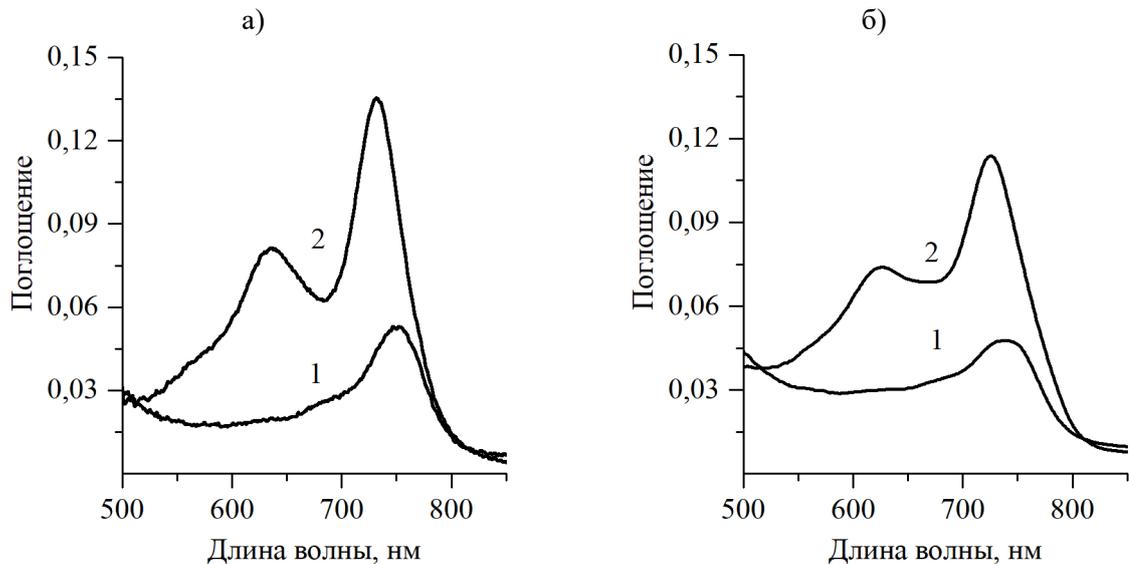


Рис. 2. Спектры поглощения ПК154 (а) и ПК220 (б) в составе комплексов с ЛНП (1) и САЧ (2)

Для ПК 154 разница в положении максимумов поглощения во фракции ЛНП (752 нм) и САЧ (731 нм) превышала 20 нм, в то время как максимумы поглощения комплексов ПК220-ЛНП (737 нм) и ПК220-САЧ (725 нм) различались всего на 12 нм. Полученные результаты могут свидетельствовать о том, что молекулы ПК в составе комплексов с ЛНП находятся в более неполярном микроокружении в сравнении с комплексами с САЧ. Можно предположить, что молекулы ПК могут погружаться в липидный слой липопротеиновой частицы, в то время как связывание с молекулами САЧ происходит на сайтах с различным сродством к молекулам ПК. Можно также предположить, что глубина встраивания молекул ПК154 больше, чем для молекул ПК220, у которых длинные цепочки полиэтиленгликоля могут играть роль «якорей», ограничивающих глубину погружения в липидную оболочку ЛНП.

Кроме того, в спектрах поглощения альбуминовых фракций дополнительно появляются полосы поглощения с максимумами при 636 нм для ПК154 и 626 нм для ПК220. Появление этих полос связано не с процессами агрегации-деагрегации красителей, а с образованием в образцах неких структур, имеющих отличные от ПК спектры поглощения. Вероятно, это происходит в процессе частичной деградации молекул ПК. Это подтверждается результатами проведенного ранее масс-спектрометрического анализа растворов ПК, в ходе которого были обнаружены соединения, поглощающие в области 630 нм и имеющие молекулярную массу приблизительно в два раза меньшую, чем молекулярная масса исходного красителя.

Таким образом, образование комплексов ПК с транспортными белками сыворотки крови способствует переходу красителей из агрегированного в мономерное состояние. При этом наблюдается bathochromic сдвиг спектров поглощения ПК в составе комплексов, величина которого зависит как от химической структуры красителя, так и от природы белка-носителя. Молекулы ПК, связанные с САЧ, в большей степени подвержены деградации в сравнении с молекулами красителя в составе комплексов ПК-ЛНП.

Заключение

Проведенные исследования показывают, что образование комплексов ПК с БСК существенно влияет на спектральные характеристики полиметиновых фотосенсибилизаторов. Природа белка-носителя сказывается как на спектрах поглощения ПК в составе комплексов, так и на интенсивности протекания процессов деградации ПК. Установленные особенности требуют более тщательного подхода к разработке методик измерения содержания ПК в плазме крови с использованием оптических методов.

Список литературы

1. Photosensitizer Transport and Distribution / T. Hasan [et al.] // Holland-Frei Cancer Medicine. 6th edition. Kufe DW, Pollock RE, Weichselbaum RR, et al., editors. Hamilton: [BC Decker](#); 2003.

2. Novel indotricarbocyanine dyes covalently bonded to polyethylene glycol for theranostics / A. Lugovski [et al.] // *J. Photochem. Photobiol. A*. 2016. V. 316. P. 31–36.
3. Влияние комплексообразования с белками плазмы крови на спектральные характеристики трикарбоцианиновых красителей / Н.В. Белько и др. // *Весці БДПУ. Серыя 3. Фізіка. Матэматыка. Інфарматыка. Біялогія. Геаграфія*. 2018. №1. С. 14–20.
4. Harvey, P. D. Recent advances in free and metalated multiporphyrin assemblies and arrays; a photophysical behavior and energy transfer perspective // In: *The porphyrin handbook* / Eds.: K. M. Kadish, K. M. Smith, R. Guilard. – Elsevier Science, USA, 2003. V. 18. P. 63–250.

УДК 616.858-008.6: 616.831-089

ВОЗМОЖНОСТИ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ СТАБИЛОГРАФИИ В ОЦЕНКЕ ПРОИЗВОЛЬНОГО ПОЗНОГО КОНТРОЛЯ У ПАЦИЕНТОВ С БОЛЕЗНЬЮ ПАРКИНСОНА ПРИ ОТБОРЕ К ОПЕРАТИВНОМУ ЛЕЧЕНИЮ И НА ФОНЕ ГЛУБОКОЙ СТИМУЛЯЦИИ МОЗГА

С.А. ЛИХАЧЕВ, И.П. МАРЬЕНКО, А.Г. БУНЯК

Республиканский научно-практический центр неврологии и нейрохирургии

Аннотация. Применение функционального динамического стабилметрического «Теста со ступенчатым воздействием» позволили выявить и оценить степень нарушения инициации произвольного движения и проследить их динамику на фоне нейростимуляции. Полученные результаты указывают на улучшение определенных показателей произвольного позного контроля у пациентов в течение первого месяца глубокой нейростимуляции с последующей стабилизацией в течение 2-х лет наблюдения.

Ключевые слова: произвольный позный контроль, болезнь Паркинсона, глубокая стимуляция мозга, стабилметрия.

Abstract. The use of the dynamic stabilometric “Test with step effect” made it possible to identify and assess violations of the voluntary movement and their dynamics during DBS. The results indicate the improvement of certain indicators of dynamic postural control in patients during the first month of DBS and stabilization during 2 years of observation.

Keywords: dynamic postural control, Parkinson's disease, deep brain stimulation, stabilometric research.

Введение

В основе стереотаксического оперативного лечения при болезни Паркинсона (БП) лежит целенаправленное воздействие на субталамическое ядро (STN), вентролатеральную группу ядер таламуса (Vim), внутренний сегмент бледного шара (GPi), и другие группы ядер, которые регулируют активность экстрапирамидной системы и осуществляют конвергенцию ее связей с центральной нервной системой на различных уровнях. Данные литературы о влиянии глубокой стимуляции мозга (ГСМ) у пациентов с БП на функцию произвольного позного контроля неоднозначны и противоречивы, а способы оценки постуральной функции не всегда объективны [1,2]. С помощью существующих методов оценки постуральных нарушений – комплексного показателя, характеризующего постуральную функцию и изменения походки – Postural Instability and Gait Disorder (PIGD), модифицированной шкалы оценки двигательной активности по М.Е. Tinetti и соавт. 1986 г. - Tinetti Balance and Gait Test, шкалы баланса Берга - Berg Balance Scale проводится клиническая качественная оценка постуральной функции. В ходе проведенных ранее исследований определена высокая надежность метода стабилграфии с функциональными тестами для диагностики нарушений реактивного позного контроля у пациентов с БП [3,4]. Поэтому на наш взгляд является важным разработка методических подходов, которые позволяют количественно объективизировать постуральные нарушения на этапе отбора и адаптацию постуральной функции пациента на фоне ГСМ.

Методика и экспериментальная часть

В основную группу вошли 52 пациента с БП, которым была проведена имплантация электродов в глубокие структуры головного мозга, нейростимулятора в подключичную область для электростимуляции определенных групп ядер головного мозга, чтобы откорректировать патологически разбалансированную активность в двигательных путях центральной нервной системы. В субталамические ядра электроды имплантированы 40 пациентам, во внутренний сегмент бледного шара – 9 пациентам, промежуточное ядро таламуса – 3 пациентам. Средний возраст 55,98±7,04 лет, длительность заболевания составила 11,37±3,49 лет, распределение по стадиям заболевания:

2-2,5 стадии по Хен-Яру – 32 человека, 3 стадии по Хен-Яру – 20 человек. Длительность заболевания до оперативного лечения от 4 до 20 лет (среднее значение $11,36 \pm 3,97$ года). В контрольную группу включены 54 пациента с БП и наличием противопоказаний для глубокой стимуляции мозга, из них – 27 мужчин, 27 женщин. Возраст пациентов от 39 до 68 лет (средний возраст $58,65 \pm 6,86$ лет). У всех пациентов подтвержден диагноз идиопатической БП, из них 2-2,5 стадии по Хен-Яру – 20 человек, 3 стадии по Хен-Яру – 31 человек, 4 стадии по Хен-Яру – 3 человека. Длительность заболевания до оперативного лечения от 3 до 30 лет (среднее значение $10,0 \pm 5,48$ года).

Нами было выбран стабилметрический функциональный «Тест со ступенчатым воздействием» для исследования произвольного позного контроля у пациентов с БП. Всем пациентам проводилось оценка скорости восстановления пациентами устойчивости при отклонении их вперед при выполнении «Теста со ступенчатым воздействием» на этапе отбора и через 1, 6, 12, 24 месяцев после имплантации электродов и нейростимулятора на фоне ГСМ на стабиланализаторе «Стабилан-01», Россия. Все стабилметрические исследования проводились в период «включения» (on-med) (т.е. период действия дофаминергических лекарственных средств).

Методика проведения «Теста со ступенчатым воздействием».

Пациент стоял на стабилметрической платформе перед экраном, на котором изображена мишень и отображалось движение центра давления человека с помощью маркера. В начале теста центр мишени соответствовал среднему положению центра давления человека на опорную плоскость. В ходе теста изменялось положения мишени и пациента просили быстро изменить положение туловища только за счет изменения угла в голеностопном суставе таким образом, чтобы совместить образ центра давления с центром мишени и удерживать его в окрестности этого положения.

Проба со ступенчатым воздействием проводилась в два этапа: 1 этап – компенсации воздействия; 2 этап – возврата в исходное состояние. Показатели пробы рассчитывались отдельно для этапов компенсации и возврата. Для каждого этапа строился переходной процесс, который представляет собой график во времени реакции человека на ступенчатое воздействие, Ступенчатое воздействие заставляет человека перейти из одного состояния в другое, в нашем случае – отклониться вперед и затем вернуться в исходное положение. Переходный процесс разбивался на следующие этапы:

Латентный период (ЛП), сек – длительность этапа осмысления задачи и подготовки к компенсации отклонения цели.

Время размаха (ВРх), сек – длительность этапа размаха, движения ЦД в направлении, противоположном направлению отклонения цели в секундах.

Время броска (ВБ), сек – длительность этапа перемещения ЦД в направлении отклонения цели от времени окончания латентного периода или окончания размаха, если он был, до времени первого максимума переходного процесса после этапов латентного периода и размаха.

Скорость броска (СБ), мм/с – скорость пациента на этапе перемещения ЦД в направлении отклонения цели от времени окончания латентного периода или окончания размаха, если он был, до времени первого максимума переходного процесса после этапов латентного периода и размаха.

Время реакции (ВРц), сек – время, за которое пациент компенсирует воздействие. Начинается с момента возникновения воздействия до начала этапа удержания.

Время удержания (ВУ), сек – длительность этапа удержания в месте отклонения цели (вычислялось по формуле: $8 \text{ (сек)} - \text{«минус» время реакции (сек)}$) [5].

Результаты и их обсуждение

При проведении «Теста со ступенчатым воздействием» на этапе отбора у пациентов в основной и контрольной группах была выявлена статистически значимая разница по U-критерию Манна-Уитни по показателю скорость размаха на этапе компенсации воздействия между пациентами основной $29,30(15,87;44,45)$ мм/сек и контрольной групп $14,02(8,21;28,08)$ мм/сек ($U=83$ при $p=0,042332$). Статистически значимая разница по U-критерию Манна-Уитни выявлена по показателю скорость броска на этапе компенсации воздействия между пациентами основной $19,63(13,75;39,26)$ мм/сек и контрольной групп $13,72(4,98;25,25)$ мм/сек ($U=184$ при $p=0,031868$) и на этапе возврата $17,10(12,75;33,58)$ мм/сек и $10,64(7,56;19,44)$ мм/сек соответственно ($U=194,5$ при $p=0,037590$).

При анализе медианы значений показателей «Теста со ступенчатым воздействием» у пациентов на фоне ГСМ выявлена статистически значимое увеличение по парному критерию Вилкоксона показателя скорость броска на этапе компенсации воздействия через 1 месяц 28,295(21,490;38,725) мм/с ($T=1$; $Z=3,516$, $p=0,000438$), через 1 год 21,195(11,930;27,680) мм/с ($T=0$; $Z=2,366$, $p=0,017961$), через 2 года 21,640 (10,760;26,970) мм/с ($T=9$; $Z=2,201$, $p=0,027709$) и уменьшение показателя время реакции на этапе компенсации воздействия через 1 месяц 3,900(2,780;5,560) с ($T=0$; $Z= 3,408$ $p=0,000655$), через 1 год 4,340(3,800;5,190) с ($T=0$; $Z= 2,023$ $p=0,043115$), через 2 года 3,780(2,740;4,400) с ($T=1$; $Z= 2,197$ $p=0,027993$).

Заключение

Выбранный стабилметрический функциональный «Тест со ступенчатым воздействием» позволяет количественно оценить основные компоненты произвольного движения пациентов с БП на этапе его инициации и удержания заданного положения тела, что является актуальным в объективной оценке степени постуральных нарушений у пациентов с БП, характеризует реабилитационный потенциал.

Так, полученные результаты свидетельствуют о лучших показателях скорости размаха и скорости броска у пациентов с БП основной группы на этапе отбора к оперативному лечению, что свидетельствует о лучшем сохранении у них инициации произвольного движения или другими словами лучшей способности изменять вертикальное положение. Полученные результаты в виде улучшения показателей скорости броска и времени реакции через один месяц после имплантации электродов и нейростимулятора с последующей стабилизацией на протяжении 2-х лет свидетельствуют о положительном влиянии ГСМ в сочетании с противопаркинсонической терапией на произвольный поздний контроль.

Список литературы

1. Collomb-Clerc, A. Effects of deep brain stimulation on balance and gait in patients with Parkinson's disease: A systematic neurophysiological review / A. Collomb-Clerc, M.L. Welter // *Neurophysiol. Clin.* – 2015. – vol. 45, no 4-5. – P. 371-388.
2. Colnat-Coulbois, S. Bilateral subthalamic nucleus stimulation improves balance control in Parkinson's disease / S. Colnat-Coulbois [et al.] // *J. Neurol. Neurosurg. Psychiatry.* – 2005. – Vol. 76, iss. 6. – P. 780-787.
3. Усачев, В.И. Новая методология стабилметрической диагностики нарушений функции равновесия тела / В.И. Усачев [и др.] // *Вестник оториноларингологии*, – 2009. – № 3. – С. 19 – 22.
4. Третьякова, Н.А. Состояние постуральной функции при болезни Паркинсона по данным компьютерной стабилметрии / Н.А. Третьякова // *Саратовский научно-медицинский журнал.* – 2011. – Т. 7, № 4. – С. 874–877.
5. Стабилографические исследования. Руководство пользователя «Стабилан-01-2». – Таганрог, ЗАО «ОКБ «РИТМ», 300 с.

УДК 616.89-092:[616.831-005.1-036.12:616.12-008.331.1]

СОСТОЯНИЕ КОГНИТИВНЫХ ФУНКЦИЙ ПО ДАННЫМ АКУСТИЧЕСКИХ ВЫЗВАННЫХ ПОТЕНЦИАЛОВ P300 В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ЭФФЕКТИВНОСТИ КОНТРОЛЯ АРТЕРИАЛЬНОГО ДАВЛЕНИЯ ПРИ АРТЕРИАЛЬНОЙ ГИПЕРТЕНЗИИ

Т. С. ПАВЛОВСКАЯ, С. А. ЛИХАЧЕВ, Э. К. СИДОРОВИЧ, Г. И. ОВСЯНКИНА, А. В.
АСТАПЕНКО

РНПЦ неврологии и нейрохирургии

Аннотация. Приведены результаты нейрофизиологической оценки состояния когнитивных функций (КФ) путем регистрации акустических когнитивных вызванных потенциалов (КВП) P300 у 135 пациентов с артериальной гипертензией (АГ) с учетом данных суточного мониторинга артериального давления (СМАД).

Ключевые слова: акустические когнитивные вызванные потенциалы, суточное мониторирование артериального давления, артериальная гипертензия.

Abstract. We performed a neurophysiological assessment of cognitive functions by detecting acoustic cognitive evoked potentials P300 in 135 patients with the arterial hypertension depending on results of daily blood pressure monitoring.

Keywords: acoustic cognitive evoked potentials, daily blood pressure monitoring, arterial hypertension.

Введение

Структурные и функциональные изменения сосудов головного мозга имеющие место при АГ приводят к ишемическому повреждению белого вещества в стратегических для КФ областях [1-3]. Для получения объективной информации о состоянии КФ наряду с нейропсихологическим тестированием может использоваться исследование акустического КВП Р300.

Материалы и методы

Проведен анализ показателей акустических КВП Р300 с учетом данных СМАД у 135 пациентов с АГ (61 мужчины и 74 женщины; средний возраст $55,6 \pm 8,6$ лет). В 64 наблюдениях - АГ I степени, в 71 - АГ II степени. Контрольную группу составили 27 человек соответствующего пола и возраста без признаков АГ и цереброваскулярного заболевания.

Исследование акустических КВП Р300 осуществлялось при помощи компьютерного многофункционального комплекса «Нейрон-Спектр-4/ВПМ» компании «Нейрософт».

Условия стимуляции: бинауральная, длительность стимула - 90 мс, интенсивность 75-85 дБ, период между стимулами 1 сек, частота тона для значимого стимула - 2000 Гц, вероятность - 30%; для незначимого стимула частота тона - 1000 Гц, вероятность - 70%. Эпоха анализа - 700 мс. Автоматически проводилось раздельное усреднение на предъявляемые частые (незначимые) и редкие (опознаваемые значимые) стимулы. Активный электрод располагался в точке Cz по международной системе «10-20», референтные электроды – на сосцевидных отростках, заземляющий электрод – в точке Frz. Частотная полоса 0,1-30 Гц.

Расчет основных пиков Р300 проводился автоматически по выставленным в ходе анализа маркерам. Измерялись латентные периоды (ЛП) пиков P1, N1, P2, N2, P3, N3 в миллисекундах (мс), амплитуды комплексов P1/N1, N1/P2, N2/P3, P3/N3 в микровольтах (мкВ).

Для проведения СМАД использовался монитор VPLab МнСДП-2, исследование продолжалось в течение 22-24 часов. Всем обследуемым было рекомендовано вести обычный по физической активности образ жизни.

Результаты и обсуждение

После выполнения СМАД пациенты с АГ были разделены на группы: с нормальными значениями показателей протокола исследования и с повышенным их значением.

Значимых различий ЛП сенсорной составляющей ответа, связанной с оценкой физических характеристик стимула и первичных автоматических аспектов внимания (пики P1, N1, P2) у обследованных групп пациентов обнаружено не было.

Таблица 1. Показатели акустических КВП Р300 в зависимости от средних дневных/ночных значений САД по данным СМАД у пациентов с АГ и группы контроля (Me (25; 75 процентилей))

Показатель СМАД		Пациенты с АГ				Группа контроля
		Средние дневные значения САД		Средние ночные значения САД		
		в пределах нормальных значений	превышают нормальные значения	в пределах нормальных значений	превышают нормальные значения	
Латентность пика N2 (мс)	Лев.	251 (216; 276) *	275 (255; 296)* ^	254 (224; 276) *	276 (253; 310)* ^	232 (207; 252)
	Прав.	244 (218; 272) *	271 (254; 295)* ^	352 (224; 272) *	275 (259; 309)* ^	233 (207; 254)
Латентность пика P3 (мс)	Лев.	325 (314; 356) *	345 (326; 381)* ^	325 (314; 349) *	358 (331; 388)* ^	311 (305; 322)
	Прав.	331 (314; 351) *	348 (326; 376)* ^	328 (315; 346) *	355 (335; 392)* ^	315 (309; 328)
Амплитуда N2/P3 (мкВ)	Лев.	6,7 (4,8; 9,0) *	5,7 (3,8; 7,3)* ^	7,1 (5,1; 9,1) *	5,3 (3,1; 6,9)* ^	9,2 (8,0; 9,6)
	Прав.	7,2 (5,1; 9,2) *	6,2 (3,9; 7,5)* ^	7,0 (5,3; 9,1) *	5,7 (3,6; 7,2)* ^	9,1 (7,7; 10,3)

Примечание:
 * - $p < 0,05$ достоверность различий по отношению к данным в контрольной группе;
 ^ - $p < 0,05$ достоверность различий по отношению к данным в группе пациентов с АГ с нормальными дневными/ночными показателями САД по данным СМАД

Проведенное исследование позволило установить достоверные различия основных параметров акустических КВП Р300 у пациентов с АГ, имевших повышенные среднедневные значения САД и средненочные показатели САД и ДАД. Выявлено увеличение ЛП пиков N2 и P3, а также уменьшение межпиковой амплитуды N2/P3 в сравнении с группой пациентов, у которых

данные показатели СМАД находились в пределах нормальных значений и группой контроля (таблица 1 и 2). Таким образом, в группе пациентов с АГ, у которых не были достигнуты целевые среднедневные значения САД и средненочные показатели САД и ДАД, статистически значимо изменялись два наиболее важных компонента Р300, которые отражают активное внимание и осознанное разделение стимулов. Полученные результаты свидетельствуют о снижении объема оперативной памяти, скорости когнитивных процессов и уровня направленного внимания в данной группе обследованных лиц.

Таблица 2. Показатели акустических КВП Р300 в зависимости от средних дневных/ночных значений ДАД по данным СМАД у пациентов с АГ и группы контроля (Me (25; 75 перцентилей))

Показатель СМАД		Пациенты с АГ				Группа контроля
		Средние дневные значения ДАД		Средние ночные значения ДАД		
		в пределах нормальных значений	превышают нормальные значения	в пределах нормальных значений	превышают нормальные значения	
Латентность пика N2 (мс)	Лев.	261 (226; 282) *	269 (243; 296) * ^	251 (221; 276) *	274 (253; 296) * ^	232 (207; 252)
	Прав.	256 (222; 284) *	271 (245; 295) * ^	249 (224; 268) *	271 (253; 293) * ^	233 (207; 254)
Латентность пика P3 (мс)	Лев.	337 (315; 362) *	343 (322; 374) *	325 (314; 354) *	346 (325; 373) * ^	311 (305; 322)
	Прав.	334 (320; 373) *	345 (324; 369) *	327 (314; 350) *	350 (329; 380) * ^	315 (309; 328)
Амплитуда N2/P3 (мкВ)	Лев.	7,1 (5,2; 9,2) *	5,2 (3,1; 6,9) * ^	7,2 (4,7; 9,2) *	5,6 (3,4; 7,2) * ^	9,2 (8,1; 9,6)
	Прав.	7,2 (5,1; 9,9) *	5,8 (3,6; 7,5) * ^	7,5 (5,2; 10,1) *	5,9 (3,6; 7,2) * ^	9,1 (7,7; 10,3)
Примечание: *- p<0,05 достоверность различий по отношению к данным в контрольной группе; ^- p<0,05 достоверность различий по отношению к данным в группе пациентов с АГ с нормальными дневными/ночными показателями ДАД по данным СМАД						

У пациентов с повышением среднедневных значений ДАД отмечалось значимое удлинение ЛП пика N2, а также уменьшение межпиковой амплитуды N2/P3 в сравнении с группой пациентов, имевших нормальные значения данного показателя и группой контроля.

Удлинение ЛП пиков N2 и P3 и снижение межпиковой амплитуды N2/P3 у пациентов с нормальными значениями среднедневного и средненочного САД и ДАД по сравнению с группой контроля, возможно, является следствием уже имеющихся структурно-функциональных изменений сердечно-сосудистого русла при АГ.

Заключение

Проведенное исследование позволило установить, что повышение среднедневных значений САД и средненочных показатели САД и ДАД у пациентов с АГ влияет на состояние когнитивных функций. Об этом свидетельствует снижение объема оперативной памяти, скорости когнитивных процессов и уровня направленного внимания по данным акустических КВП Р300.

Увеличение ЛП пиков N2 и P3, а также уменьшение межпиковой амплитуды N2/P3 у пациентов с нормальными значениями среднедневных и средненочных показателей САД и ДАД по сравнению с группой контроля может являться следствием сформировавшихся ранее структурно-функциональных изменений при АГ.

Список литературы

1. Хасанова Д.Р., Житкова Ю.В., Гаспарян А.А. и др. // Практическая медицина. 2017. № 2. С. 56-62.
2. Парфенов В.А. Когнитивные расстройства. Москва, 2014.
3. Iadecola C. // Hypertension. 2016. № 68. P. 67-94.

МЕТОД БИОАКУСТИЧЕСКОЙ КОРРЕКЦИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ УСТРОЙСТВА КОМПЬЮТЕРИЗИРОВАННОГО «СИНХРО-С»

ЗОБНИНА Г.В., ОВСЯНКИНА Г.И.

ГУ «Республиканский научно-практический центр неврологии и нейрохирургии»

Ключевые слова: биоакустическая коррекция, ЭЭГ, синхронизация

В области нейрофизиологических исследований ведется поиск эффективных средств восстановления нарушенных функций мозга. Предпочтение отдается немедикаментозным методам, основанным на адекватных «физиологичных» воздействиях.

В Физиологическом отделе им. И.П. Павлова ФГБУ НИИ экспериментальной медицины (Санкт-Петербург) разработан метод биоакустической коррекции (БАК) функционального состояния головного мозга. Сущность метода БАК заключается в активации естественных процессов регулирования физиологических функций, которые в норме осуществляются произвольно, но оказались подавлены в результате неблагоприятного сочетания факторов внешней среды и индивидуально-личностных особенностей. Активация процессов саморегуляции осуществляется за счет акустической стимуляции согласованной с текущей биоэлектрической активностью мозга. Предъявление музыкальных звуков, параметры которых согласованы с показателями ритмической структуры ЭЭГ и синхронны с событиями биоэлектрической активности мозга, создает уникальные условия адаптивной стимуляции, позволяющей активировать деятельность регуляторных структур мозга и, таким образом, способствовать эффективному восстановлению функционального состояния ЦНС (1,2,3,5).

Ранее показано, что применение метода БАК в комплексной медицинской реабилитации у больных с органическими поражениями головного мозга способствует восстановлению когнитивных функций, снижению тревожности и нормализации параметров ЭЭГ (4).

В РНПЦ неврологии и нейрохирургии метод биоакустической коррекции применялся с целью государственной регистрации в Министерстве здравоохранения РБ «Устройства компьютеризированного «Синхро-С» в комплексном лечении 25 пациентов с различной неврологической патологией, а также у группы детей с аутизмом.

Показаниями для применения метода являлось наличие у пациентов неврологического профиля, проходящих курс лечения в РНПЦ неврологии и нейрохирургии, сопутствующих невротических состояний, психоэмоционального напряжения, нарушения сна неорганической природы, астенического синдрома, синдрома хронической усталости и др. Во время проведения процедуры пациент пребывает в собственном психологическом пространстве, которое создается сочетанием мерцающего света и музыки. АВС полностью загружает слуховой и зрительный каналы восприятия, ориентируя пациента на собственные переживания и впечатления, а не на окружающий мир. Биоэлектрическую активность головного мозга регистрировали в точках Fp1, Fp2, T3, T4, O1, O2 (по системе 10-20) относительно объединенного ушного электрода с частотой дискретизации 250 Гц. Преобразование ЭЭГ в акустический образ осуществлялось на основе операции согласования значений периодов колебаний ЭЭГ с множеством звуковых сэмплов, где каждому периоду колебаний ЭЭГ в диапазоне от 1 до 30 Гц соответствовал звуковой сэмпл с определенной частотой основного тона. Отношения частот основных тонов звуковых сэмплов соответствовали темперированному музыкальному строю, что придавало акустическому образу ЭЭГ выраженный музыкальный характер. Все регистрируемые каналы ЭЭГ преобразовывались в звук одновременно и независимо друг от друга. Полученные звуки микшировались и предъявлялись через головные телефоны согласно стороне регистрации ЭЭГ. Продолжительность сеанса составляла от 20 до 25 минут.

В отличие от известных методов ЭЭГ-зависимой обратной связи, в методе БАК не выделяются узкие частотные диапазоны, но одновременно отображается все разнообразие ритмики ЭЭГ. При данном преобразовании звуковой образ ЭЭГ приобретает полифонический характер и имеет выраженные эмоциогенные свойства.

Полученный таким образом акустический сигнал отображает частотно-временные и пространственные параметры ЭЭГ, что способствует качественному мониторингу функционального состояния головного мозга.

До и после проведения курса процедур проводилась оценка объективной (врачом-исследователем) и субъективной клинической симптоматики (оценка пациентом) заболевания.

Для количественной оценки состояния пациента использовались: тестирование тревожности по шкале Спилбергера-Ханина, по шкале тревоги Тейлора (по Норакидзе), диагностика речевых нарушений у детей, компьютерная ЭЭГ (таблица 1).

Таблица 1.

ПАРАМЕТР	ОЦЕНКА ПО КРИТЕРИЮ УИЛКОКСОНА	РЕФЕРЕНТНОЕ ЗНАЧЕНИЕ
Оценка тревожности по шкале Спилбергера-Ханина	до лечения 38,1±4,9 после лечения 31,4±3,2	30-45 баллов При P<0,05
Оценка тревожности по шкале Тейлора (по Норакидзе)	до лечения 10,1±1,1 после лечения 6,8,1±1,6	0-5 баллов При P<0,05
Компьютерная электроэнцефалограмма	КЭЭГ до лечения 0,16±0,3 после лечения 0,06±0,28	
Обследование речи дошкольников с ЗПР Коненковой И.Д.	до лечения 20,42±0,38 после лечения 16,17±0,75	4 балла
Диагностика речевых нарушений у детей 4-7 лет с аутизмом Гребень С.А.	до лечения 20,42±0,38 после лечения 16,17±0,75	23 балла
CARS	до лечения 20,42±0,38 после лечения 16,17±0,75	19 баллов

Установлено, что у пациентов после курса лечения отмечается снижение психоэмоционального напряжения, улучшается настроение, контроль над эмоциями. В ходе процедур БАК происходит нормализация показателей биоэлектрической активности головного мозга: увеличивается индекс альфа-ритма, он приобретает структурированность, достоверно уменьшается соотношение мощности тета-ритма к бета-ритму в лобных отделах мозга, снижается уровень межполушарной асимметрии.

Процедура удовлетворительно переносилась, побочных и отрицательных реакций не выявлено.

Таким образом, устройство компьютеризованное «Синхро-С» может эффективно применяться для лечения невротических, соматоформных и связанных со стрессом расстройств, комплексном лечении зависимостей, для профилактического воздействия при эмоциональных и психосоциальных нагрузках, нормализации сна, повышении внимания, работоспособности в условиях лечебно-профилактических учреждений широкого профиля, а также у детей с задержкой психоречевого развития.

ЛИТЕРАТУРА

1. Федотчев А.И. ЭЭГ-реакции человека на прерывистые световые воздействия разной частоты / А.И. Федотчев, А.Г. Бондарь // Успехи физиологических наук. – 1990. – N 1. – С. 97– 98.
2. Константинов К.В., Сизов В.В. Мирошников Д.Б. Патент на изобретение №2192777 «Способ биоакустической коррекции психофизиологического состояния организма» приоритет от 7.04.2000. Зарегистрирован 20.11.2002.
3. Константинов К.В., Трушина В.Н., Яковлев Н.М., Клименко В.М. Модуляция функциональной активности слухового и зрительного анализаторов в условиях прослушивания акустического об-

- раза ЭЭГ височного и затылочного отведений. Рос. Физиол. Журн. Им. И.М. Сеченова. 2009, Т. 95, № 1, с. 87-95.
4. Константинов К.В., Грицышина М.А., Нефедова Г.Э.. Восстановление когнитивных функций у больных с органическими поражениями головного мозга в комплексной медицинской реабилитации. Клиническая медицина, 2012, №5, с. 36-39.
 5. Mas-Herrero E, Ripollés P, HajiHosseini A, Rodríguez-Fornells A, Marco-Pallarés J. Beta oscillations and reward processing: Coupling oscillatory activity and hemodynamic responses. Neuroimage. 2015 Oct 1;119:13-9.

УДК 616.8-009.17:616.24-008.4

ПРИМЕНЕНИЕ ПОРТАТИВНОЙ ПОЛИСОМНОГРАФИИ В СКРИНИНГЕ РЕСПИРАТОРНЫХ НАРУШЕНИЙ ПРИ МИАСТЕНИИ

О.В. ГАЛИЕВСКАЯ, Т.Г. ГВИЦ, С.А. ЛИХАЧЕВ, Ю.Н. РУШКЕВИЧ

Государственное учреждение «Республиканский научно-практический центр неврологии и нейрохирургии»

Аннотация. Описаны результаты использования портативной полисомнографии у пациентов с миастенией гравис в качестве скринингового исследования для выявления дыхательных нарушений.

Ключевые слова: миастения гравис, дыхательные нарушения, полисомнография.

Abstract. The results of the use of a portative polysomnography in myasthenia gravis patients as a screening research for identification of respiratory failures are described.

Keywords: myasthenia gravis, respiratory failure, polysomnography.

Введение

Миастения гравис (МГ) – аутоиммунное заболевание, которое характеризуется образованием аутоантител к различным компонентам синапса скелетной мускулатуры и проявляется патологической мышечной утомляемостью, в том числе и дыхательной мускулатуры, поражение которой встречается до 30% случаев [1].

Теоретический анализ

Дыхательные нарушения (ДН) при МГ являются актуальной проблемой, так как обусловлены сложностью диагностики на ранних этапах в связи с латентным характером преимущественно во время ночного сна [2-4]. Своевременно проведенное полисомнографическое (ПСГ) исследование позволяет выявить респираторные нарушения на субклиническом уровне, что необходимо для адекватной коррекции лечения. Целью данной работы было провести анализ функции дыхания пациентов с миастенией гравис во время ночного сна с использованием портативной полисомнографии.

Методика

ПСГ была выполнена 25 пациентам с МГ без жалоб на нарушения дыхания. Среди обследованных было 7(28%) мужчин и 18(72%) женщин, медиана возраста составила 55[32;66] лет, мин/макс возраст – 21/85 лет, индекс массы тела 26,1[22,9;27,7], мин/макс – 18,6/36. Среди обследованных было 24(96%) пациента с генерализованной формой миастении и 1(4%) с глазной формой. Среди пациентов с генерализованной формой было 15(62,5%) человек с бульбарными нарушениями и 9(37,5%) без них. По степени тяжести пациенты распределились следующим образом: с классом тяжести 1 выявлен один (4%) пациент, 2а – один (4%), 2б – два (8%), 3а – шесть (24%), 3б – восемь (32%), 4а – два (8%), 4б – пять (20%).

Экспериментальная часть

Диагностика проводилась с помощью портативного полисомнографа Polymate YH-1000C (ВМС, Китай). Изучались респираторные индексы: апноэ/гипопноэ индекс (АНИ – в норме до 5 – количество эпизодов апноэ и гипопноэ в течение одного часа во время сна) и индекс десатурации (ОДИ – в норме до 5) – количество эпизодов апноэ в течение одного часа сна со снижением сатурации на 4% и более. Также проводился анализ средней сатурации (SpO₂ mean – в норме более 95%) – среднее значение уровня насыщения гемоглобина артериальной крови кислородом за время сна и минимальная (SpO₂ min – в норме более 90%) – минимальное ее значение за время сна.

Статистическая обработка данных проводилась с помощью программы STATISTICA 10, результаты представляли в виде медианы, 25-го и 75-го перцентилей.

Результаты и их обсуждение

Полисомнография была выполнена 25 пациентам с МГ. Во время исследования было выявлено повышение АНІ у большинства обследованных - 14(56%) пациентов. Медиана составила 5,3[2,0;8,8], мин/макс 0,3/22,9. Все пациенты были с генерализованной формой МГ (с бульбарными нарушениями 9(64%) пациентов и 5(36%) без них). Легкое повышение АНІ выявлено у 10 пациентов (71%) и умеренное у четырех (29%). Повышение АНІ от легкого до умеренного выявлено более чем у половины обследованных пациентов с МГ, из них примерно 2/3 пациентов оказались с бульбарными нарушениями.

Повышение ODI было выявлено у 17(68%) обследованных пациентов. Медиана – 5,8[4,2;8,4], мин/макс 1,3/15,7. 16(94%) пациентов было с генерализованной формой и 1(6%) с глазной формой МГ. Среди пациентов с генерализованной формой 9(56%) с бульбарными нарушениями и 7(44%) без них. Повышение ODI было выявлено более чем в половине случаев и преимущественно у пациентов с бульбарными нарушениями.

SpO2 min снижена у 24(96%) пациентов, медиана 78%[64;84] мин/макс 31/90. Выявлено 23(96%) пациента с генерализованной формой и 1(4%) с глазной формой МГ. Среди пациентов с генерализованной формой у 14(61%) были бульбарные нарушения и у 9(39%) их не было. У 10(42%) пациентов выявлено легкое снижение минимальной сатурации, умеренное у 8(33%), выраженное у 6(25%).

SpO2 mean снижена у 10(40%) пациентов, медиана 95%[94;96] мин/макс 93/98. Все пациенты были с генерализованной формой, из них 6(60%) пациентов с бульбарными нарушениями и 4(40%) без них, у всех выявлены легкие нарушения. Снижение SpO2 min выявлено в подавляющем большинстве случаев и в 40% случаев выявлено снижение SpO2 mean, при этом чаще данные изменения наблюдаются у пациентов с бульбарными нарушениями, что говорит о нахождении этой категории в зоне риска по развитию ДН.

Заключение

При проведении скрининга ДН у пациентов с МГ без жалоб на нарушение дыхания было выявлено повышение респираторных индексов у большинства обследованных пациентов на фоне снижения SpO2 mean у 40% обследованных и SpO2 min в 96% случаев. Выявленные расстройства указывают на предрасположенность пациентов с МГ к развитию нарушений дыхания во сне (особенно при наличии у них бульбарных нарушений) и приводят к бытовой и социальной дезадаптации, а также ухудшают качество сна и жизни пациентов с МГ [5].

Список литературы

1. Sleep Disordered Breathing Mimicing Myasthenia Crisis in a Patient with Myasthenia Gravis. Lai YC, Chen JY, Wu HD et al.//Journal of clinical sleep medicine. 2016; 12(5): 767–769. doi: 10.5664/jcsm.5816.
2. Sleep-disordered Breathing in Neuromuscular Disease. Guilleminault C, Shergill RP.// Curr Treat Options Neurol. 2002 Mar;4(2):107-112.
3. Pulmonary function screening. Gelinas DF. Semin Neurol.//2003 Mar;23(1):89-96.
4. Is there any relationship between quality of life and polysomnographically detected sleep parameters/disorders in stable myasthenia gravis. Tascilar NF, Saracli O, Kurcer MA, Ankarali H, Emre U.//Acta Neurol Belg. 2017 Apr 29. doi: 10.1007/s13760-017-0787-6.
5. Major motor-functional determinants associated with poor self-reported health-related quality of life in myasthenia gravis patients. Cioncoloni D, Casali S, Ginanneschi F, Carone M, Veronica B, Rossi A, Giannini F.//Neurol Sci. 2016 May;37(5):717-23. doi: 10.1007/s10072-016-2556-3. Epub 2016 Apr 1.

УДК [616.853+616.89-008.43]:616.8-07

ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ ДЛИТЕЛЬНОГО ЭЭГ-МОНИТОРИНГА В ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОЙ ДИАГНОСТИКЕ ЭПИЛЕПТИЧЕСКИХ ПРИПАДКОВ И ПСИХОГЕННЫХ НЕЭПИЛЕПТИЧЕСКИХ ПРИСТУПОВ.

ВЕЕВНИК Е. В., ЛИХАЧЁВ С. А., СВИНКОВСКАЯ Т. В., МАЛЬГИНА Е. В.

*РНПЦ неврологии и нейрохирургии**ул. Ф. Скорины, 24, Минск, 220114, Республика Беларусь**Поступила в редакцию*

Аннотация. Проанализированы результаты обследования пациентов с эпилепсией и психогенными неэпилептическими приступами с использованием длительного ЭЭГ мониторинга и стандартных ЭЭГ. Проведение длительного ЭЭГ мониторинга продемонстрировало эффективность в уточнении наличия, индекса и локализации эпилептиформной активности при эпилепсии и при проведении дифференциального диагноза с ПНЭП. В 39 % случаев обследованных с эпилепсией специфическая эпилептиформная активность была выявлена впервые в сравнении со стандартными ЭЭГ в динамике. В дифференциальной диагностике ПНЭП оценивались данные проведенных исследований, анамнеза и семиологии приступов.

Ключевые слова: эпилепсия, психогенные неэпилептические приступы, длительный ЭЭГ мониторинг, стандартная ЭЭГ.

Abstract. We analyzed results of examination of the patients with epilepsy and psychogenic non-epileptic seizures (PNES) using prolonged EEG monitoring and standard EEG recording. Prolonged EEG monitoring demonstrated an efficacy in revealing epileptiform activity, assessing its index and localization in patients with epilepsy and while conducting differential diagnosis with PNES. In 39% of the patients with epilepsy specific epileptiform activity was revealed for the first time after repeated negative standard EEG. While conducting differential diagnosis of PNES we took into account results of studies, history, and semiology of attacks.

Keywords: epilepsy, psychogenic non-epileptic seizures, prolonged EEG monitoring, standard EEG.

Введение

Основным диагностическим нейрофизиологическим исследованием при эпилепсии являются различные методики электроэнцефалографии (ЭЭГ). Диагностическая значимость стандартной интериктальной ЭЭГ находится в диапазоне от 25% до 50%, при этом у некоторых пациентов с эпилепсией специфическая эпилептиформная активность вообще не регистрируется [1]. Длительный мониторинг ЭЭГ (ДМЭ) повышает диагностическую чувствительность метода и подразделяется на амбулаторный (холтер ЭЭГ) и видео ЭЭГ-мониторинг. Продолжительность ДМЭ для регистрации пароксизмального события составляет, в среднем, от 2 до 3-7 дней [2]. ДМЭ применяется для уточнения локализации эпилептогенного очага, диагноза при разных типах приступов, в том числе психогенных неэпилептических приступов (ПНЭП), пароксизмальных состояниях в период сна. ПНЭП вызывают значительные диагностические трудности, поскольку проявляются так же, как эпилептические приступы, но при этом не являются таковыми и требуют совершенно иной тактики ведения.

Материалы и методы:

Обследовано 68 пациентов, находящихся на обследовании в РНПЦ неврологии и нейрохирургии. В соответствии с установленным впоследствии диагнозом, они были разделены на несколько подгрупп: 44 человека с изолированной истинной эпилепсией (в 39 случаях – фармакорезистентной), 24 – с ПНЭП. Средний возраст обследованных составил 30,0±9,2лет, в группе было 55 женщин и 24 мужчины.

ЭЭГ проводилась с использованием электроэнцефалографа «Нейрософт» (Россия). 16-канальная запись регистрировалась при стандартных условиях: частотная полоса биопотенциалов мозга – 0,5 - 40 Гц, постоянная времени – 0,3 с. Electroды накладывались по международной системе "10-20". ЭЭГ проводилась при закрытых глазах в состоянии пассивного бодрствования. Исследование включало запись ЭЭГ покоя и регистрацию ответов на стандартные функциональные нагрузки (реакция на открывание и закрывание глаз, 3-х минутная гипервентиляция, фотостимуляция). Проводился визуальный анализ ЭЭГ.

ДМЭ проводили с использованием системы с 19 каналами ЭЭГ, а также дополнительными каналами (1 – глазные движения и 1 – ЭКГ), производства Nicolet, США. Electroды располагались в соответствии с международной системой расположения электродов 10-20.

Для регистрации во время ДМЭ эпизодов, характер которых требовал уточнения, использовали самоотчет пациента, отчет наблюдателя и видеозапись. Длительность обследования составила 21,7±3 часов, при наличии показаний исследование проводилось в динамике несколько раз.

Степень тяжести нарушений биоэлектрической активности (БЭА) оценивалась по классификации Е.А. Жирмунской и В.С. Лосева. Полученные данные были классифицированы по типам согласно общепринятым классическим представлениям.

Результаты.

Среди пациентов с эпилепсией интериктальная ЭЭГ I типа – лёгкая дезорганизация коркового ритма в пределах допустимой нормы – была зарегистрирована в 10 случаях (22,7 %). У 4 пациентов – ЭЭГ V типа – дезорганизованный тип ЭЭГ с преобладанием тета- и дельта-активности, у 30 человек – IV тип ЭЭГ (дезорганизованный с преобладанием альфа-активности).

У 14 пациентов (31,8 %) были выявлены изменения неэпилептического характера (признаки межполушарной асимметрии, региональные замедление корковой активности, билатерально-синхронные вспышки альфа- либо тета-диапазона). В 3 (6,8 %) случаях регистрировались вспышки билатерально-синхронной активности альфа- либо тета-диапазона как проявления дисфункции неспецифических срединных структур головного мозга. Периодическое региональное замедление биоэлектрической активности регистрировалось в 9 (20,5 %) случаях, в 2 случаях – в виде билатерально-синхронных высокоамплитудных вспышек тета-активности в лобно-центральных отведениях.

По степени выраженности нарушений БЭА ЭЭГ были распределены следующим образом: ни в одном случае не было идеально нормальной ЭЭГ, в 10 случаях (22,7 %) – диффузные изменения в виде легкой дезорганизации коркового ритма, в 30 (68,2 %) случаев – регистрировались умеренные изменения, в 4 (9,1 %) – выраженные.

У 21 (47,7%) пациента зарегистрированы интериктальные эпилептиформные изменения.

ДМЭ был проведен 28 пациентам из 44. В 9 случаях при проведении ДМЭ специфическая эпилептиформная активность у пациентов была выявлена впервые. Это составило 39 % от количества пациентов (23 человека) с эпилепсией без эпилептиформной активности на стандартных ЭЭГ в динамике. В 6 случаях эпилептиформная активность выявлялась только во время ночного сна. У 8 (28,6 %) пациентов из 28 во время ДМЭ был зарегистрирован приступ.

У пациентов с ПНЭП нормальная ЭЭГ I типа была зарегистрирована в 17 (51,2%) случаях. У 1 пациентки регистрировался гиперсинхронный вариант (II тип) ЭЭГ, дезорганизованный вариант с преобладанием альфа-активности (IV тип) – в 6 случаях. У 2 (8,3 %) пациентов были выявлены специфические эпилептиформные интериктальные изменения.

Распределение по степени нарушений БЭА: в 2 (8,3%) случаях – идеальная норма, в 15 (62,5 %) – легкая дезорганизация коркового ритма, в 1 (4,2 %) случае – выраженные диффузные изменения, в 6 (25 %) случаях – умеренно выраженные изменения.

Впоследствии ДМЭ был проведен 21 (87,5 %) пациенту с ПНЭП (некоторым из них – неоднократно). Интериктальная активность преимущественно в период ночного сна была зарегистрирована ещё у 1 пациентки. Всего эпилептиформные изменения наблюдались у 3 человек, у 1 из них – в том числе и во время пароксизмального события. Также у 1 пациентки с изолированными ПНЭП была зарегистрирована региональная активность в период ночного сна в виде редуцированных комплексов, напоминающих «острая волна – медленная волна», которая не была впоследствии расценена как клинически значимая с учётом анамнеза и клинических проявлений.

В 9 (37,5 %) случаях из 21 были зарегистрированы пароксизмальные события, не сопровождавшиеся ни эпилептиформной активностью на ЭЭГ во время приступа, ни какими-либо изменениями ЭЭГ до и после «приступа», характерными для эпилептических приступов (замедление либо увеличение частоты, изменение амплитуды, пароксизмальные изменения частоты сердечных сокращений и т.п.). Во всех остальных случаях специфических эпилептиформных изменений зарегистрировано не было.

Заключение

Проведение ДМЭ продемонстрировало свою эффективность в уточнении наличия, индекса и локализации эпилептиформной активности при эпилепсии и при проведении дифференциального диагноза с ПНЭП. В 39 % случаев в нашей подгруппе обследованных с эпилепсией специфическая эпилептиформная активность была выявлена впервые в сравнении со стандартными ЭЭГ в динамике. Регистрация ЭЭГ во время приступа позволила сопоставить электроклинические и нейровизуализационные данные, что особенно важно для принятия решения о возможности проведения оперативного вмешательства по поводу эпилепсии. В

дифференциальной диагностике ПНЭП оценивались в комплексе данные проведенных исследований, анамнеза и семиологии приступов. Роль ДМЭ при этом является ведущей, поскольку считается «золотым стандартом» в диагностике данного типа приступов [3].

Список литературы

1. H. Luders. (2008) Textbook of Epilepsy surgery, UK: Informa UK Ltd.
2. Losey TE, Uber-Zak L. Time to first interictal epileptiform discharge in extended recording EEGs.
3. J Clin Neurophysiol. vol.25, no 6, pp. 357-60.
4. K. Kanemoto et. al. (2017) PNES around the world: where we are now and how we can close the diagnosis and treatment gaps – an ILAE PNES Task Force report . Epilepsia Open 2 (3): 307-316

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СОВРЕМЕННЫХ ОДНОМЕСТНЫХ БАРОАППАРАТОВ БЛКС 303 МТ В МНОГОПРОФИЛЬНОЙ КЛИНИКЕ

Г.Д. СИТНИК¹, В.И. КОЗЫРО², В.Ф. МЕЛЬНИК², А.Г. ФЕДОРОВ²

¹ Белорусская медицинская академия последипломного образования

² Республиканский госпиталь МВД РБ

Гипербарическая оксигенация приобретают все большее распространение и являются важным компонентом лечения пациентов с самой различной патологией в различных медицинских учреждениях. Представлены техническое описание, принцип работы и возможности барокамер БЛКС-303 МТ. Внедрение бароаппаратов позволило значительно оптимизировать и повысить эффективность лечения многопрофильного клинического учреждения.

Ключевые слова: барокамера БЛКС-303 МТ, метод лечения, технические характеристики, многопрофильное лечебное учреждение, гипоксия, адаптация, режимы баротерапии

Введение

Гипербарическая оксигенация (ГБО) - высокоэффективный метод лечения чистым медицинским кислородом под повышенным давлением. При этом увеличивается растворение кислорода в крови, и, обильно обогащенная кислородом кровь поступает ко всем органам и тканям. В результате этого ликвидируется гипоксия, то есть патологическое состояние, наступающее при недостаточном снабжении тканей организма кислородом, которое развивается практически при всех острых и хронических заболеваниях.

В процессе лечения происходит:

- нормализация обменных процессов;
- усиление действия таких групп препаратов, как диуретики, антибиотики, антиаритмические и многих других;
- подавление жизнедеятельности патогенных микроорганизмов;
- стимулирование выработки организмом антиоксидантов - веществ, отвечающих за нормальную функцию клеток, органов и систем, увеличивающих продолжительность жизни;
- стимуляция иммунитета.

Применение ГБО способствует улучшению кровоснабжения, питания в тканях даже после однократного сеанса, однако стойкая нормализация наступает, как правило, при последующих сеансах и в конце курса лечения.

Гипербарическая оксигенация с успехом применяется в различных областях медицины для лечения и профилактики.

Основная часть

Отделение ГБО (гипербарической оксигенации) является структурным подразделением госпиталя МВД, оказывающим высококвалифицированную лечебно-профилактическую помощь пациентам госпиталя, а также гражданам РБ и иностранным гражданам. В отделении развернуты две барокамеры БЛКС - 303 МТ.

Бароаппарат "БЛКС 303 МК" - наиболее распространенная система, применяемая для лечения пациентов методом ГБО в медицинских организациях Беларуси. В республике, во всех лечебных учреждениях эксплуатируется 84 аппарата данной модели.

Одноместная барокамера предназначена для проведения лечебных сеансов методом гипербарической оксигенации, основанном на воздействии чистого кислорода на организм пациента, размещаемого в барокамере в условиях избыточного давления.

Встроенная громкая связь дает возможность получения информации о самочувствии пациента в процессе сеанса.

Лучшие весогабаритные характеристики БЛКС-303МК создают благоприятные условия и для ее размещения и перемещения. Сочетание уникальных технологий с конструктивными особенностями замка крышки и высокой прочностью материалов корпуса определяет высокую *надежность* баросистемы.

Электропожаробезопасность обеспечивается отсутствием внешних источников питания; переговорное устройство работает от батарей напряжением 9В.

Избыточное давление может быть обеспечено нагнетанием как кислорода, так и воздуха.

Конструкция системы предусматривает возможность подключения внешних устройств (диагностической аппаратуры и систем жизнеобеспечения пациента).

Система включает в себя барокамеру, блок управления и контроля, основание, прикатную тележку и ложе с матрасом для пациента.

В состав баросистемы БЛКС-303 МК входит монитор для ГБО-терапии Б-001, портативный, который обеспечивает контроль физиологических параметров пациента и физических параметров среды в барокамере, статистики по загрузке барокамеры, ведение картотеки пациентов с использованием справочников.

Барокамера БЛКС-303МК отличается повышенной комфортностью, имеет увеличенный внутренний объем с большими иллюминаторами, что способствует адаптации пациента к условиям замкнутого пространства, пациентов с избыточным весом.

Барокамера БЛКС-303МК удобна для санитарной обработки и в перемещении. Сочетание уникальных космических технологий с конструктивными особенностями замка крышки и высокой прочностью материалов корпуса определяет высокую надежность барокамеры БЛКС-303МК.

Основные противопоказания для ГБО:

- нарушение проходимости евстахиевых труб и каналов, соединяющих придаточные пазухи носа с внешней средой (полипы, воспалительные процессы в носоглотке, среднем ухе, придаточных пазухах носа, аномалии развития);
- судорожный синдром (эпилепсия) в анамнезе;
- стойкая плохо корригирующаяся артериальная гипертензия (АД выше 160/90);
- наличие замкнутых полостей (каверны, абсцессы, воздушные кисты в легких);
- не дренированный пневмоторакс;
- полисегментарная двусторонняя пневмония;
- острые респираторные заболевания;
- повышенная чувствительность к кислороду;
- клаустрофобия (боязнь замкнутого пространства).

В отделении баротерапии пролечены около 700 пациентов с различной патологией со следующими диагнозами.

- Неврология: ишемический инсульт, черепно-мозговые травмы (острый и поздний восстановительный периоды), энцефалопатии, дорсопатии.
- Оториноларингология: внезапная глухота, сенсорная тугоухость.
- Офтальмология: нарушения кровообращения сетчатки, диабетическая ретинопатия.
- Травматология: медленно консолидирующиеся переломы, остеомиелиты, остеопорозы.
- Эндокринная система: сахарный диабет и его осложнения.
- Гепатология: острый и хронический гепатит, цирроз, печеночная недостаточность.
- Болезни желудочно-кишечного тракта: язвенная болезнь желудка и двенадцатиперстной кишки.
- Сосудистые заболевания: облитерирующие заболевания сосудов, трофические язвы в результате нарушения кровообращения.

Сеансы ГБО проводились в одноместной терапевтической барокамере «БЛКС-303 МК» согласно методики в режиме 0,03 МПа длительностью около 60 минут и включали в себя «продувку» (замещение воздуха в камере кислородом) в течение 5 минут, компрессию (в течение 10 – 15 минут), изопрессию (в течение 40 минут), плановую декомпрессию (до 10 минут). После сеанса пациенты наблюдались еще 20 минут работниками барозала

Курс лечения состоял из 6-8 сеансов. Перед курсом лечения проводится первый пробный сеанс, во время которого выявляется переносимость пациентом данного метода лечения.

Все сеансы проходили под постоянным наблюдением обученного и аттестованного высококвалифицированного медицинского персонала.

Эффективность лечения составила от 75 до 93%, в зависимости от вида патологии.

Заключение

Применение гипербарической оксигенации в комплексном лечении различной патологии является патогенетически обоснованным, хорошо переносимым методом лечения, имеет относительно малое количество противопоказаний и побочных эффектов. Позволяет повысить качество и эффективность оказания медицинской помощи в многопрофильных клинических учреждениях, оптимизировать терапию пациентам как стационара, так и на амбулаторно-поликлиническом уровне. Полученные нами результаты дают возможность рекомендовать этот метод пациентам с заболеваниями различного профиля.

Список литературы

1. Петровский Б. В., Ефуни С. Н., Демуров Е. А., Родионов. В. В. Гипербарическая оксигенация и сердечно-сосудистая система — М.: «Наука», 1987. 287с.
2. Козыро В.И., Сняк Э.П., Кашицкий Э.С., Ситник Г.Д. Целесообразность включения гипербарической оксигенации в комплексное лечение системных воспалительных реакций. Фундаментальные и прикладные аспекты воспаления: материалы Международной конференции (27-28 октября 2011). Минск: Экономпресс, 2011:234-23
3. Козыро В.И., Ситник Г.Д., Кашицкий Э.С., Сняк Э.П., Терехова И.Г. Основные достижения применения баротерапии. Медэлектроника-2014. Средства медицинской электроники и новые медицинские технологии. Сб. науч. статей 8-ой междунар. науч.-техн. конф. (10-11 декабря 2014). Минск. БГУИР. 2014. С.375-376.

УДК 796.035

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВЫСОКОКЛАССНЫХ КРЕСЕЛ С ФУНКЦИЕЙ 3Д МАССАЖА В САНАТОРНО-КУРОРТНОЙ ПРАКТИКЕ

Г.Д. СИТНИК¹, Г.В. ЗОБНИНА³, И.Е. ЛУКОШКО², Г.А. ПЕТЛИЦКИЙ², М.Е. ТАРАСОВА², Ю.И. ЛУКОШКО³

¹ Белорусская медицинская академия последипломного образования

² Санаторий «Магистральный»

РНПЦ неврологии и нейрохирургии, Ф. Скорины, Минск, 220081, Беларусь

Многофункциональные кресла с функцией 3Д массажа приобретают все большее распространение и являются важным компонентом лечения пациентов с самой различной патологией в санаторно-курортных учреждениях. Представлены техническое описание, принцип работы и возможности массажного кресла BODRO SD 2106G. Внедрение комплекса позволило значительно оптимизировать и повысить эффективность работы санаторно-курортного учреждения.

Ключевые слова: кресла с функцией 3Д массажа, санаторно-курортные учреждения, оптимизация лечебного процесса, вертеброгенная люмбаишиалгия, режимы и виды массажа, акупунктурные точки, теплотерапия.

Введение

В санаторно-курортной практике применяются самые различные методы лечебного воздействия. Наряду с традиционными, общепринятыми методиками, в последнее время все большее распространение приобретают современные, высококлассные устройства, разработанные с учетом достижений высоких технологий. Использование их при оздоровительных, лечебных и реабилитационных воздействиях в санаториях и профилакториях позволяет значительно

повысить эффективность санаторно-оздоровительных мероприятий. Одним из путей решения данной проблемы является использование в условиях санатория специальных массажных кресел.

В настоящее время многофункциональные кресла с функцией 3Д массажа используются в таких санаториях, как «Магистральный», «Берестье», «Ислочь», «Озерный», «Ченки», «Радон», «Березина», «Лесные озера», а также в 1-ой клинической больнице и 26-й городской поликлинике г. Минска.

Основная часть

Наибольшее распространение в санаторно-курортных учреждениях республики получили запатентованные массажные кресла, обеспечивающие глубокий и эффективный роликовый, разминающий, точечный и постукивающий массаж в области шеи, спины, талии и в зоне ног.

Нами использовалось массажное кресло BODRO SD 2106G, идеально подходящее для оборудования кабинетов физиотерапии в санаториях.

Основные характеристики:

1. Интеллектуальный массажный механизм бесшумно движется вверх и вниз, тестирует тело пациента перед началом сеанса массажа и индивидуально регулирует точки массажного воздействия, положение плеч.
2. Имеется два режима управления: автоматический и ручной.
3. 3 основные автоматические программы: «снятая усталость», «облегчающая боль», «комфортная».
4. Сочетание следующих приемов массажа в области спины: разминание, поколачивание, постукивание, надавливание, синхронное разминание и поколачивание.
5. Массажные зоны: шейно-плечевой отдел, спина, руки, ноги, стопы, работа с позвоночником и суставами.
6. Функция вытяжения позвоночника позволяет расправить и вытянуть межпозвоночные диски
7. Ручной режим обеспечивает возможность самостоятельного выбора вида массажа, его интенсивность, скорость и область воздействия.
8. Возможность изменения скорости массажа (3 уровня).
9. Возможность регулировать ширину воздействия роликов: широкая, средняя, узкая.
10. Кресло имеет специальные отделения для массажа рук, которые оснащены воздушными подушками.
11. Массаж нижней части тела (массаж ягодиц, бедер, икр, голеней и акупунктурный массаж стоп). Функция воздушно-компрессионного массажа нижней части тела обеспечивается воздушными подушками, с изменяющейся интенсивностью надавливания.
12. Функция теплотерапии поясницы и ступней ног.
13. Стимулирование акупунктурных точек в области стоп встроенными массажными головками.
14. Функция автоматического массажа продолжительностью от 10 до 30 минут с возможностью индивидуальной пошаговой установки таймера.
15. Угол наклона спинки 100-180 градусов, угол наклона подставки для ног 0-90 градусов.
16. Эргономичный внутренний дизайн; спинка S-формы, обеспечивающая правильный массаж.
17. Максимальная нагрузка на кресло 110 кг.

Варианты выбора вида массажа и их сочетаний предусмотрены на пульте дистанционного управления.

1. Разминающий массаж: ритмичный интенсивный растирающий расслабляющий массаж. Особенно подходит для расслабления скованных мышц.
2. Точечный массаж: дает ощущение массажа кулаками, подходит для снятия напряжения в мышцах.
3. Постукивающий массаж: имитирует постукивающие ладони массажиста, пульсируя, снимает напряжение в мышцах.
4. Разминающий + точечный массаж: прекрасное полноценное сочетание растирающего и точечного массажа.
5. Надавливающий массаж: имитирует большие пальцы профессионального массажиста, надавливающие на специальные точки, особенно хорош для избавления от мышечной боли.
6. Общий массаж: роликовый массаж по всей спине для растяжки мышц.

Полный курс массажа с комбинированием всех режимов — разминающего, точечного, надавливающего, разминающего + точечного и постукивающего массажей — обеспечит полный массаж спины.

Система управления предусматривает следующие функции:

1. Регулировка скорости: возможны пять вариантов скоростей для разминающего, точечного, надавливающего, разминающего+точечного, постукивающего или общего массажа. Выбранный режим скорости высвечивается на дисплее пульта дистанционного управления.
2. Регулировка амплитуды: возможны три различные ширины области массажа для точечного, надавливающего и постукивающего режимов массажа.
3. Настройка положения роликов: регулируется положение роликов вверх/вниз для осуществления массажа в определенных точках.
4. Воздушно-компрессионный массаж (регулируется как при ручном, так и автоматическом режиме управления)

Нами пролечено 78 пациентов, находившихся в санатории «Магистральный», направленных на санаторный этап реабилитации с диагнозом «вертеброгенная люмбоишиалгия». Длительность заболевания от 1 года до 10 лет. Средний возраст пациентов 46 лет. Болевой синдром слабо выраженный, рефлекторно-тонический синдром – умеренный. Всем назначался курс лечения из 8-9 сеансов. Параметры лечебных сеансов: угол наклона спинки кресла 150 градусов; массаж всей спины с комбинированием режимов — разминающего, точечного, надавливающего и постукивающего; воздушно-компрессионный массаж нижней части тела (ягодиц, бедер, икр, голей и акупунктурный массаж стоп); теплотерапия поясницы и ступней ног, программа «облегчающая боль».

Эффективность лечения составила 97,4% (по результатам оценки уменьшения болевого синдрома и увеличения объема движений в пояснично-крестцовом отделе позвоночника).

Заключение

Применение многофункциональных кресел с функцией 3Д массажа является патогенетически обоснованным, относительно несложным, хорошо переносимым методом лечения, имеет малое количество противопоказаний и побочных эффектов. Позволяет повысить качество и эффективность оказания медицинской помощи в санаторных учреждениях, оптимизировать терапию пациентам с вертеброгенной люмбоишиалгией. Полученные нами результаты дают возможность рекомендовать этот метод, в том числе и на санаторно-курортном этапе лечения, пациентам с остеохондрозом позвоночника.

Список литературы

1. Дубровский В.И., Дубровская А.В. Лечебный массаж: учебник М.: МЕДпресс - информ, 2009. - 384 с.
2. Каторкин С.Е. Эффективность методов клинической биомеханики в диагностике и лечении пациентов с сочетанной патологией венозной и опорно-двигательной систем нижних конечностей // Вестник экспериментальной и клинической хирургии.-2015.-Т.8,№1(26).-С 32-37.3.Корюхин М.А., Фещенко Д.Е., Москаленко И.С. Комплексное применение лечебного массажа, мануальной терапии и психокоррекции в реабилитации больных с остеохондрозом поясничного отдела позвоночника. // Международный научный журнал «Символ науки» №05-2017.- С 186-189.
4. Перегудова Н.В. Физиологическое действие массажа. // Международный научный журнал «Инновационные науки» №02-2/2017.- С 212-214.
5. Ходаров С.В. Принципы и методы лечения больных с вертеброневрологической патологией. Ростов-на-Дону. 2001. 608с.

УДК 616.12-005.4:[615.814.1+615.849.19

ЛАЗЕРОПУНКТУРА В КОМПЛЕКСНОМ ЛЕЧЕНИИ У ПАЦИЕНТОВ С ИШЕМИЧЕСКОЙ БОЛЕЗНЬЮ СЕРДЦА

Л.В.ПОДСАДЧИК, А.П.СИВАКОВ, С.М.МАНКЕВИЧ, Т.И. ГРЕКОВА

ГУО «Белорусская медицинская академия последипломного образования»

Аннотация: Методы лазеропунктуры и надвенного лазерного облучения предложены для лечения пациентов со стенокардией. Использование лазеропунктуры способствует улучшению течения заболевания и метаболических показателей.

Ключевые слова: лазеропунктура, стенокардия, лечение

Abstract: Methods of laser puncture and transdermal laser blood irradiation therapy were proposed to treat patients with angina pectoris. Laser therapy contributes to the improvement of symptoms of the disease and metabolic indices.

Keywords: laser puncture, angina pectoris, treatment

Введение. Ишемическая болезнь сердца (ИБС) - заболевание, занимающее ведущие позиции по частоте смертности среди взрослого населения во всех цивилизованных странах мира. Заболевание возникает в связи с ухудшением питания миокарда, при нарушении кровообращения в коронарных артериях. В современной классификации выделяют острые и хронические формы патологии. Клиническая картина заболевания проявляется болевым синдромом за грудиной, области желудка, лопатки, левой руке, плече, нижней челюсти, может сопровождаться ощущением жжения, появлением одышки, головокружения, усиленного потоотделения, слабости, ощущения тревоги и паники.

Факторами риска возникновения и ухудшения течения ИБС являются пожилой возраст, мужской пол, генетические факторы, ожирение и характер распределения жира в организме, наличие сахарного диабета, вредные пищевые привычки, курение, низкая двигательная активность, потребление алкоголя. Вероятность развития коронарной болезни сердца возрастает при увеличении числа факторов риска.

Современные подходы к консервативному лечению хронических вариантов течения ИБС предполагают модификацию образа жизни пациента с учетом факторов риска и индивидуально подобранную схему медикаментозной терапии. Однако, эффективность лекарственной терапии может снижаться, что создает необходимость использования методов, повышающих эффективность применяемых лекарственных средств. Профилактика возникновения и оптимизация методов лечения, способствуют улучшению течения заболевания и уменьшению осложнений и смертности у пациентов.

Методы рефлексотерапии оказывают положительное влияние на клиническое течение заболевания, снижают вероятность спазма коронарных артерий, оказывают седативное действие, положительно влияют на лабораторные показатели липидного и углеводного обмена, оказывают антисклеротическое действие у пациентов с ИБС[1].

Используются классические методы восточной традиционной медицины и физиопунктурные методы – воздействие на точки акупунктуры лазерным лучом. Метод лазеропунктуры (ЛПП) отличается безболезненностью, хорошей переносимостью у пациентов, оказывает выраженный терапевтический эффект у пациентов со стенокардией [2].

Целью исследования явилось изучение влияния лазеропунктуры на течение стенокардии у пациентов.

Материалы и методы: под наблюдением находились 46 пациентов со стенокардией напряжения, функциональный класс I-II. Для контроля состояния пациентов использовалась велоэргометрическая проба и электрокардиография. На фоне базового медикаментозного лечения проводилась лазеропунктура. Лечение проводилось на аппарате «Люзар МТ» с мощностью излучения 15 мвт. С целью антиспазматического действия использовался «инфракрасный» лазер на точки VG11, V15, V44, VG4, VC11, MC4, MC6, E36, E40 (на процедуру 6 - 8 АТ). Для улучшения показателей липидного, углеводного обмена, влияния на эндокринную систему воздействие проводилось также инфракрасным излучением, использовались АТ - RP 3, 6, 9, 15; E36, 40, 19, 20; VC 12, 13; TR 5, 8; MC 6, 5; V 20, 21; F 3, 13, 14. Экспозиция воздействия на АТ 40-50 с, на аурикулярные точки 96, 97, 95, 87, 88, 22, 28, 34, 55, 101, 104 воздействие осуществлялось по 10 с. Всем пациентам после пунктурного воздействия проводилось надвенное лазерное облучение «инфракрасным» лазером в течение 15 минут. На курс лечения 7-12 процедур, ежедневно.

Результаты. После лечения у всех пациентов отмечалось улучшение состояния – снижение частоты болевых приступов, нормализация сна, работоспособности. Отмечалось повышение толерантности к физической нагрузке, нормализация показателей ЭКГ, улучшение показателей углеводного и липидного обмена – небольшое снижение уровня глюкозы крови, уровня общего холестерина, липопротеинов низкой плотности. Все пациенты отмечали улучшение состояния, уменьшение проявления вегетативных клинических симптомов.

Выводы. Использование метода лазеропунктуры в лечении пациентов со стенокардией способствует улучшению течения заболевания и профилактике тяжелых сердечно-сосудистых осложнений.

Литература

1. Гаваа Лувсан. Традиционные и современные аспекты восточной рефлексотерапии.–М.:–Наука.–1986.–576с.
2. В.Е. Илларионов. Техника и методики процедур лазерной терапии. - М. : Центр, 2001. - 174 с.

УДК 616.89-008.42-085.814.1-048.34

ОПТИМИЗАЦИЯ ЛЕЧЕНИЯ ПСИХОСОМАТИЧЕСКИХ РАССТРОЙСТВ МЕТОДАМИ РЕФЛЕКСОТЕРАПИИ

С.М. МАНКЕВИЧ, А.П. СИВАКОВ, В.А. ЛУКАШЕВИЧ, Л.В. ПОДСАДЧИК, Т.И. ГРЕКОВА

Белорусская медицинская академия последипломного образования,

Аннотация. В статье представлены результаты лечения пациентов с соматоформной вегетативной дисфункцией (СВД) с применением метода краниоаурикулярной электронеурорефлексотерапии. Оценка эффективности проводилась в комплексе с психологическим тестированием: шкала самооценки тревоги Шихана, шкала депрессии Бека, шкала субъективной оценки выраженности вегетативных симптомов. Результаты психологического тестирования выявляют снижение уровня тревоги на 51%, депрессии на 37%, показателей вегетативных нарушений до слабовыраженных (1-2 балла), что позволяет оценить данный метод как перспективный и рекомендовать в лечебную практику.

Ключевые слова: соматоформная вегетативная дисфункция, краниоаурикулярная электронеурорефлексотерапия.

Abstract. This article presents the results of treatment 40 patients somatoform autonomic dysfunction (SAD) were treated by method craniouricular electric neuroreflexotherapy. Conclusions: the revealed leading dynamics of the regression of signs according to The Scale of Anxiety (by 51%), The Scale of Depression (by 37%) and the decrease of vegetative disorders till the mild level (1-2 scores) let consider this method as perspective one and recommend it for medical practice.

Keywords: somatoform autonomic dysfunction, craniouricular electric neuroreflexotherapy.

Введение

Данные статистического исследования указывают на значительный рост психосоматических нарушений в структуре невротических расстройств. Эффективное лечение пациентов с данной патологией является предметом интересов врачей различных специальностей, что предполагает разработку новых подходов и оптимизацию методов рефлексотерапии [1].

Теоретическая часть

Устойчивая аккумуляция эмоционально-аффективных, психовегетативных нарушений отмечается у пациентов с соматовегетативными дисфункциями, расстройством адаптации. Нередко соматоформные расстройства сопровождаются тревожной и (или) депрессивной симптоматикой. Иногда выявляется связь с неприятными жизненными событиями, трудностями и конфликтами [2].

Так как в структуре центральной нервной системы лимбико-ретикулярный комплекс играет ведущую роль в регуляции аффективной сферы и поведения, функций вегетативной нервной системы и иннервируемых ею органов для лечения соматоформных расстройств нами предложена методика рефлексотерапии активации лимбико-ретикулярных структур через воздействие на проек-

ционную зону коры мозга (линия MS 5 краниопунктурной системы) и зон соответствия на поверхности ушной раковины - краниоаурикулярная электронейрорефлексотерапия (ЭНРТ) [3].

Цель исследования – разработка и оценка эффективности метода краниоаурикулярной ЭНРТ в лечении пациентов с соматоформной вегетативной дисфункцией (СВД).

Материалы и методы

Под наблюдением находились 40 пациентов психосоматического отделения с диагнозом: соматоформная вегетативная дисфункция (рубрика F 45.3 МКБ-10), которые в основной группе распределялись следующим образом: подгруппа 1 - СВД сердца и сердечно-сосудистой системы (F45.30) - 10 человек; подгруппа 2 - СВД желудочно-кишечного тракта (F45.31 и F45.32) - 10 человек; подгруппа 3 - СВД дыхательной системы (F45.33) - 10 человек. [4] Контрольная группа - 10 человек: по 2 человека с F45.31, F45.32 и по 3 - F45.30, F45.33. Средний возраст составлял 35,5(23-48) лет. Из них: мужчин-6(15%), женщин-34(85%). Длительность заболевания колебалась от 1 до 1,5 лет.

Все пациенты с первого дня получали лечение в соответствии с утвержденными Протоколами. С седьмого дня терапии пациентам основной группы присоединяли краниоаурикулярную ЭНРТ. Воздействие проводилось на программно-аппаратном комплексе «Кадр-16А». Электродами являлись акупунктурные иглы, одна из которых вводилась в зону линии скальпа MS5 (средняя линия вертекса) между точками акупунктуры VG20,21. Эта зона соответствует проекции лимбико-ретикулярного комплекса на скальп. Показаниями для воздействия на эту зону являются: неврозы, психозы, вегетативные нарушения. Второй электрод: (1-3) акупунктурные иглы располагался в области заинтересованных зон поверхности ушной раковины (АТ 34,28,26а,31,55,100,51,82,87), которые выбирались под контролем аурикулярного тестирования. Через 2 процедуры краниоаурикулярная методика чередовалась с биаурикулярной. Параметры электротерапии включали: биполярный импульсный ток с формой импульса «спайк-волна», воспроизводящий потенциал действия элементов нервной ткани с проработкой резонансных частот: 2,5;6,3;10;18;25;125;146Гц с экспозицией по 2 минуты. Количество процедур - 8-10.

Оценка эффективности краниоаурикулярной ЭНРТ проводилась в начале лечения, на 14-й и 21-й день госпитализации и включала динамику клинических проявлений заболевания в комплексе с психологическим тестированием: шкала самооценки тревоги Шихана, шкала депрессии Бека, шкала субъективной оценки выраженности вегетативных симптомов: сердцебиение, потливость, покраснение, тремор.

Результаты и их обсуждение

Исходно у всех пациентов обнаруживались умеренные психоэмоциональные расстройства (тревожность, субдепрессивный фон настроения, патологическая фиксация на своем здоровье, мнительность, повышенная утомляемость, неудовлетворенность ночным сном, раздражительность, рассеянность, колебания аппетита) и выраженные вегетативные реакции (сердцебиение, потливость, покраснение, тремор, мимолетные боли, жжение, тяжесть, «ком в горле» и др.). Непосредственной связи с определенной психотравмирующей ситуацией выявлено не было.

Через две недели от начала лечения и недели проведения ЭНРТ выявлялись намечающиеся различия в динамике редукции симптомов контрольной и основных подгрупп. Непосредственное количество и разнообразие жалоб уменьшилось, стала снижаться интенсивность патологических ощущений. После завершения курса ЭНРТ на 21-й день комплексного лечения отмечалось дальнейшее снижение проявлений заболевания в основной и контрольных группах наблюдения, но с заметным отставанием по динамике регресса в контрольной группе, что коррелировало с результатами психологического тестирования (таблица 1,2,3).

Табл.1. Шкала самооценки тревоги Шихана

Период наблюдения	Контрольная группа	F45.30	F45.31, F45.32	F45.33
Начало лечения	41,9	42,1	41,8	43,5
14-й день	34,8	31,4	30,9	32,8
21-й день	27,3	22,1	19,4	20,9

Примечание: целью лечения должно быть достижение уровня тревоги ниже 20 баллов.

Табл.2. Шкала депрессии Бека

Период обследования	Контрольная группа	F45.30	F45.31, F45.32	F45.33
Начало лечения	17.8	17.3	17.6	17.9
14-й день	15.2	12.7	13.0	13.9
21-й день	13.9	10.2	11.4	11.8

Примечание: целью лечения должно быть достижение уровня депрессии ниже 10 баллов. Уровень депрессии выше 19 баллов считается клиническим нарушением.

Табл.3. Шкала субъективной оценки пациентом выраженности вегетативных симптомов:

1- сердцебиение, 2- потливость, 3- покраснение, 4- тремор

Период обследования	Контр. группа				F45.30				F45.31, F45.32				F45.33			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Начало лечения	4.2	4.6	4.3	4.5	4.7	4.9	4.5	4.5	3.4	4.1	3.1	3.9	4.2	4.9	3.8	4.8
14-й день	3.8	3.7	3.5	3.7	3.9	3.2	3.2	3.6	2.6	3.1	2.2	2.5	3.4	3.4	2.1	3.5
21-й день	2.7	2.4	1.8	2.1	1.9	1.3	0.7	1.1	0.3	0.4	0.1	0.6	2.1	1.1	0.7	0.4

Примечание: 0- отсутствие симптома, 1-2 – слабовыраженный симптом, 3-4 – умеренно выраженный симптом, 5- максимально выраженный симптом.

Так, по шкале самооценки тревоги Шихана на 14-й день лечения, включая проведение 4-5 процедур ЭНРТ, тревожность снизилась во всех группах наблюдения: в контроле - на 17%, в 1-ой основной - на 25%, во 2-ой - на 26%, в 3-ей - на 24,6%. Снижение тревожности в основных подгруппах на 8,2% опережало контрольную. На 21-й день лечения положительная динамика улучшилась, и закрепился достигнутый результат. Так, если в контрольной группе тревожность снизилась на 34,9%, то в основных подгруппах соответственно на 47,5%, 53,6%, 52%, что в среднем опережало показатели в контроле на 16,1%. Причем у больных с симптоматикой желудочно-кишечных (подгруппа 2) и респираторных (подгруппа 3) СВД уровни тревоги снизились до нормальных показателей.

Оценка состояния пациентов по шкале депрессии Бека выявила в контроле снижение уровня депрессии на 14-й и 21-й дни лечения на 14,6% и 21,9%. В основных подгруппах на 14-й день депрессивная симптоматика снижалась более эффективно: соответственно на 25,7%, 26% и 22%, что на 10% опережало контроль. Тестирование на 21-й день лечения выявило регресс депрессии в основных подгруппах соответственно на 41%, 35%, 34%, что на 15,6% опережало показатели контроля.

Вегетативные проявления (сердцебиения, потливость, гиперемия, тремор) по усредненным показателям шкалы снижались на 14-ый день до умеренно выраженных (3-4 балла) и максимально - на 21-ый день лечения при всех формах СВД, достигая в основных подгруппах слабовыраженного характера (1-2 балла).

Заключение

Разработанный метод краниоаурикулярной ЭНРТ значительно повышает эффективность лечения больных СВД. Результаты психологического тестирования выявляют снижение уровня тревоги на 51%, депрессии на 37%, показателей вегетативных нарушений до слабовыраженных (1-2 балла), что позволяет оценить данный метод как перспективный и рекомендовать в лечебную практику.

Список литературы

1. Александер Ф. Психосоматическая медицина. М. 2006, 352с.
2. Бройтигам В., Кристиан П., Рад М. Психосоматическая медицина. - Краткий учебник. М.:ГЭОТАР МЕДИЦИНА,1999,376с.
3. Самосюк И.З., Лысенюк В.П. Акупунктура: Медицинская энциклопедия.-М.:АСТ-Пресс.2004.-526с.
4. МКБ-10. Классификация психических и поведенческих расстройств. СПб.:АДИС,1994
УДК 616.74/75-009.7: [615.814.1+615.837

ПРИМЕНЕНИЕ УДАРНО-ВОЛНОВОЙ РЕФЛЕКСОТЕРАПИИ В ЛЕЧЕНИИ МИОФАСЦИАЛЬНЫХ БОЛЕВЫХ СИНДРОМОВ

Т.И. ГРЕКОВА, А.П. СИВАКОВ, С.М. МАНКЕВИЧ, Л.В. ПОДСАДЧИК

Белорусская медицинская академия последипломного образования

Аннотация. В статье представлены результаты лечения пациентов с миофасциальным болевым синдромом с применением ударно-волновой рефлексотерапии, акупунктуры. Методики лечения описаны. Для определения интенсивности болевого синдрома была использована визуальная аналоговая шкала. Было показано, что применение метода ударно-волновой рефлексотерапии более эффективно в лечении миофасциального болевого синдрома.

Ключевые слова: ударно-волновая рефлексотерапия, акупунктура, миофасциальный болевой синдром.

Abstract. This article presents the comparative research of different methods of therapy (shockwave therapy, acupuncture) patients with myofascial pain syndrome. The proposed therapeutic modalities are described. The visual analogue scale was used for determine the pain activity. It was shown that application of the shockwave therapy is more effective in patients with myofascial pain syndrome.

Keywords: shockwave therapy, acupuncture, myofascial pain syndrome

Введение

Проблема миофасциального болевого синдрома на сегодняшний день остается одним из фундаментальных вопросов медицины. По данным исследователей миофасциальный болевой синдром (МФБС) занимает ведущее место среди основных болевых синдромов в медицинской практике.

Теоретическая часть

МФБС – болевой синдром, характеризующийся мышечной дисфункцией с формированием болезненных уплотнений в пораженных мышцах. Важнейшими патогенетическими звеньями МФБС являются: возникновение остаточного напряжения мышцы, искажение проприоцептивной информации, исходящей от гипертонической мышцы, снижение порога возбудимости афферентного звена, нарушение кальциевого обмена, вторично возникающие нарушения микроциркуляции. Таким образом, острая или хроническая перегрузка мышцы приводит к микроповреждению тканей, в результате чего высвобожденный внутриклеточный кальций инициирует и поддерживает мышечное сокращение, которое служит источником боли. Накопление медиаторов воспаления в свою очередь поддерживает рефлекторное сокращение мышцы. Формируется порочный круг боли с участием микроповреждения, локального воспаления и мышечного спазма. В создавшихся условиях происходит формирование триггерных точек, патогномичных для МФБС [1]. Учитывая выраженность и длительность МФБС, ограничение физической активности, недостаточную эффективность монотерапии МФБС, исследуется эффективность новых реабилитационных направлений в лечении МФБС.

В последнее время одним из наиболее перспективных направлений в лечении МФБС является применение ударно-волновой терапии (УВТ). Ударно-волновая терапия является методом выбора при неуспешности консервативного лечения и подразумевает метод терапии акустическими ударными волнами на ткани организма. Ударные волны (УВ, Shockwave — англ.) по своей природе являются акустическими и имеют низкую частоту. УВ кардинально отличаются от звуковых волн других источников высокой амплитудой энергии и коротким импульсом. УВ не задерживаются мягкими тканями и не повреждают их, но разрушают кальцификаты, оссификаты и другие акустически плотные образования. Ударно-волновая рефлексотерапия – метод воздействия акустическими ударными волнами на точки акупунктуры (ТА). К основным механизмам УВТ относятся: увеличение метаболизма в месте применения; резорбция в сухожилиях отложений кальция, на которые оказывалось воздействие; снижение болезненности; стимуляция периферических нервных волокон, которые активируют болеподавляющие механизмы в задних рогах спинного мозга; освобождение биологически активных веществ, блокирующих развитие боли; стимуляция выброса эндорфинов, снижающих местную восприимчивость к боли; воздействие УВ на мембраны клеток, в результате которого реализуется обезболивающее действие акустических волн; переход хронического воспаления в острое, распознаваемое и преодолеваемое организмом самостоятельно [2,3,4,5].

Целью данной работы является оценка эффективности купирования МФБС трапециевидной мышцы методом ударно-волновой рефлексотерапии по визуальной аналоговой шкале (ВАШ).

Материалы и методы

Проведено лечение 30 пациентов в возрасте 35-65 лет (9 мужчин и 21 женщина) с МФБС трапецевидной мышцы (М 79) на базе клинического центра традиционной восточной медицины УЗ «10-я городская клиническая больница». Длительность МФБС варьировала от 2 до 5 лет. Все пациенты симптоматически получали нестероидные противовоспалительные средства. Клинические методы исследования включали сбор жалоб, анамнез, осмотр и мышечное тестирование.

Пациенты были разделены на 3 группы. В первой группе (10 пациентов) получали УВТ от аппарата «Radialspes», дающий радиальное распространение ударной волны. Воздействие проводилось по следующей схеме: на заинтересованные ТА (IG 15, IG 14, IG 13, IG 12, TR 15, V 41, V 42, V 43, V 44, PC 29) синь-ши, А-ши точки (триггерные точки) проводилась УВТ с частотой 5 Hz по 100 ударов на каждую точку. Среднее количество избранных (наиболее болезненных) точек акупунктуры 7-10. Затем проводилось динамическое воздействие по ходу волокон трапецевидной мышцы, а также по линии прикрепления данной мышцы к оси лопатки с частотой 15Hz. Общее количество ударов 2400. Интервал между процедурами 2 дня. Среднее количество проведенных процедур 8-10.

Во второй группе (10 пациентов) получали классическое иглоукалывание и прогревание следующих точек акупунктуры: IG 15, IG 14, IG 13, IG 12, IG 3, TR 15, V 41, V 42, V 43, V 44, PC 29 синь-ши, А-ши точки (триггерные точки). Воздействие проводилось по второму тормозному методу. В лечение включалось воздействие на следующие аурикулярные точки: АТ37, АТ41, АТ39, АТ55, АТ13, АТ51[6].

В третьей группе (10 пациентов) получали ЛФК, фонофорез с гидрокортизоновой мазью.

Результаты и их обсуждение

Для оценки результатов исследования была использована визуальная аналоговая шкала (ВАШ), эффективность купирования болевого синдрома отражена в таблице.

Динамика оценки выраженности болевого синдрома по шкале ВАШ

Группы	До лечения	После лечения
1 группа (n=10)	8.2±0.12	3.4±0.13
2 группа (n=10)	8.1±0.11	4.2±0.14
3 группа (n=10)	7.8±0.13	5.9±0.12

$p < 0,05$ – достоверность различий по сравнению с основной группой.

В результате проведенного лечения существенная положительная динамика разной степени выраженности была отмечена во всех исследуемых группах. Наиболее выраженная положительная динамика была отмечена в группе, получавшей УВТ, заключающейся в уменьшении степени выраженности болевого синдрома (на 59%), уменьшение тонического напряжения (особенно в верхней порции трапецевидной мышцы); во второй группе, получавшей классическое иглоукалывание и прогревание ТА, болевой синдром уменьшился на 48%. У пациентов 1-ой и 2-ой групп кроме того улучшилось эмоциональное состояние, работоспособность, сон. Наименее выраженные результаты были отмечены в третьей группе, получавшей фонофорез и ЛФК – болевой синдром уменьшился на 24%.

Заключение

Полученные данные позволяют сделать вывод о преимуществах применения УВТ в восстановительном лечении пациентов с МФБС трапецевидной мышцы и рекомендовать ударно-волновую рефлексотерапию в лечении МФБС.

Список литературы

1. Симонс Д.Г., Тревелл Ж.Г., Симонс Л.Р. Миофасциальные боли и дисфункции, руководство по триггерным точкам. 2-е издание. – М. Медицина, в 2-х томах // Пер. с английского. – 2005. – 1192с.
2. Булах О.А., Филатов Е.В. Ударно-волновая терапия при плечелопаточном периартрите. -Саратовский научно-медицинский журнал 2014; 10(4): 872-878.
3. Литвиненко А. С., Добровольский О. Б., Куршев В. В., Веселова Л. В., Дятчина Г. В. Влияние экстракорпоральной ударно-волновой терапии на динамику болевого синдрома у спортсменов при заболеваниях опорно-двигательного аппарата // Спортивная медицина. - 2014- №2 - С.32-41
4. Bannuru R.R. High-Energy Extracorporeal Shock-Wave Therapy for Treating Chronic Calcific Tendinitis of the Shoulder // Annals of Internal Medicine. – 2014. – № 8. – P. 542

5. Gur A., Koca I., Karagullu H. et al Comparison of the Efficacy of Ultrasound and Extracorporeal Shock Wave Therapies in Patients with Myofascial Pain Syndrome: A Randomized Controlled Study // Journal of Musculoskeletal Pain. – 2013. – Vol. 21. – P. 210-216.
6. ГавааЛувсан. Традиционные и современные аспекты восточной медицины. – М., АО «Московские учебники и Картолиитография». – 2000. – 400с.

УДК 539.232

УСТОЙЧИВОСТЬ АНОДНОГО ОКСИДА АЛЮМИНИЯ К ИОНИЗИРУЮЩИМ ИЗЛУЧЕНИЯМ

С.А. БИРАН, Д.А. КОРОТКЕВИЧ, А.В. КОРОТКЕВИЧ, В.А. ПЛЕШКИН

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники

Аннотация. Проведены исследования влияния ионизирующих излучений на конденсаторные структуры на основе анодного оксида алюминия. В качестве образцов для исследования использовали алюминиевую подложку, покрытую диэлектрическим слоем оксида алюминия, на поверхности которого магнетронным распылением сформирована верхняя обкладка конденсатора из алюминия. Установлены зависимости емкости и диэлектрических потерь конденсаторных структур от дозы и типа излучения.

Ключевые слова: ионизирующее излучение, анодный оксид алюминия, анодирование.

Abstract. Effects of ionizing radiation on capacitor structures based on anodic alumina are investigated. The samples used for the research: aluminum substrate coated with a dielectric layer of aluminum oxide on the surface of which is formed by magnetron sputtering upper plate of capacitor. Relations of capacitance and dielectric losses of capacitor structures on the dose and types of radiation are established.

Keywords: ionizing radiation, anodic alumina, anodizing

Введение

В настоящее время в медицине находят широкое применения приборы, содержащие в своей конструкции различные источники ионизирующих излучений. Поэтому важным аспектом при разработке медицинского оборудования является использование материалов устойчивых к ионизирующим излучениям.

Механические и электрические свойства диэлектрических материалов сильно зависят от дозы и типа ионизирующего излучения. После облучения во всех материалах наблюдается образование радиационно-стимулированных дефектов структуры, из-за чего возрастает проводимость, и, следовательно, наблюдается рост величины тангенса угла диэлектрических потерь. Последнее сильно зависит от температуры, концентрации примесей и дефектов, структуры диэлектрика и вида поляризации [1].

Методика исследования

Образцы для исследования представляли собой конденсаторные структуры Al-Al₂O₃-Al. В качестве основания использовали подложку из алюминия марки А0 толщиной 1 мм покрытой слоем оксида толщиной 50 мкм, верхний слой – алюминиевая плёнка толщиной 1 мкм. Оксидные плёнки получали путём электролитического анодирования алюминия. Анодирование подложек проводили в растворе на основе щавелевой кислоты в гальваностатическом режиме при плотности тока 20 мА/см² и температуре электролита 20⁰С. В процессе электрохимического окисления подготовки находились в постоянном движении. Верхнюю плёнку алюминия формировали путём магнетронного распыления.

При помощи измерителя Е7-12 на полученных образцах производили исследование зависимости емкости и тангенса угла диэлектрических потерь от температуры. Измерение проводили в гелиевом криостате, диапазон температур составил от 4,2 до 300 К. Снятие характеристик проводили до и после облучения конденсаторных структур различными типами ионизирующих излучений. [2].

Экспериментальная часть и результаты

В качестве источника γ -излучения использовали изотоп Со⁶⁰ (энергия 1,3 МэВ). Суммарная доза после первого облучения составила $D_1 \approx 2 \cdot 10^{17}$ см⁻², после второго – $D_2 \approx 1 \cdot 10^{18}$ см⁻². После каждого облучения производили снятие зависимости емкости и тангенса угла диэлектрических потерь от температуры. На рисунке 1 представлены графики температурной зависимости электри-

ческой емкости и тангенса угла диэлектрических потерь в интервале температуры от 4,2 до 300 К для исследуемых образцов до и после облучения γ -квантами.

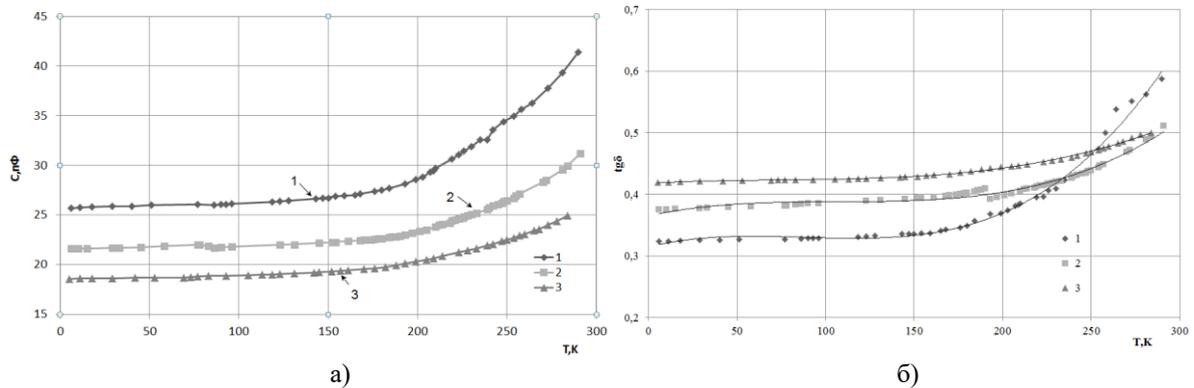


Рис. 1. Графики температурной зависимости электрической емкости (а) и тангенса угла диэлектрических потерь (б) для: 1 – необлученных, 2 - облученных γ -квантами дозой $D_1 \approx 2 \cdot 10^{17} \text{ см}^{-2}$, 3 – облученных γ -квантами дозой $D_2 \approx 1 \cdot 10^{18} \text{ см}^{-2}$

Из графиков на рисунке 1 видно, что после облучения величина емкости уменьшается на 20% во всём температурном диапазоне. Это может быть вызвано изменением диэлектрической проницаемости слоя анодного оксида алюминия, вследствие образования внутри диэлектрика радиационно-стимулированных центров, что привело к уменьшению поляризуемости. При температуре ниже 150 К величина диэлектрических потерь после первого облучения возрастает на 20%, а после второго на 30% относительно необлучённых образцов. При увеличении температуры доза облучения начинает слабо влиять на величину тангенса угла диэлектрических потерь.

В качестве источника α -частиц использовали ^{239}Pu (энергия 5 МэВ). Суммарная доза после первого облучения составила $D \approx 3,1 \cdot 10^{14} \text{ см}^{-2}$, после второго $D \approx 6,2 \cdot 10^{14} \text{ см}^{-2}$. После каждого облучения производили снятие зависимости емкости и тангенса угла диэлектрических потерь от температуры. На рисунке 2 представлены графики температурной зависимости электрической емкости и тангенса угла диэлектрических потерь в интервале температуры от 4,2 до 300 К для исследуемых образцов до и после облучения α -частицами.

Из графиков на рисунке 2 видно, что после первого облучения величина емкости меняется незначительно, а после второго облучения возрастает на 30%. Это свидетельствует об увеличении диэлектрической проницаемости слоя анодного оксида алюминия, вследствие накопления радиационно-индуцированного избыточного заряда на дефектах. У величины тангенса угла диэлектрических потерь наблюдается схожая зависимость: после первого облучения она практически не изменяется, после второго облучения увеличивается на 0,06 во всём температурном диапазоне.

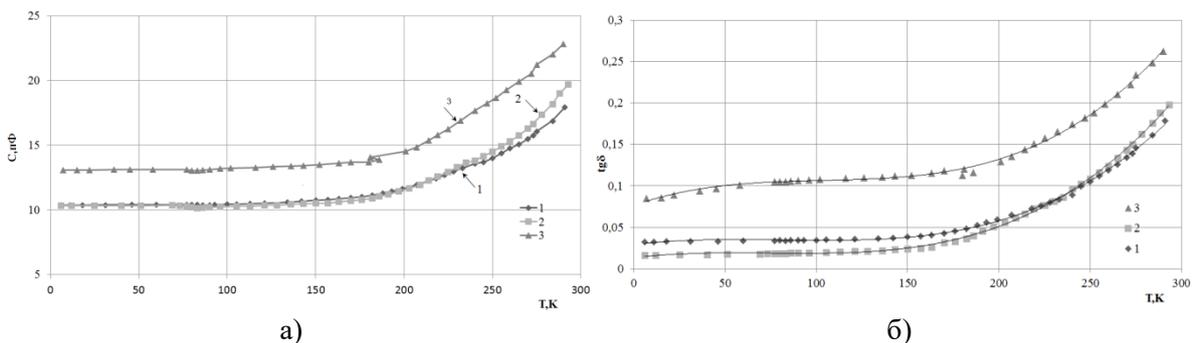


Рис. 2. Графики температурной зависимости электрической емкости (а) и тангенса угла диэлектрических потерь (б) для: 1 – необлученных, 2 - облученных α -частицами дозой $3,1 \cdot 10^{14} \text{ см}^{-2}$, 3 – облученных α -частицами дозой $6,2 \cdot 10^{14} \text{ см}^{-2}$

В качестве β -излучения использовали поток электронов с энергией 4 МэВ. Суммарная доза после облучения составила $2 \cdot 10^{16} \text{ см}^{-2}$. На рисунке 3 представлены графики температурной зависимости электрической емкости и тангенса угла диэлектрических потерь в интервале температуры от 4,2 до 300 К для исследуемых образцов до и после облучения электронами.

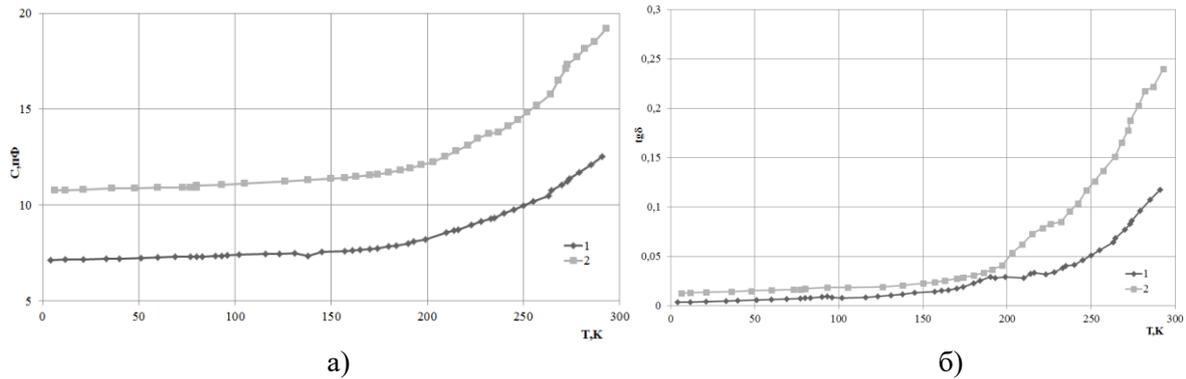


Рис. 3. Графики температурной зависимости электрической емкости (а) и тангенса угла диэлектрических потерь (б) для:

1 – необлученных, 2 - облученных электронами дозой $2 \cdot 10^{16} \text{ см}^{-2}$

Из графиков на рисунке 3 видно, что после облучения величина емкости увеличивается в среднем на 6 пФ, максимальное различие наблюдается при комнатной температуре. Температурная зависимость емкости облученных и необлученных образцов имеет одинаковый вид, что свидетельствует об отсутствии существенных изменений в структуре исследованных диэлектрических слоев. Температурная зависимость $\text{tg}\delta$ схожа с зависимостями, представленными ранее, для которых характерно плавное уменьшение величины при уменьшении температуры и стремление к постоянной величине при очень низких температурах, что характерно для керамических материалов, внутренняя структура которых не претерпевает коренных изменений. Увеличение тангенса угла диэлектрических потерь после облучения свидетельствует о появлении радиационных дефектов в структуре диэлектрика, вследствие чего возрастает проводимость.

Заключение

Облучение γ -квантами приводит к уменьшению величины диэлектрической проницаемости, вследствие чего уменьшается величина емкости конденсаторных структур на 20% при увеличении дозы облучения во всем диапазоне исследованных температур. Накопление радиационно-стимулированных дефектов в результате облучения γ -квантами способствует повышению диэлектрических потерь анодного оксида алюминия.

Облучение малыми дозами α -частиц приводит к незначительному увеличению как диэлектрических потерь, так и емкости исследованных образцов. Учитывая высокую ионизирующую способность α -частиц, их большую энергию (в нашем случае – 5 МэВ) можно сделать вывод, что конденсаторные структуры на основе анодного оксида алюминия обладают устойчивостью к α -излучению.

Облучение электронами с энергией 4 МэВ приводит к небольшому увеличению емкости и величины $\text{tg}\delta$. Учитывая это можно сделать вывод, что облучение электронами не вызывает ухудшение диэлектрических характеристик исследованных конденсаторных структур на основе анодного оксида алюминия.

Список литературы

1. Костюков, Н.С. ϵ и $\text{tg}\delta$ при облучении / Н.С. Костюков [и др.] // Диэлектрики и радиация/ под ред. Н.С. Костюкова. Книга 2. – М.: Наука, 2002. – С. 92–171.
2. Короткевич, А.В. Сопротивление тонкопленочных криорезисторов на подложках из анодированного алюминия / А.В. Короткевич, В.А. Плешкин, В.А. Сокол // Технология и конструирование в электронной аппаратуре.- 1997, N2, С. 16-18.

УДК 535.36, 535.41

ОЦЕНКА ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ КОЖНОЙ МИКРОГЕМОДИНАМИКИ МЕТОДАМИ ДОПЛЕРОВСКОЙ ФЛОУМЕТРИИ И СПЕКЛ-МЕТРИИН.Д. АБРАМОВИЧ¹, С.К. ДИК¹, Л.А. ВАСИЛЕВСКАЯ^{1,2}, И.И. ХЛУДЕЕВ^{1,3}¹Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники²Республиканский научно-практический центр неврологии и нейрохирургии³Белорусский государственный университет

Аннотация. Исследованы характеристики микроциркуляции крови в тканях человека посредством регистрации и анализа динамической спекл-картины. Предложены методические подходы для оценки полученных данных с целью верификации спекл-измерений с помощью широко используемой методикой доплеровской флоуметрии.

Ключевые слова: спекл-метрия, микроциркуляция крови, доплеровская флоуметрия.

Abstract. The characteristics of microcirculation of blood in human tissues were investigated by recording and analyzing a dynamic speckle pattern. Methodical approaches are proposed for evaluating the obtained data in order to verify speckle measurements using the widely used Doppler flowmetry technique.

Keywords : speckleometry, microcirculation, Doppler flowmetry.

Введение

Микроциркуляция – важный прогностический фактор для диагностики и лечения ряда заболеваний, таких как ишемия, атеросклероз, артрит, тромбоз и др. Характер микроциркуляции определяется преимущественно параметрами кровотока в артериолах, капиллярах и венах. Микроциркуляция играет важную физиологическую роль в обеспечении процессов оксигенации и обмена веществ в тканях, а также влияет, например, на оптические свойства кожи. Теоретическое моделирование и экспериментальные исследования динамики кровотока необходимы для диагностики и более глубокого анализа ряда заболеваний и патологий у человека с целью повышения качества лечения.

Описание методики

Известно, что при облучении рассеивающей среды и, в частности, биологической ткани когерентным светом в среде формируется спекл-структура, которая может использоваться для определения ряда характеристик биотканей, например, размеров ее частиц и скорости кровотока.

Аналитическая методика расчета характеристик интерференционной картины, формируемой многократно рассеянным светом в многослойной биологической ткани типа кожи человека на длинах волн видимого и ближнего инфракрасного диапазонов спектра при облучении лазером, описана в работах [1,2]. Она основана на известной связи между теорией когерентности светового поля в рассеивающей среде и теорией переноса излучения (ТПИ) [3].

При вычислениях полагали, что имеет место импульсное освещение поверхности среды при длительности импульса много меньше характерного времени перемещения рассеивающих центров. При моделировании использовали известные аналитические решения ТПИ [4] при представлении индикатрисы рассеяния в виде суммы функций, имеющих существенно различные угловые масштабы [5] для разделения суммарного излучения на когерентное и некогерентный фон.

При моделировании движения крови по сосудам учитывались следующие аномальные эффекты (реологические свойства) течения крови:

- 1) эффект Фареуса – зависимость гематокрита от диаметра сосуда, когда эритроциты сосредоточены вблизи оси течения, вследствие чего средняя скорость транспорта эритроцитов больше средней скорости течения крови в сосуде в целом;
- 2) существование безэритроцитного пристеночного слоя плазмы вблизи стенки сосуда;
- 3) тупой профиль скорости по сравнению с профилем течения Пуазейля;
- 4) эффект Фареуса–Линдквиста – зависимость вязкости крови от диаметра кровеносного сосуда.

Основываясь на двухфазной модели течения крови [6] и используя механику многофазных сред, кровь для математического моделирования исходно считаем двухфазной вязкой суспензией, состоящей из двух фаз: пристеночного и приосевого слоев плазмы с эритроцитами. В пристеночном слое концентрация эритроцитов равна нулю, а на оси достигает своего максимума. Используем единый вид уравнений для всего сечения сосуда и задаем произвольную функцию распределения эритроцитов по сечению сосуда. В модели не учитывается влияние деформации

эритроцитов и их агрегации в сосудах малого диаметра на локальный коэффициент вязкости, вращение эритроцитов, их поперечная миграция, а также и взаимодействие друг с другом.

Для решения уравнения переноса излучения (УПИ) в диффузионном приближении использовали временную автокорреляционную функцию (АКФ) диффузно отраженного света. АКФ описывается решением стационарного уравнения диффузии фотонов [7,8], в условиях сильного многократного рассеяния ($\lambda \ll l^* \ll L$, L – характерный размер образца). Для этого представили АКФ в виде $G_1 = G_1^{(0)} + G_1^{(s)}$, где $G_1^{(s)}$ – функция, описывающая влияние потока на корреляционную функцию («рассеянная» волна), $G_1^{(0)}$ – соответствие макроскопическому случаю. Решение найдено путем формального решения уравнения диффузии [9,10] и совпадает по форме с выражением для электромагнитной волны, рассеянной на диэлектрическом цилиндре [11]. Результаты были получены ранее другими методами [12–14], а также подтверждены экспериментально [12,13]. Отметим, что корреляционная функция не зависит от положения $\{x, y\}$ детектора на поверхности среды, не зависит от величины транспортной длины пробега фотона l^* .

Согласно теореме Винера–Хинчина, спектр мощности временных флуктуаций интенсивности получается путем преобразования Фурье от его автокорреляционной функции. Нормированная АКФ флуктуаций рассеянного поля (т.е. диффузионно-отраженного света) $g_1(t)$ связана с энергетическим спектром сигнала $S(w)$ как пара преобразования Фурье:

$$S(w) = \int_{-T}^T g_1(t) \Psi \exp(-j\omega t) dt = \int_{-T}^T \frac{G(t)}{G(0)} \Psi \exp(-j\omega t) dt \quad (1)$$

где $G(0)$ – максимум временной АКФ флуктуаций рассеянного поля;

$G(t)$ – величина временной АКФ флуктуаций рассеянного поля в момент времени t .

Для анализа спектра флуктуаций интенсивности использовали статистику второго рода. Дисперсия, или нулевой момент M_0 , равна средней мощности процесса, среднее значение которого равно нулю. Дисперсия связана со средней концентрацией $\langle C \rangle$ движущихся частиц в объеме выборки. Средняя частота спектра [15], или первый момент M_1 , пропорциональна среднеквадратической скорости V_{rms} движущихся частиц, умноженной на их среднюю концентрацию [16] (перфузия).

Для оценки объемной скорости потока используем нормированный спектральный момент или среднеквадратическую скорость движущихся частиц [17]:

$$V_{rms} = M_1 / M_0 = \frac{1}{2p} \int_{w_{min}}^{w_{max}} w \Psi S(w) dw / \frac{1}{2p} \int_{w_{min}}^{w_{max}} S(w) dw \quad (2)$$

Установлено, что для оценки состояния кожной микрогемодинамики могут быть достаточно эффективно использованы следующие параметры: средняя частота спектра; площадь, охватываемая спектром.

Экспериментальная часть

Функциональное состояние кожной микрогемодинамики (МГД) изучали неинвазивным спекл-оптическим методом с использованием устройства «Speckle-Scan». Устройство разработано и изготовлено в Белорусском государственном университете информатики и радиоэлектроники и представляет собой лазерную спекл-оптическую систему контроля микроциркуляции крови. С её помощью регистрировали и проводили расчет амплитудно-частотных характеристик спектров флуктуации интенсивности спекл-поля, образованного в результате рассеивания биологическими объектами лазерного излучения. Обработку полученных результатов проводили с помощью компьютерной программы в частотном диапазоне 40–1000 Гц с определением мощности спектра S , средней частоты спектра $\langle f \rangle$, коэффициента m_s , полосового коэффициента K_b , коэффициента асимметрии спектра A_s , соотношения $\langle f \rangle / A_s$.

Одновременно исследовали кожную микрогемодинамику с помощью ультразвуковой доплерографии (УЗДГ) с использованием прибора «Минимакс-Допплер-К». При анализе показателей УЗДГ по кривой средней скорости определяли скорости кровотока: V_{am} – средняя линейная скорость (см/с) и Q_{am} – средняя объемная скорость (мл/мин).

Данные, полученные УЗДГ и аппаратом «Speckle-Scan», сопоставлялись между собой и математической моделью распространения лазерного излучения в микрогемодиализаторном русле. Для сопоставления полученных данных с помощью обоих методов использовали математическую модель [1], написанную в программе MathCad. Глубина зондирования света в биоткань на длине волны $\lambda=628$ нм составляет 0.57 мм. Диаметр микрососуда составил около 200 мкм.

Спекл-оптическое и УЗДГ обследование кожей МГД у пациента проводили в положении сидя, на плечо накладывали манжетку манометра, приемно-осветительный датчик прибора располагали в области основания тыльной поверхности первого пальца кисти и измеряли исходный уровень кровотока в сосудах микроциркуляторного русла кожных покровов в этой области путем регистрации соответствующих параметров. Затем в манжетку манометра нагнетали воздух до уровня давления, превышающего значения систолического давления у пациента на 30 мм ртутного столба. Компрессия плечевой артерии продолжалась в течение 1 мин с последующей быстрой декомпрессией сосуда. Запись спекл-оптической и УЗДГ кривой выполняли через 1, 2, 3, 4, и 5 минут после декомпрессии у 10 пациентов по 10 раз каждый. Статистическую обработку полученных результатов исследований проводили с применением пакета прикладных программ Statistica 10.0.

Результаты и их обсуждение

Анализ полученных данных показывает, что кратковременное воздействие (сдавливание) приводит к некоторому ухудшению микроциркуляции крови, которая со временем восстанавливается до исходных значений. При снижении интенсивности кожного кровотока вследствие наступления гиперемии происходит уменьшение параметров $\langle f \rangle$ и Q . При регистрации $\langle f \rangle$ и Q сразу после прекращения воздействия наблюдалось резкое увеличение указанных параметров до значений, соответствующих нормальному кровотоку.

Объемная скорость кровотока зависит от диаметра сосудов. Максимальная объемная скорость кровотока наблюдается в аорте, наименьшая – в капиллярах. Однако, объемная скорость кровотока во всех капиллярах системного круга кровообращения равна объемной скорости кровотока в аорте, т.е. количество крови, протекающей за единицу времени через разные участки сосудистого русла, одинаково.

Дальнейшие исследования позволили установить, что скорость микроциркуляции крови в исследуемом участке варьирует в пределах от 0.5 до 3 см/сек.

На рис. 1 приведены результаты измерений МГД с использованием спекл-метрического метода. Анализ данных измерений показал, что усредненная мощность спектра флуктуаций интенсивности рассеянного излучения $P(w)$ или нулевой момент M_0 после декомпрессии сосуда увеличивается примерно на 15% в сравнении с нормальным состоянием (рис. 1 а, б).

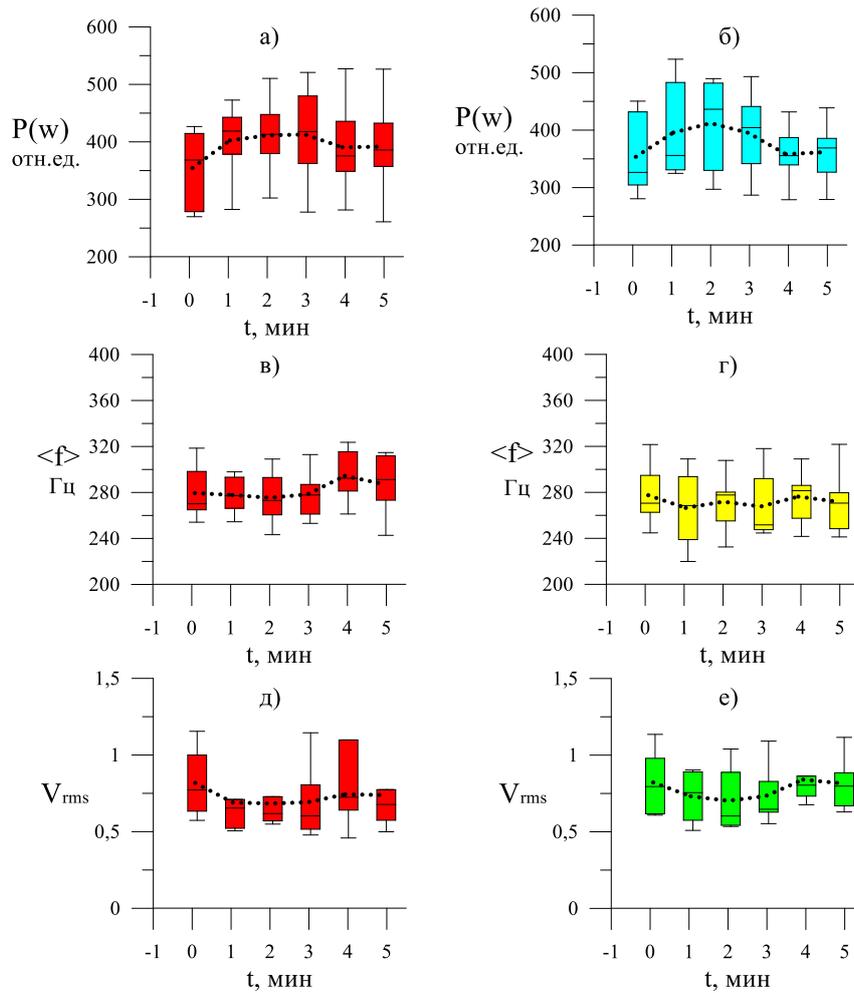


Рис. 1. Величины мощности спектра (а, б), средней частоты (в, г) и скорости кровотока (д, е) измеренные прибором «Speckle-Scan»: а, в, д – левая рука; б, г, е – правая рука.

Скорость кровотока, как линейная, так и объемная, при этом увеличилась почти вдвое (рис. 2 в, г). Нормированный момент (абсолютная скорость кровотока) после гиперемии снижается на некоторое время, а затем возвращается к исходному значению (рис. 1 д, е). Максимальная относительная погрешность измерений указанных параметров – не более 10 %.

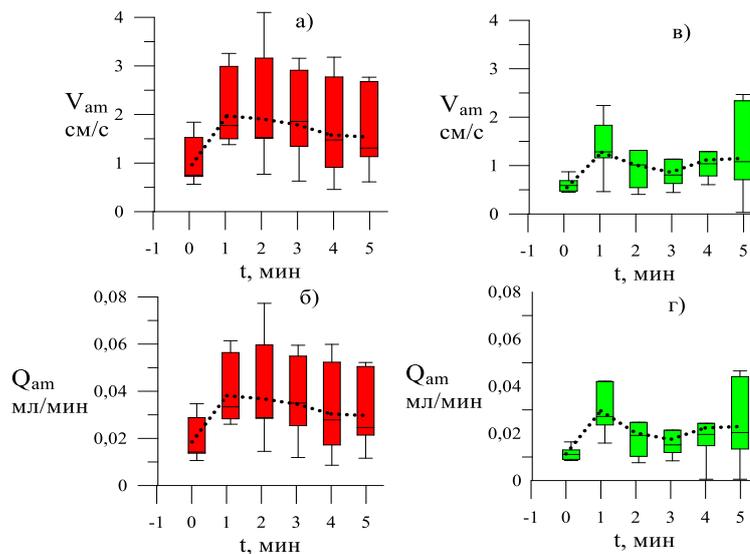


Рис. 2. Величины линейной (б, г) и объемной (а, в) скоростей кровотока, измеренные прибором УЗДГ: а, в – левая рука; б, г – правая рука

При сопоставлении экспериментальных результатов с данными математического моделирования (рис. 3) наблюдается положительная корреляция, однако амплитуды изменения параметров микроциркуляции в модельных расчетах несколько ниже.

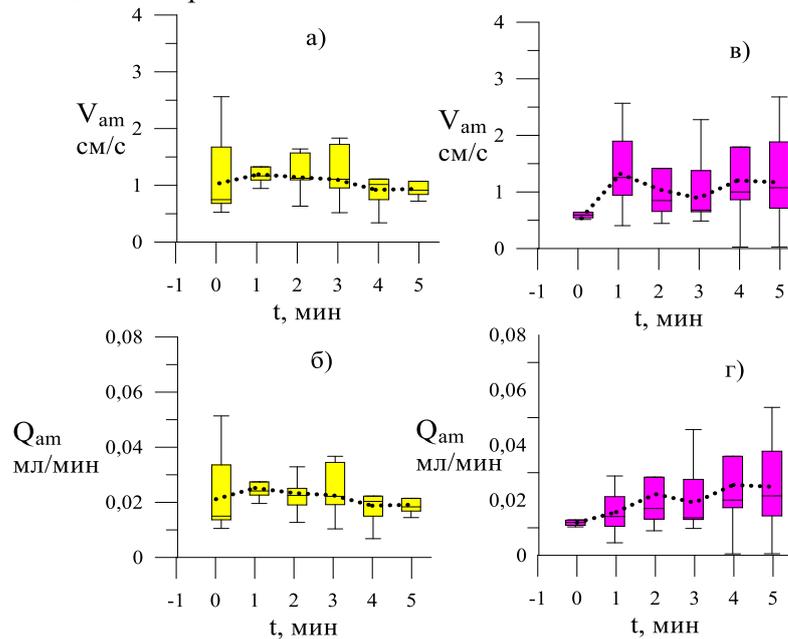


Рис. 3. Величины линейной (б, г) и объемной (а, в) скоростей кровотока при моделировании в программе MathCad: а, в – левая рука; б, г – правая рука

Наблюдаемые различия могут быть связаны с тем, что при измерении УЗДГ скорости кровотока учитывается не только капиллярный кровоток, но и кровоток в артериолах и венах, что до конца не учитывается в данной математической модели. Главная проблема спекл-метрии и доплеровской диагностики в том, что точное значение рассеивающих характеристик (g -фактора и др.), используемых в предложенных оптических моделях микрососуда не известно a priori [17].

Заключение

Проведена верификация спекл-метрического метода контроля МГД (прибора «Speckle-scan») с помощью методов ультразвуковой доплеровской флоуметрии и математического моделирования распространения лазерного излучения в микрогемодиализаторном русле. Установлено, что параметр «средняя частота спектра» в большей степени отражает перфузию, а величина площади под спектральной кривой – емкость капиллярного русла. Дальнейшее развитие модели, связанное с введением в рассмотрение дополнительных факторов, влияющих на МГД, позволит повысить качество интерпретации результатов, получаемых при контроле микроциркуляции методом спекл-метрии.

Список литературы

1. Моделирование спекл-структуры светового поля внутри многослойной ткани кожи / Абрамович Н.Д. [и др.] // Инженерно-физический журнал. 2013. Т. 86, N 6. С. 1288-1295.
2. Дик С.К. Лазерно-оптические методы и технические средства контроля функционального состояния биообъектов. Минск: Изд. БГУИР, 2014.
3. Долин Л.С. Уравнения для корреляционных функций волнового пучка в хаотически неоднородной среде // Изв. Вузов. Радиофизика. 1968. Т. 11, N 6. С. 840-849.
4. Зеге, Э.П. Кацев И.Л., Иванов А.П. Перенос изображения в рассеивающей среде – Минск: Наука и техника, 1985.
5. Иванов, А.П. Кацев И.Л. О спекл-структуре светового поля в дисперсной среде, освещенной лазерным пучком // Квантовая Электроника. 2005. Т. 35, N 7. С. 670-674.
6. Pries, A.R., Secomb T.W. Blood flow in microvascular networks // Microcirculation / Elsevier. – 2008. P. 3–36.
7. Correlation transfer-application of radiative transfer solution methods to photon correlation problems / B. Ackerson [et al.] // J. Thermophys Heat Transfer. 1992. Vol. 6(4). P. 577-588.
8. Correlation transfer: development and application / R. Dougherty [et al.] // Journal of Quantitative Spectroscopy and Radiative Transfer. 1994. Vol. 52(6). P. 713-727.

9. Морс Ф.М., Фешбах Г. Методы теоретической физики. Рипол Классик, 2013. т.
10. Walker, S.A., Boas D.A., Gratton E. Photon density waves scattered from cylindrical inhomogeneities: theory and experiments // Appl Opt. 1998. Vol. 37(10). P. 1935-1944.
11. ван де Хюлст, Г. Рассеяние света малыми частицами. М.: Изд-во иностр. литературы, 1961.
12. Maret G., Wolf P.E. Multiple light scattering from disordered media. The effect of brownian motion of scatterers // Zeitschrift fur Physik B Condensed Matter. 1987. V. 65(4). P. 409-413.
13. Diffusing wave spectroscopy / D.J. Pine [et al.] // Phys. rev. lett. 1988. Vol. 60(12). P. 1134.
14. Stephen M.J. Temporal fluctuations in wave propagation in random media // Phys. Rev., B Condens. Matter. 1988. V. 37(1). P. 1-5.
15. Базылев, Н.Б., Фомин Н.А. Количественная визуализация течений, основанная на спекл-технологиях. Минск: Беларуская навука, 2016.
16. Bonner R., Nossal R. Model for laser Doppler measurements of blood flow in tissue // Appl Opt. 1981. Vol. 20(12). С. 2097-2107.
17. Тучин В.В. Оптика биологических тканей: методы рассеяния света в медицинской диагностике. М.: Физматлит, 2013.

УДК 616.74/75-009.7: [615.814.1+615.837

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ ФЛЮКТУИРУЮЩИХ ТОКОВ В КЛИНИЧЕСКОЙ ПРАКТИКЕ

А.П. СИВАКОВ, Л.В. ПОДСАДЧИК, С.М. МАНКЕВИЧ, Т.И. ГРЕКОВА

Белорусская медицинская академия последипломного образования

Аннотация. В данной публикации представлены результаты морфологических исследований по обоснованию применения флюктуирующих токов в электрорефлексотерапии. Определены безопасные параметры воздействия не вызывающие повреждающего действия мягких тканей в зоне расположения иглы. Проведены экспериментальные исследования по изучению влияния электроакупунктуры флюктуирующими токами на состояние кровотока нижней конечности, чувствительность кожи в зоне воздействия и ответной реакции периферического нервного проводника.

Ключевые слова: рефлексотерапия, акупунктура, флюктуирующие токи, электроакупунктура.

Abstract. In this publication we presents the results of morphological studies to substantiate the use of fluctuating currents in electroreflexotherapy. The safe parameters of exposure that do not cause the damaging action of soft tissues in the area of the needle are determined. Experimental studies have been conducted to study the effect of electroacupuncture by fluctuating currents on the state of the blood flow of the lower extremity, the sensitivity of the skin in the zone of influence and the response of the peripheral nerve conductor.

Keywords: reflexotherapy, acupuncture, electroacupuncture, fluctuating currents.

Введение

Современная клиническая акупунктура нуждается в совершенствовании и разработке новых методов лечения. Исследования последних лет показывают, что одним из перспективных путей развития современной акупунктуры является применение физических факторов, прежде всего электрических токов, в точки акупунктуры и обоснование методик их лечебного применения [2].

Теоретическая часть

Вопросы применения физических факторов в точки акупунктуры изучены недостаточно и касаются лишь отдельных видов токов. Более того, авторы ряда исследований стоят на противоположных позициях в отношении выбора параметров электровоздействия (частота, полярность, форма сигнала, сила тока). Нуждаются, конечно, в научном обосновании и новые виды электровоздействия [3]. Для исследований нами выбран флюктуирующий ток, ранее по нашим данным не использовавшийся в электроакупунктуре. Флюктуирующий ток представляет собой переменный, низкого напряжения, с хаотически изменяющейся частотой и амплитудой электрический ток. Хаотичность электрических стимулов повышает их раздражающее действие, уменьшает адаптацию тканей к электрическому воздействию и усиливает физиологическое действие тока и, в конечном итоге, способствует повышению терапевтического эффекта [1,4].

Цель данного исследования заключалась в разработке и обосновании нового метода лечения, заключающегося в одновременном воздействии на акупунктурные точки акупунктурной иглой (которая в данном случае является электродом) и флюктуирующим током - электроакупунктуры флюктуирующими токами (ЭФТ). В качестве источника флюктуирующих токов использовали серийно выпускаемый аппарат “АСБ-2-1”. Изучение и обоснование метода включало морфологический, физиологический этапы исследования. Выходные параметры аппарата “АСБ-2-1” значительно превышают интенсивность воздействия, обычно используемую для электроакупунктуры.

Результаты и их обсуждение

Морфологический этап исследования проведен с целью выявления возможного повреждающего действия предлагаемого способа лечения и определения адекватных для электроакупунктуры флюктуирующими токами параметров воздействия, не вызывающих повреждения мягких тканей в области введенной иглы. Исследованию подвергались мягкие ткани в области акупунктурной иглы у 75 белых крыс. Материал для исследования подвергали гистологической обработке общепринятыми методами. Нервные волокна окрашивали методом импрегнации серебром по методу Е.И.Рассказовой. Использование исходных, неадаптированных параметров воздействия от аппарата “АСБ-2-1” вызывало выраженные морфологические изменения мягких тканей. На 3 сутки после воздействия в мышечной ткани значительно выражена фрагментация, в мышечных волокнах отмечаются исчезновение поперечной исчерченности с неравномерной окраской саркоплазмы. Отдельные мышечные волокна, располагающиеся в непосредственной близости к игле, находятся в состоянии некробиоза и некроза. Непосредственно в области введенной иглы встречаются нервные волокна, несущие реактивные признаки. Последовательное уменьшение интенсивности воздействия от аппарата “АСБ-2-1” путем изменения сопротивления на выходе и проведение дальнейших серийных морфологических исследований позволило определить безопасные, допустимые параметры воздействия для флюктуирующих токов, не вызывающие патологических изменений мягких тканей в области введенной иглы. Это дало основание для проведения дальнейших исследований.

В последующем при проведении физиологических исследований у здоровых добровольцев изучали состояние кровообращения нижних конечностей и особенности обезболивающего действия предлагаемого метода лечения. Воздействие методом электроакупунктуры флюктуирующими токами осуществляли в течении 25 мин в точках акупунктуры цзу-сан-ли (E36) и цзе-си (E41), которые располагаются в области верхней трети голени и голеностопного сустава соответственно. Здесь и далее приводятся наименования точек акупунктуры в соответствии с международной классификацией. Указанные точки по канонам традиционной медицины относятся к одному и тому же каналу, а с точки зрения классической неврологии объединены общностью иннервации - в их проекции располагаются поверхностный и глубокий малоберцовые нервы. При оценке состояния кровообращения нижних конечностей использовали метод тетраполярной реовазографии. Проведенные исследования показали фазность изменений показателей пульсового кровенаполнения. В течение первых 1-2 минут после проведения воздействия отмечена тенденция к снижению показателей пульсового кровотока, но в последующем отмечено постепенное повышение показателей выше исходного уровня, которое достигает максимума к 16-18 мин и в последующем не изменяется. Полученный эффект сохранялся в течении 120-150 мин после окончания воздействия.

На передней поверхности голени в зоне проведения флюктуоакупунктуры изучали также характер обезболивающего действия предлагаемого метода лечения до и после воздействия в точки акупунктуры E36 и E41. С этой целью исследовали чувствительность кожи к тестирующему сигналу электрического тока до и после воздействия. Оценку предполагаемых изменений чувствительности проводили на наружной поверхности голени вне проекции точек акупунктуры и классических двигательных точек. При проведении электроакупунктуры снижение чувствительности в зоне воздействия отмечалось уже на 4-5 мин воздействия и постепенно нарастало к 20 - 25 мин. Достоверное снижение чувствительности в зоне воздействия ($P < 0,05$) отмечалось в течении 120 мин после процедуры, а затем происходило постепенное возвращение показателей к исходному уровню чувствительности. У добровольцев контрольной группы проводили воздействие методом классического иглоукалывания. Достоверное изменение

показателей отмечалось только в течении 30 мин после воздействия, а затем чувствительность кожи возвращалась к исходному уровню.

Наши дальнейшие исследования были направлены на исследование ответной реакции периферических нервов до и после воздействия методом электроакупунктуры флюктуирующими токами. Исследование проводили у здоровых добровольцев в двух группах по 10 испытуемых в каждой. В первой группе воздействие осуществляли флюктуирующими токами, а во второй группе – методом классического иглоуказывания. Для воздействия были выбраны точки в области предплечья на канале перикарда расположенные в проекции срединного нерва – МС6 и МС3. Проведенное исследование показало, что электроакупунктура флюктуирующими токами способно в большей степени по сравнению классической акупунктурой изменять исходное состояние периферического нервного проводника, о чем свидетельствует снижение амплитуды потенциала действия срединного нерва после воздействия. Полученные данные могут косвенно свидетельствовать о способности электроакупунктуры флюктуирующими токами оказывать более выраженное обезболивающее действие.

Таким образом, морфологические исследования позволили установить безопасные параметры воздействия не вызывающие повреждения мягких тканей в области введения иглы. Показано, что данный метод улучшает состояние кровообращения нижних конечностей, оказывает обезболивающее (гипоальгетическое) действие. Полученные экспериментальные данные указывает на возможность использования метода электроакупунктуры флюктуирующими токами в клинической практике и подтверждают целесообразность обоснования комплексного использования акупунктуры и физических факторов.

Литература

1. Барашков Г.Н. Рефлексотерапия боли. М.: Универсимед, 1995.- С. 151-153, 217-222.
2. Гаваа Лувсан. Традиционные и современные аспекты восточной медицины. – М., АО «Московские учебники и Картолиотография». – 2000. – 400с.
3. Курортология и физиотерапия (руководство) под ред. В.М. Боголюбова : в 2 томах. М.: Медицина, 1985 - С. 414-419.
4. Poentinen P.L., Salmella T.M. Analgesic effects of electroacupuncture // Am. J. Acupunct. 2014. Vol.7. № 3. P. 161-165.

УДК 621.396.6-027.31(076.5)

РЕАЛИЗАЦИЯ ПРОГРАММНО-АППАРАТНОЙ ПЛАТФОРМЫ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕСПРОВОДНОЙ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ МЕДИЦИНСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

В.Ф. АЛЕКСЕЕВ, Д.В. ЛИХАЧЕВСКИЙ, Г.А. ПИСКУН, А.В. АГЕЕВ

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники

Аннотация. Рассмотрена программно-аппаратная платформа для обеспечения беспроводной передачи телеметрических данных, реализованная в системе датчиков слежения за активностью пациентов с дефектами опорно-двигательной системы. Представлены результаты моделирования на частоте 433 МГц для двух конфигураций полосковой печатной антенны датчика, что позволяет осуществить выбор наиболее оптимального варианта датчика слежения.

Ключевые слова: программно-аппаратная платформа, беспроводные системы телеметрии, опорно-двигательная система, моделирование.

Abstract. The software and hardware platform for providing wireless telemetry data transmission, implemented in the sensor monitoring system for the activity of patients with defects of the musculoskeletal system, is considered. The results of simulation at a frequency of 433 MHz for two configurations of a strip-type printed antenna of the sensor are presented, which allows the selection of the most optimal tracking sensor option.

Keywords software and hardware platform, wireless telemetry systems, musculoskeletal system, modeling.

Введение

Системы беспроводной телеметрии данных в медицинских исследованиях представляют собой большой практический интерес поскольку позволяют получать информацию от удаленных датчиков в режиме реального времени без применения специальных линий связи. Это предоставляет медицинскому персоналу огромные преимущества при наблюдении и контроле физического состояния больных, для которых, в других случаях, потребовалось бы использование токопрово-

дящих соединений или применение более традиционных электронных или оптических систем телеметрии.

Реализация и исследования

Авторами предлагается программно-аппаратная платформа для обеспечения беспроводной телеметрии, реализованная в системе датчиков слежения за активностью пациентов с дефектами опорно-двигательной системы. Датчик распознавания и базовая станция, которая обрабатывает полученную информацию, представлены на рис. 1 и 2.



Рис. 1. Датчик распознавания



Рис. 2. Базовая станция (приемник)

Чувствительность приёмника определяется тремя факторами: тепловым шумом, коэффициентом шума данного приёмника и отношением сигнал/шум, необходимым для достоверного определения информационного сигнала.

Для повышения чувствительности приёмника при заданной ширине полосы и отношении сигнал/шум можно и нужно снизить коэффициент шума приёмника, для чего целесообразно установить перед ним малошумящий усилитель.

Фактор шума двухкаскадной системы, состоящей из малошумящего усилителя *LNA* и встроенного усилителя трансивера вычисляется по «каскадной формуле Харальда Фриса»:

$$F = F_1 + (F_2 - 1)/G_1,$$

где F – фактор шума; F_1 – фактор шума первого каскада; F_2 – фактор шума второго каскада; G_1 – коэффициент усиления первого каскада.

Из рис. 3 видно, что при использовании малошумящего усилителя на входе, коэффициент шума приёмника в целом снижается до 2 дБ и ниже. При этом увеличение усиления сверх 15-20 дБ уже мало снижает коэффициент шума.

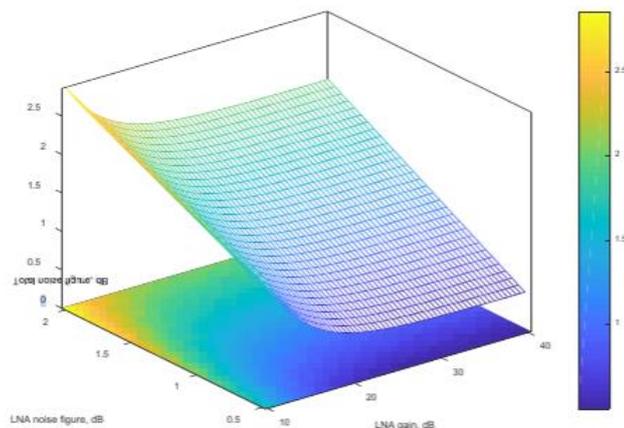


Рис. 3. Коэффициент шума приёмника с усилителем (*LNA*) в зависимости от характеристик последнего согласно прологарифмированной формулы

Установив на вход малошумящий усилитель *Maxim Integrated MAX2640*, можно более чем на 5 дБ улучшить чувствительность приёмника. В результате такого технического решения

наблюдается снижение максимально допустимой мощности на входе приёмника с 10 дБм до – 6 дБм и незначительный рост токопотребления (на 3,5 мА).

Рассмотрим принцип действия датчика. В датчике расположен мик-роэлектромеханический акселерометр, жёстко закреплённый на электронной печатной плате датчика, измеряющий двигательную активность наблюдаемого пациента. Телеметрические данные передаются по беспроводным каналам радиосвязи на обрабатывающее устройство.

Регулятор напряжения реализован на микросхеме серии *TPS780*. В отличие от более ранней серии *TPS71501*, *TPS780* имеет крайне низкий ток собственного потребления (всего 500 нА), а также наличие отдельного логического входа, реализующего функцию переключения выходного напряжения.

Беспроводной датчик построен на кристалле (СнК) *EZR32HG220*. СнК совмещает в одном корпусе микроконтроллер (МК) и трансивер суб – гигагерцового диапазона. МК имеет в основе ядро *Cortex-M0+*.

MMA8653FCR1 является низко энергопотребляемым, трехосным, емкостным микромеханическим акселерометром с разрешением 10 бит, подключен по цифровой шине I2C, где линия *SCL* отвечает за тактирование, а *SDA* – за данные.

GEYER KX-7T-26.0 MHz 10pF – кварцевый резонатор, задает несущую частоту.

Источником питания служит пара литиевых батарей типоразмера АА номинальным напряжением 3,6 В, подключенные параллельно, через сдвоенный диод Шоттки.

СнК питается по трем шинам: *IOVDD* (цифровой ввод-вывод), *AVDD* (аналоговый ввод-вывод), *RFVDD* (трансивер). Напряжение всех трех шин питания одинаково и составляет 2,4–3,3 В. На каждой шине питания СнК размещен отдельный комплект конденсаторов развязки. Шины СнК, в свою очередь, питаются от общей шины питания *VDD* (выход стабилизатора).

Тактирование МК осуществляется от внутреннего *RC*–генератора.

Схема и топология антенного тракта рассчитана на рабочую частоту 433 МГц. Антенна – полосковая печатная.

Для реализации программно аппаратной платформы для обеспечения беспроводной телеметрии очень важна конфигурация полосковой печатной антенны датчика. Для выбора наиболее оптимального варианта датчика слежения авторами было выполнено математическое моделирование печатной антенны датчика.

Для процесса моделирования необходимо было импортировать в *MatLab Antenna Tool* *Box* маску антенны. На рис. 3 и 4 представлены два варианта конфигурации маски антенны.

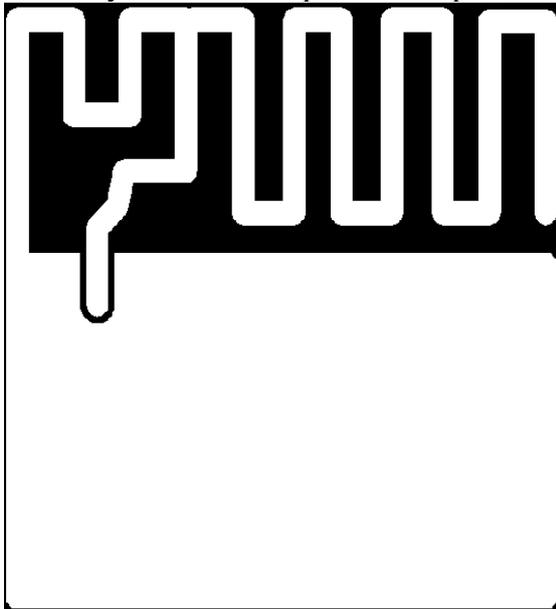


Рис. 3. Конфигурация маски

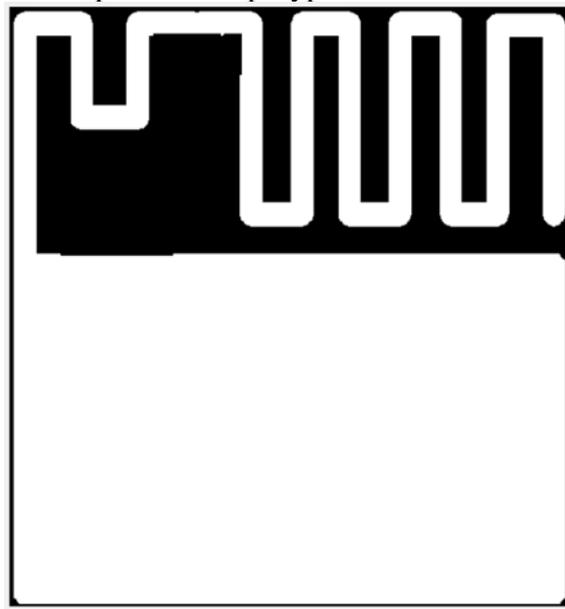


Рис. 4. Конфигурация маски

В результате моделирования на частоте 433 МГц были получены трехмерные модели диаграмм направленности для двух конфигураций антенн (рис. 5 и 6).

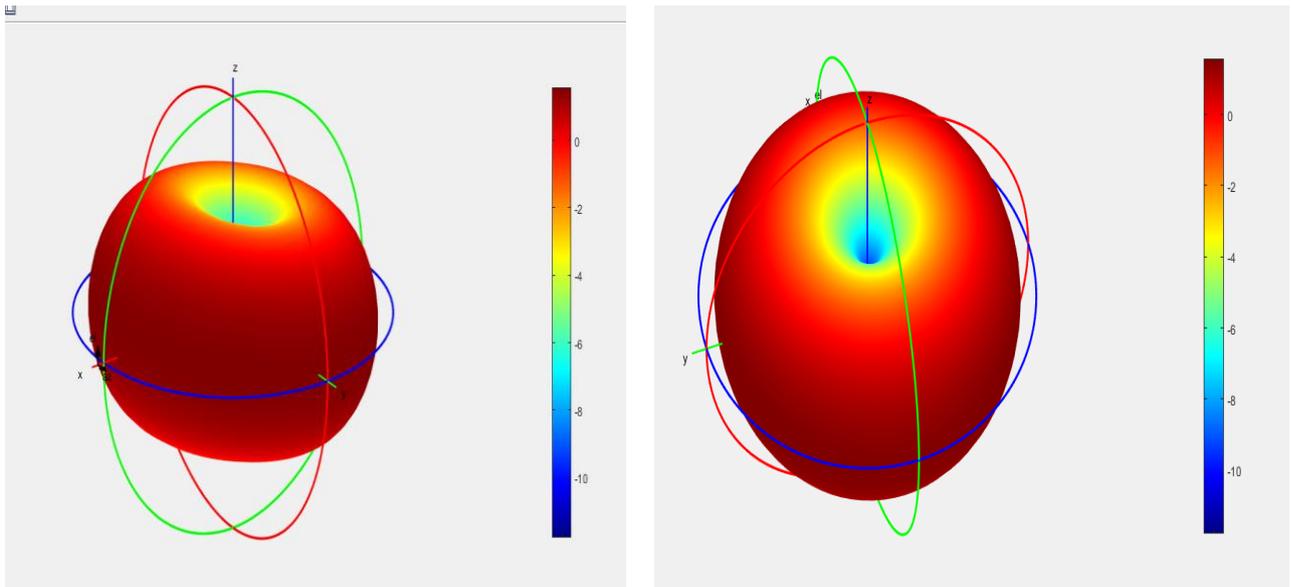


Рис. 5. Трехмерная модель диаграммы направленности для первого варианта конфигурации антенны

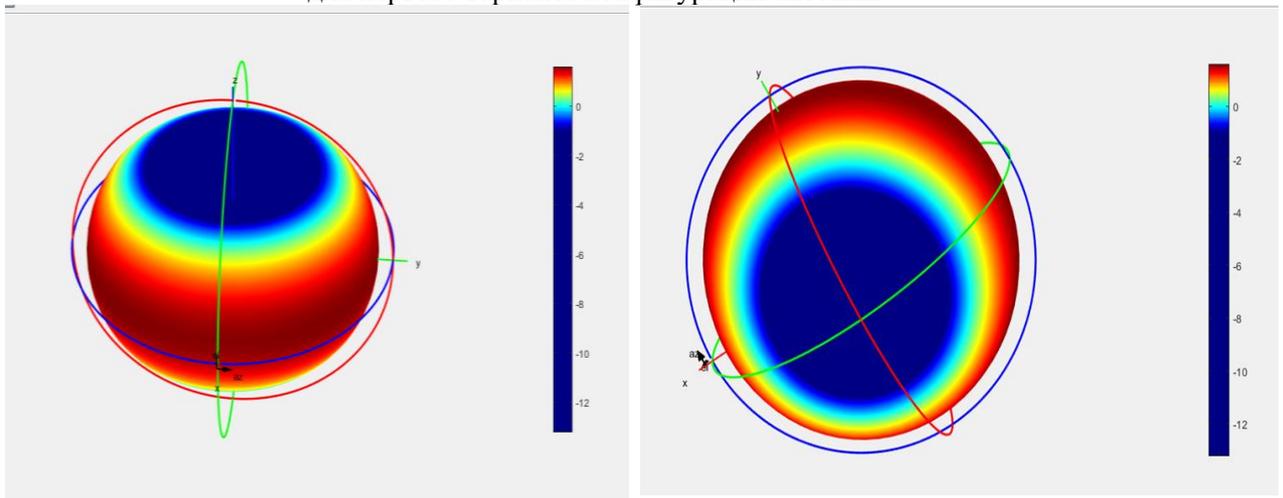


Рис. 6. Трехмерная модель диаграммы направленности для второго варианта конфигурации антенны

Анализ трехмерных моделей диаграмм направленности показывает, что первый вариант конфигурации антенны является более эффективным и способен более качественно реализовать передачу данных, так как модель имеет ярко выраженную интенсивность излучения антенны в различных направлениях в пространстве.

Полученные спектры сигналов, представленные на рис. 7 и 8, от двух вариантов конфигурации антенн (в условиях центра города), подтверждают результаты моделирования: первый вариант конфигурации антенны является более эффективным и способен более качественно реализовать передачу данных. Так как спектр сигнала для первого варианта антенны не имеет просадок по уровню сигнала, то при его обработке значительно увеличится шанс избежать нежелательной потери информации, в отличие от второго варианта конфигурации антенны, где имеется тенденция просадки уровня сигнала, которая негативно отразится на качестве передаваемых данных.

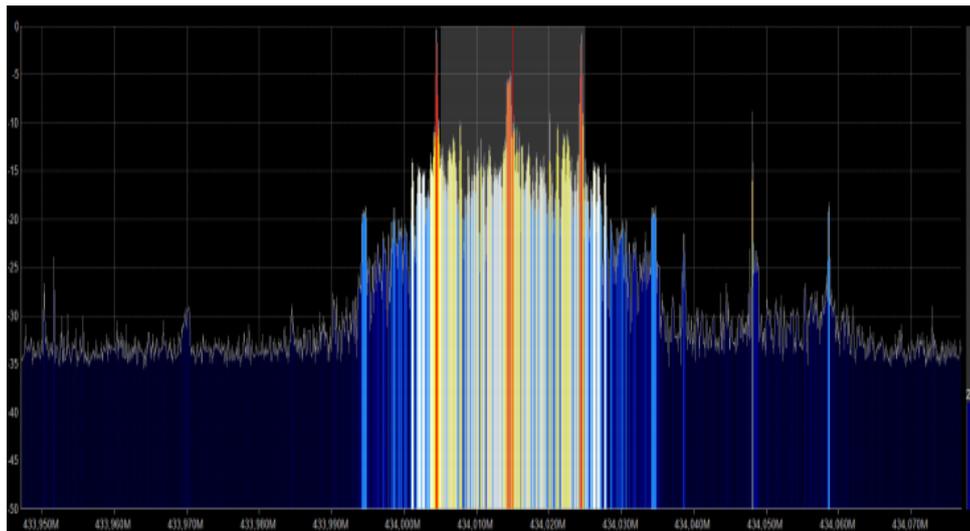


Рис. 7. Спектр сигнала для первого варианта конфигурации антенны

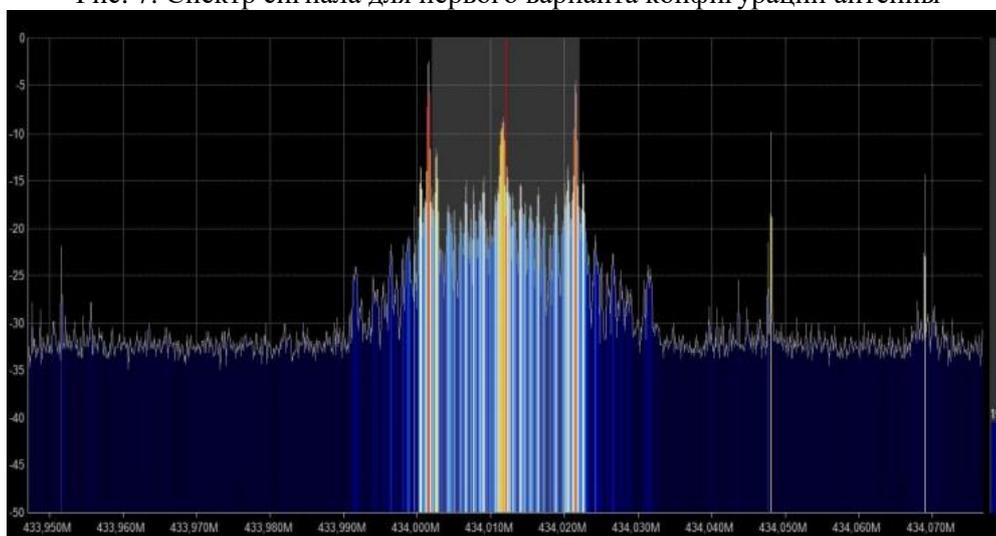


Рис. 8. Спектр сигнала для второго варианта конфигурации антенны

Регистрация спектра сигнала осуществлялась при помощи *DVB-T DAB FM* приёмника со штатной штыревой антенной и программой *SDR RTL-SDR (USB)*.

Заключение

Авторами выполнена реализация программно-аппаратной платформы для телеметрии на примере датчика слежения за активностью пациентов после перенесенных травм опорно-двигательной системы.

Список литературы

1. Принцип обеспечения собственной системы беспроводной связи в телеметрии / А.В. Агеев, А.В. Стрельцова, С.А. Грудковский, В.Ф.Алексеев // материалы 13-ой международной молодежной научно-технической конференции «Современные проблемы радиоэлектроники и телекоммуникаций, РТ – 2017», Севастополь, Российская Федерация / УО «СГУ». – Севастополь, 2017. – С. 103.
2. Управление электроприводом с помощью MATLAB, Simulink. [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://matlab.ru/seminars/Upravlenie-elektroprivodom-s-pomoshchyu-MATLAB-Simulink?sphrase_id=53071

УДК 621.396.6

ПРОГРАММНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ОЦЕНКИ ТЕПЛООВОГО РЕЖИМА СРЕДСТВА МЕДИЦИНСКОЙ ЭЛЕКТРОНИКИ

В.Ф. АЛЕКСЕЕВ, Д.В. ЛИХАЧЕВСКИЙ, Г.А. ПИСКУН

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники

Аннотация. Рассмотрена разработанная авторами программа для реализации процесса оценки теплового режима средства медицинской электроники, позволяющая еще на ранней стадии проектирования выполнить необходимые расчеты, которые будут учтены на более поздних стадиях проектирования.

Ключевые слова: тепловой режим, стадии проектирования, программная реализация, средство медицинской электроники.

Abstract. A program developed by the authors for the implementation of the process of assessing the thermal regime of a medical electronics tool is considered, which allows performing the necessary calculations at an early design stage, which will be taken into account at later design stages.

Keywords: thermal regime, design stages, software implementation, means of medical electronics.

Введение

Проблема обеспечения тепловых режимов средств медицинской электроники (СМЭ) привлекает серьезное внимание специалистов, занимающихся проектированием, как отдельных электронных модулей, так и всего устройства в целом. Установлено, что до 80% полезного сигнала превращается в тепловую форму энергии, что является нежелательным физическим процессом. В то же время каждое изделие электронной техники (ИЭТ) сохраняет свои рабочие параметры при условии, что их температура не превышает определенной величины, характерной для данного элемента. В противном случае ИЭТ или необратимо изменяет свои свойства, или совсем выходит из строя. Таким образом, конструкция СМЭ во многом определяется его тепловым режимом, так как последний диктует выбор системы охлаждения и габариты устройства [1-6].

В статье рассматривается подход к автоматизации выбора способа охлаждения на ранней стадии проектирования и расчета тепловых параметров конструкций СМЭ.

Обоснование необходимости оценки теплового режима

По целому ряду причин вопрос обеспечения теплового режима является одним из главных при проектировании СМЭ [2-6]. К числу таких причин можно отнести следующие:

- коэффициент нагрузки ИЭТ, как правило, невелик, и большая часть потребляемой от источников питания энергии превращается в тепловую энергию, что может привести к перегреву элемента и аппаратуры в целом;
- комплексная миниатюризация СМЭ приводит к значительному росту удельной мощности тепловыделения, что вызывает существенные локальные перегревы;
- отсутствие на ранней стадии проектирования достоверной информации о необходимости защиты аппаратуры от нежелательных тепловых процессов может в дальнейшем привести к необходимости полной переработки конструкторской документации и корректировке задания на проектирование.

В подавляющем большинстве случаев увеличение тепловой нагрузки на 10^0 приводит к снижению надежности СМЭ от 10 до 50%. В общем случае под тепловым режимом понимают пространственно-временное распределение температуры внутри и на поверхности изделия, обусловленное внутренними и внешними источниками тепла.

Особенности теплофизического конструирования СМЭ закладываются на ранней стадии проектирования. Созданы специальные методики, позволяющие оценивать тепловые характеристики конструкции и выбирать системы охлаждения, располагая минимумом информации, имеющейся в техническом задании (ТЗ) [2, 3, 5, 6].

К числу необходимых сведений для проведения оценок относятся:

- суммарная мощность P , рассеиваемая в блоке;
- диапазон изменения температур окружающей среды;
- пределы изменения давления окружающей среды;
- время непрерывной работы;
- допустимые температуры элементов.

Большинство этих сведений определяются требованиями ТЗ на проектирование или особенностями разработанной электрической схемы (КПД устройства, элементная база и т.д.).

Методика выбора способа охлаждения, а также оценки тепловых режимов достаточно хорошо представлена в [1, 4, 5, 6]. На базе данных методик было разработано программное средство (ПС, приложение) для расчета тепловых параметров проектируемого электронного средства.

Проектирование и разработка прикладного программного обеспечения для расчета тепловых параметров при проектировании СМЭ

Проектирование архитектуры приложения является важным этапом при разработке любого программного средства. Архитектура приложения – это набор значимых решений по организации системы программного обеспечения, набору структурных элементов и их интерфейсов, при помощи которых конструируется система.

Разработанное программное средство реализовано на языке *Java*, разделенное на несколько независимых структурных частей. Архитектура приложения построена по стандартному для такого вида программного обеспечения шаблону *MVC* [5, 6].

Данная схема проектирования часто используется для построения архитектурного каркаса, когда переходят от теории к реализации в конкретной предметной области, что является оптимальным решением для данного вида проекта.

Как представление, так и контроллер зависят от модели. Однако модель не зависит ни от представления, ни от контроллера. Тем самым достигается назначение такого разделения: оно позволяет строить модель независимо от визуального представления, а также создавать несколько различных представлений для одной модели.

Для реализации схемы *Model-View-Controller* используется достаточно большое число шаблонов проектирования (в зависимости от сложности архитектурного решения), основные из которых «наблюдатель», «стратегия», «компоновщик».

Моделью в приложении являются классы, интерфейсы и перечисления, содержащие в себе формулы и алгоритмы для расчетов, а также составные компоненты для хранения и передачи данных между слоями приложения.

Приложение разбивается на слои. Каждый слой располагается в своих пакетах, а взаимодействие между слоями происходит посредством интерфейсов. Использование интерфейсов обеспечивает контроль над управлением слоями и обеспечивает слабую связанность кода. Построенные на интерфейсах приложения обеспечивают гибкую расширяемость приложения. Т.к. каркас приложения остается неизменным, можно легко модифицировать нужные части кода.

В приложении реализована возможность генерации отчетов по результатам расчетов в виде *Word* файлов. Для этого реализуется расширяемая библиотека для работы с документами, имеющими расширение **.docx*. Так как данные файлы являются архивами, состоящими из ряда файлов, таких как: изображения, текст, файл описания расположения и др., то есть возможность самим сгенерировать подобный файл.

В разработанном ПС реализован следующий алгоритм механизма генерации отчетов:

- на вход подается файл, содержащий в себе ключевые слова, которые необходимо заметить данными, полученными в результате расчетов программы;
- данный документ считывается. Сканируется на наличие ключевых слов. При нахождении их, определяет являются ли они таблицами или нет;
- найденные ключи заполняются значениями из программы;
- файл повторно сканируется и при нахождении ключей, заменяет их соответствующими данными. После этого файл возвращается пользователю и автоматически открывается.

Стартовое окно разрабатываемого приложения изображено на рис. 1.

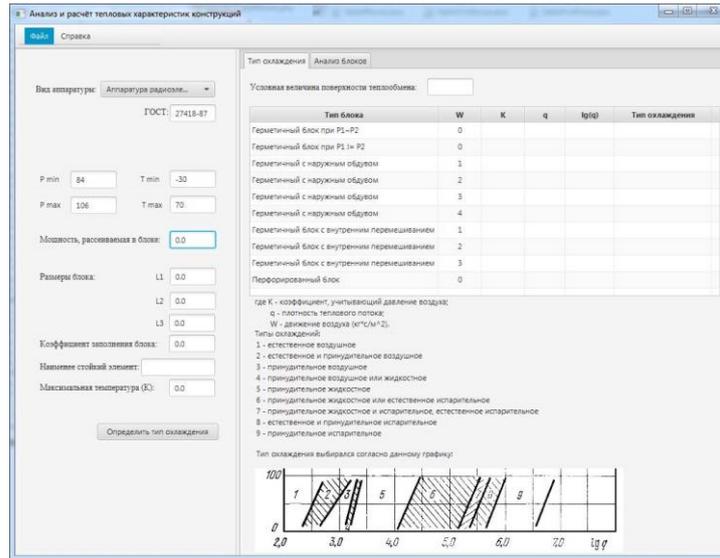


Рис. 1. Основное окно приложения

В данном окне пользователь имеет возможность ввести необходимые данные для расчетов тепловых характеристик проектируемой конструкции РЭС. Приложение имеет ряд вкладок, каждая из которых служит для отображения соответствующей информации в них.

Для определения в какой части графика располагается рассчитанная координата, использовался алгоритм, согласно которому каждый отрезок задавался соответствующими координатами. Далее рассчитывалось минимальное расстояние до одного из отрезков. И на последней стадии определялось положение точки: слева или справа от отрезка.

На рис. 2 показаны результаты оценки теплового режима СМЭ на ранней стадии проектирования. По полученных данным пользователь выбирает блок, по которому хочет рассчитать основные характеристики. Важно заметить, что данная вкладка будет актуальна, только при естественном и принудительном воздушном охлаждении.

Вкладки для расчетов характеристик блоков и выбора необходимого корпуса, активны только в случае второго типа охлаждения (естественное или принудительное). Это реализовано для того, чтобы пользователю было предоставлена только актуальная информация для его случая.

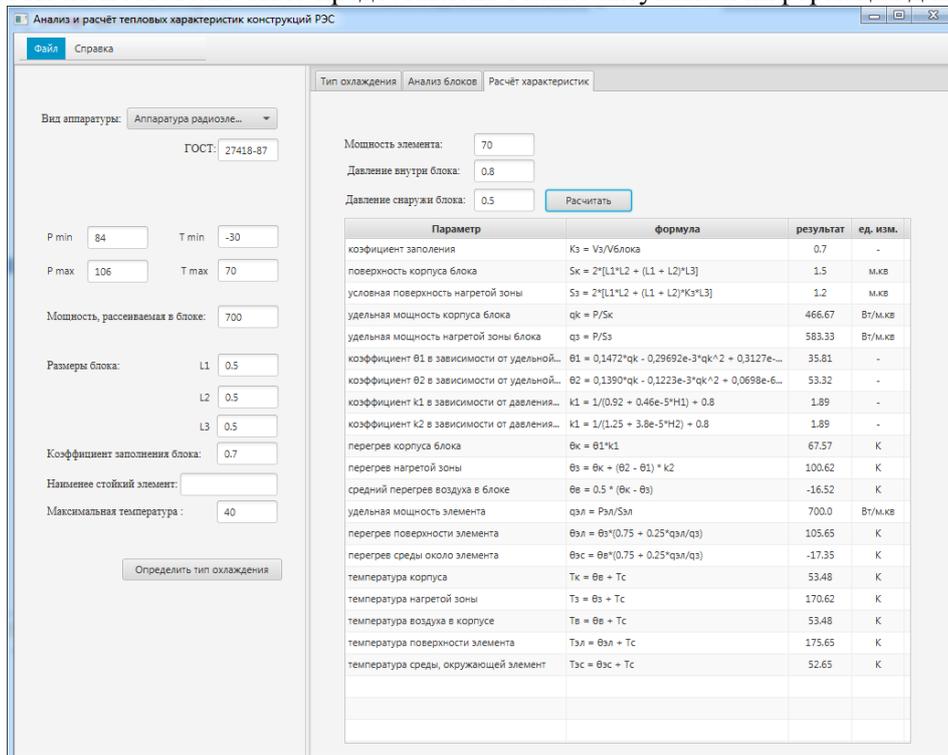


Рис. 2. Окно с результатами расчета

Таким образом, пользовательский интерфейс реализован интуитивно понятным и простым. Для работы с программой никаких дополнительных знаний не требуется.

Заключение

Разработано программное средство, позволяющее еще на ранней стадии проектирования выполнить оценку теплового режима средства медицинской электроники. В дальнейшем данные результаты будут учтены разработчиками, что позволит значительно снизить себестоимость продукции.

Список литературы

1. Роткоп, Л.Л. Обеспечение тепловых режимов при конструировании РЭА / Л.Л. Роткоп, Ю.Е. Спокойный – М. : Советское радио, 1976. – 232 с.
2. Молодечкина, Т.В. Физические основы проектирования радиоэлектронных средств : учеб.-метод. комплекс для студентов специальности 1-39 02 01 «Моделирование и компьютерное проектирование РЭС». В 2 ч. Ч. 1. / Т.В. Молодечкина, В.Ф. Алексеев, М.О. Молодечкин. – Новополоцк : ПГУ, 2013. – 204 с. – Новополоцк : ПГУ, 2013. – 204 с.
3. Молодечкина, Т.В. Физические основы проектирования радиоэлектронных средств : учеб.-метод. комплекс для студентов специальности 1-39 02 01 «Моделирование и компьютерное проектирование РЭС». В 2 ч. Ч. 2. / Т.В. Молодечкина, В.Ф. Алексеев, М.О. Молодечкин. – Новополоцк : ПГУ, 2013. – 204 с. – Новополоцк : ПГУ, 2013. – 224 с.
4. Конструирование и технология электронных систем : пособие к курсовому проектированию для студ. спец. «Электронно-оптические системы и технологии» всех форм обуч. / А.А. Костюкевич, В.М. Бондарик, А.П. Достанко, В.Ф.Алексеев. – Минск : БГУИР, 2011. – 119 с.
5. Физические основы проектирования радиоэлектронных средств. Лабораторный практикум. В 2 ч. Ч. 2 : Исследование физических процессов в конструкциях РЭС : пособие / В. Ф. Алексеев, Г. А. Пискун, И. Н. Богатко. – Минск : БГУИР, 2017. – 74 с. : ил.
6. Программное обеспечение инженерного моделирования физических процессов. Лабораторный практикум. В 2 ч. Ч. 1 : Тепловые режимы работы и защиты конструкций РЭС от механических воздействий : пособие / В. Ф. Алексеев, И. Н. Богатко, Г. А. Пискун. – Минск : БГУИР, 2017. – 124 с.

УДК 551.508

СПОСОБ ОПРЕДЕЛЕНИЯ МАССОВЫХ КОНЦЕНТРАЦИЙ АЭРОЗОЛЕЙ

М.М.КУТЕЙКО¹, С.А. ЛЫСЕНКО²

¹Белорусский государственный университет

²Институт природопользования НАН Б

Разработан способ определения фракционных концентраций атмосферного аэрозоля PM_{10} , $PM_{2,5}$, PM_{10} , $PM_{>10}$ на основе измерения спектральных значений коэффициентов рассеяния под углами. Оценена эффективность и точностные характеристики предлагаемого метода. Показана возможность создания простого экспресс-анализатора аэрозольных загрязнений окружающей среды, возможности создания автоматизированной системы непрерывного мониторинга городского воздуха, воздуха в помещениях

Ключевые слова: атмосферный аэрозоль, микрофизические параметры аэрозоля, оптические характеристики, регрессионные соотношения.

Введение

В настоящее время вопросы экологии остро стоят перед жителями всех крупных городов и районов с развитой промышленной деятельностью и интенсивным автотранспортным движением. Результаты многочисленных эпидемиологических исследований однозначно указывают на взаимосвязь загрязнения воздуха с уровнем сердечнососудистых и респираторных заболеваний у населения. Серьезную угрозу для здоровья человека представляют взвешенные в воздухе аэрозольные частицы и в первую очередь мелкодисперсные (респирабельные) частицы, способные глубоко проникать в органы дыхательной системы человека и накапливаться в легких (вливая тем самым на поступление вредных веществ в кровь). Согласно Американским и Европейским стандартам по качеству атмосферного воздуха в качестве индикаторов респирабельных частиц используются массовые концентрации PM_x частиц с аэродинамическим диаметром $x \leq X$, где $X = 1,0; 2,5$ и 10 мкм.

Ниже рассмотрено решение задачи повышения точности определения концентрации аэрозоля и расширение функциональных возможностей способа за счет определения массовой концентрации аэрозоля в широком диапазоне его физико-химических свойств с разделением на фракции PM_1 , $PM_{2.5}$, PM_{10} и $PM_{>10}$.

Способ определения массовых концентраций аэрозолей [1]

Хорошо известно, что вклады частиц разных размеров в суммарную интенсивность рассеянного ими света различаются в зависимости от угла рассеяния θ . Крупные частицы определяют рассеяние под малыми углами ($\theta \leq 5^\circ$), тогда как в боковом рассеянии ($\theta = 15-45^\circ$) преобладает вклад более мелких частиц. Поэтому, регистрируя свет, рассеянный под разными углами, можно выполнять анализа фракционного состава аэрозоля. Кроме того точность анализа может быть повышена за счет оптимального выбора длины волны света, поскольку наибольшая эффективность рассеяния света соответствует частицам, размер которых близок к длине волны падающего на них излучения.

В связи с вышесказанным для определения концентраций аэрозольных фракций предлагается использовать следующую схему измерений. В измерительный объем последовательно посылается излучение с длинами волн $\lambda_1 \leq 0,55$ мкм и $\lambda_2 \geq 1,0$ мкм, информативными относительно мелкодисперсных и грубодисперсных аэрозольных фракций соответственно. Рассеянный свет улавливается фотоэлементами, установленными под углами $\theta_1 \leq 5^\circ$ и $15^\circ \leq \theta_2 \leq 45^\circ$ к падающему лучу. По детектируемым сигналам определяются коэффициенты аэрозольного светорассеяния $\beta(\lambda_i, \theta_j)$, где $i = 1, 2$ и $j = 1, 2$. Массовые концентрации PM_1 , $PM_{2.5}$, PM_{10} и $PM_{>10}$ рассчитываются путем решения обратной задачи по интерпретации коэффициентов $\beta(\lambda_i, \theta_j)$.

В данном случае коэффициенты $\beta(\lambda_i, \theta_j)$ содержат как спектральную, так и пространственную составляющие информации и не допускают простой одномерной интерпретации, поэтому для удобства их анализа необходимо получить более однородную структуру данных. Значения $\ln \beta(\lambda_i, \theta_j)$ можно рассматривать как компоненты вектора измерений \mathbf{b} . Разложим \mathbf{b} по системе собственных векторов \mathbf{v}_n ($n = 1, \dots, 4$) его ковариационной матрицы, образующих ортогональный базис. Коэффициенты этого разложения ξ_n (линейно-независимые компоненты) любой случайной реализации \mathbf{b} находятся по формуле:

$$\xi_n = \mathbf{v}_n \cdot (\mathbf{b} - \bar{\mathbf{b}}), \quad (1)$$

где $\bar{\mathbf{b}}$ – средний вектор измерений с компонентами $\overline{\ln \beta(\lambda_i, \theta_j)}$. Для определения массовых концентраций PM_1 , $PM_{2.5}$, PM_{10} и $PM_{>10}$ можно использовать полиномиальные регрессии вид

$$\ln PM_X = a_{00,X} + \sum_{n=1}^4 \sum_{k=1}^K a_{nk,X} \cdot (\xi_n)^k, \quad (2)$$

где K – степень полинома; $a_{00,X}$ и $a_{nk,X}$ – коэффициенты регрессии, получаемые на основе «обучающего» ансамбля случайных реализаций PM_X и $\beta(\lambda_i, \theta_j)$.

Набор «обучающих» данных, необходимый для нахождения векторов \mathbf{v}_n , $\bar{\mathbf{b}}$ и коэффициентов регрессии (2), сформирован на основе модели городского (или индустриального) аэрозоля, принятой Всемирной метеорологической организацией (WMO). В рассматриваемой модели форма частиц аэрозоля предполагается сферической, а их внутренняя структура – однородной. Это с одной стороны связано с известными трудностями решения задач дифракции электромагнитного излучения на неоднородных и несферических частицах и ограниченной областью применимости получаемых решений. С другой для определения концентраций рассматриваемых фракций аэрозоля вполне можно ограничиться измерениями интенсивности рассеянного света в области углов $\theta \leq 20^\circ$, в которой индикатриса аэрозольного светорассеяния слабо зависит от структуры и формы рассеивающих частиц.

На основе описанной выше модели сформирован ансамбль из 10^3 случайных реализаций PM_X и $\beta(\lambda, \theta)$, где $\theta = 1-180^\circ$, $\lambda = 0,355; 0,532; 1,064; 1,25; 1,56; 1,67$ и $2,14$ мкм. Выбранный набор длин волн обусловлен необходимостью проведения нефелометрических измерений аэрозоля в окнах прозрачности атмосферы, соответствующих минимальному поглощению света газовыми составляющими атмосферы. Кроме того значения $\lambda = 0,355; 0,532; 1,064$ мкм соответствуют коммерчески-доступным и высоко эффективным лазерным источникам излучения.

С целью оптимизации измерений аэрозольного светорассеяния рассмотрим корреляции между PM_X и $\beta(\lambda, \theta)$. Анализ спектрально-угловой зависимости коэффициента парной корреляции $\rho_1(\lambda, \theta)$ между массовой концентрацией мелкодисперсных частиц PM_1 и $\beta(\lambda, \theta)$ показывает, что $\rho_1(\lambda, \theta)$ возрастает с уменьшением λ , причем угол θ , соответствующий максимуму $\rho_1(\lambda, \theta)$, составляет 15° при $\lambda = 0,355$ мкм, 20° при $\lambda = 0,532$ мкм и 40° при $\lambda = 1,064$ мкм. Аналогичный коэффициент корреляции $\rho_{>10}(\lambda, \theta)$ для грубодисперсных частиц ($PM_{>10}$) напротив быстро убывает с уменьшением λ , причем значения θ , соответствующие наибольшей корреляции между $PM_{>10}$ и $\beta(\lambda, \theta)$, при этом локализуются во все более узкой области углов вблизи $\theta = 0^\circ$. Такое качественное поведение коэффициентов $\rho_1(\lambda, \theta)$ и $\rho_{>10}(\lambda, \theta)$ является вполне предсказуемым и объясняется зависимостью $\beta(\lambda, \theta)$ от параметра $\delta = \pi x / \lambda$ и увеличением вытянутости вперед индикатрисы рассеяния частиц с ростом δ . При этом следует иметь в виду, что углы рассеяния менее 5° не представляют практического интереса по причине технической сложности регистрации рассеянного излучения, а также в связи с существенным влиянием дифракции на оптических элементах излучателя. Однако, как видно из расчетов, повысить точность определения $PM_{>10}$ по измерениям аэрозольного светорассеяния в области приемлемых для практики углов можно путем увеличения длины волны зондирующего излучения. Так, при увеличении λ с 1,064 мкм до 2,14 мкм коэффициенты корреляции между $PM_{>10}$ и $\beta(\lambda, 5^\circ)$ увеличивается от 0,80 до 0,97.

Таким образом, для одновременного определения концентраций мелкодисперсных и грубодисперсных частиц аэрозоля, необходимо проводить измерения аэрозольного светорассеяния под углами $\theta_1 = 5^\circ$ и $\theta_2 = 15^\circ$ на длинах волн $\lambda_1 = 0,355$ мкм и $\lambda_2 = 2,14$ мкм, поскольку коэффициенты $\beta(\lambda_1, \theta_2)$ и $\beta(\lambda_2, \theta_1)$ практически однозначно связаны с концентрациями PM_1 и $PM_{>10}$. В то же время коэффициенты $\beta(\lambda_1, \theta_1)$ и $\beta(\lambda_2, \theta_2)$ тесно коррелируют с массовыми концентрациями других фракций аэрозоля, а именно с $PM_{1-2.5} = PM_{2.5} - PM_1$ и $PM_{2.5-10} = PM_{10} - PM_{2.5}$. Результаты расчетов коэффициентов корреляции $\rho_{1-2.5}(\lambda, \theta)$ и $\rho_{2.5-10}(\lambda, \theta)$, отвечающих этим фракциям, показывают, что максимумы $\rho_{1-2.5}$ и $\rho_{2.5-10}$ примерно соответствуют вышеуказанным значениям λ_i и θ_j . При этом очевидно, что совместная обработка всех четырех коэффициентов $\beta(\lambda_i, \theta_j)$ по формулам (1) и (2) позволит повысить точность определения концентрации каждой фракции по сравнению с использованием парных корреляций. Векторы \mathbf{v}_n , $\bar{\mathbf{b}}$ и коэффициенты регрессии (2), отвечающие оптимальной схеме нефелометрического измерителя PM_X , приведены в табл. 1 и 2 (для размерностей величин PM_X и β , равных соответственно $[мкг/м^3]$ и $[км^{-1}ср^{-1}]$).

Таблица 1. Средние значения и собственные векторы ковариационной матрицы $\ln\beta(\lambda, \theta)$

λ , мкм	θ	$\overline{\ln \beta(\lambda, \theta)}$	\mathbf{v}_1	\mathbf{v}_2	\mathbf{v}_3	\mathbf{v}_4
0,355	5°	-2,3420	0,5145	-0,3677	-0,4636	0,6206
	15°	-3,5399	0,4840	-0,6111	0,4742	-0,4091
2,14	5°	-3,5678	0,4887	0,5801	0,5501	0,3494
	15°	-4,9681	0,5120	0,3936	-0,5075	-0,5704

Погрешности определения PM_X предлагаемым способом оценивались на основе «тестового» ансамбля реализаций PM_X и $\beta(\lambda_i, \theta_j)$, полученного путем наложения на коэффициенты $\beta(\lambda_i, \theta_j)$ из «обучающего» ансамбля случайных отклонений в пределах $\delta\beta$. Для каждой реализации $\beta(\lambda_i, \theta_j)$ из «тестового» ансамбля проводилось восстановление PM_X по формулам (1) и (2). Восстановленные значения массовых концентраций PM_X^* сравнивались с их точными значениями, соответствующими обрабатываемым коэффициентам $\beta(\lambda_i, \theta_j)$. После перебора всех реализаций вычислялись абсолютная (ΔPM_X) и относительная (δPM_X) погрешности восстановления PM_X , а также коэффициент корреляции между заданными и восстановленными значениями PM_X (ρ_X^*). Значения PM_X^* , полученные по формулам (1) и (2) при $\delta\beta = 10\%$, в зависимости от соответствующих известных значений PM_X представлены в таблице 3. Видно, что данные, получаемые на основе рассматриваемых оптических измерений, обладают высокой информативностью, а решение обратной задачи по формулам (1) и (2) является устойчивым к погрешностям оптических измерений.

Следует отметить, что рассмотренная выше схема нефелометрического измерителя PM_X обладает двумя недостатками, касающимися используемых в ней длин волн оптического зондирования. Во-первых, в условиях слабозамутненной атмосферы в оптическом сигнале, детектируемом

на $\lambda_1 = 0,355$ мкм, будет заметно проявляться вклад молекулярного рассеяния. В принципе, учет данного обстоятельства не представляет значительных сложностей, однако требует использования дополнительной априорной информации о температуре и давлении воздуха в месте измерений. Во-вторых, в настоящее время отсутствуют эффективные полупроводниковые и лазерные источники излучения с $\lambda_2 = 2,14$ мкм. Большое количество научных работ, посвященных разработке источников лазерного излучения в ИК области спектра с приемлемыми для практики характеристиками, позволяет надеяться на появление в ближайшем времени серийно выпускаемых источников такого рода. Однако, для того чтобы предлагаемый способ определения PM_X можно было уже сейчас использовать на практике следует рассмотреть возможность его реализации на основе имеющейся элементной базы. Учтем также, что влияние молекулярного рассеяния на детектируемые сигналы можно существенно ослабить сдвигом λ_1 в сторону больших длин волн (по закону Релея коэффициент молекулярного рассеяния убывает с увеличением λ как λ^{-4}).

Таблица 2. Коэффициенты $a_{nk,X}$ уравнений регрессии (2)

n, k	X , мкм			
	1,0	2,5	10	>10
0, 0	1,4155	1,9910	2,6219	2,2536
1, 1	0,4790	0,5133	0,5051	0,4657
1, 2	0,0000	-0,0002	-0,0002	0,0005
1, 3	-0,0002	-0,0001	-0,0001	0,0000
2, 1	-0,6672	-0,5072	0,0089	0,6720
2, 2	-0,0099	-0,0366	0,0988	0,0141
2, 3	-0,0033	-0,0062	0,0007	0,0024
3, 1	0,6164	-0,3890	-0,0825	1,6109
3, 2	-0,0125	0,2876	0,0981	-0,2215
3, 3	0,4131	0,0348	0,0729	-0,0783
4, 1	-1,2784	0,1001	-0,1774	1,4384
4, 2	-1,0618	-0,2407	-0,2002	-2,0067
4, 3	3,8264	2,9235	2,1516	8,4568

Таблица 3. Оценки точности определения PM_X , соответствующие схеме нефелометрических измерений с $\lambda_1 = 0,355$ мкм, $\lambda_2 = 2,14$ мкм, $\theta_1 = 5^\circ$ и $\theta_2 = 15^\circ$, при погрешностях измерения $\beta(\lambda_i, \theta_j)$, равных $\delta\beta$

X , мкм	$\delta\beta$, %	ρ_X^*	ΔPM_X , мкг/м ³	δPM_X , %
1,0	0	0,9883	4,13	10,8
	10	0,9823	4,98	13,3
2,5	0	0,9919	4,34	7,9
	10	0,9914	4,66	9,2
10	0	0,9947	4,58	5,3
	10	0,9940	5,13	6,1
>10	0	0,9965	2,96	7,6
	10	0,9835	6,59	14,7

Рассмотрим схему нефелометрических измерений, в которой исследуемый объем воздуха освещается излучением с $\lambda_1 = 0,532$ мкм и $\lambda_2 = 1,064$ мкм, а рассеянное излучение регистрируется под углами $\theta_1 = 5^\circ$ и $\theta_2 = 20^\circ$ по отношению к зондирующему лучу. Угол $\theta_2 = 20^\circ$ соответствует максимальной корреляции между PM_1 и $\beta(\lambda, \theta)$ при $\lambda = 0,532$ мкм. Исходя из аналогичной корреляции для $PM_{>10}$, угол θ_1 следовало бы уменьшить по сравнению с рассмотренным выше случаем, однако, как уже отмечалось, это сопряжено с рядом сложностей технического характера. Оценки точности определения PM_X с использованием рассматриваемой схемы измерений, полученные на основании замкнутых численных экспериментов по восстановлению PM_X из $\beta(\lambda_i, \theta_j)$, представлены в табл. 4 Видно, что результаты восстановления PM_1 , $PM_{2,5}$ и PM_{10} практически не отличаются от аналогичных результатов для оптимальной схемы нефелометрических измерений. В тоже время точность восстановления $PM_{>10}$ для оптимальных измерений значительно выше.

Таблица 4. Оценки точности определения PM_X , соответствующие схеме нефелометрических измерений с $\lambda_1 = 0,532$ мкм, $\lambda_2 = 1,064$ мкм, $\theta_1 = 5^\circ$ и $\theta_2 = 20^\circ$

X , мкм	$\delta\beta$, %	ρ_x^*	ΔPM_x , мкг/м ³	δPM_x , %
1,0	0	0,9825	4,86	12,4
	10	0,9768	5,75	15,0
2,5	0	0,9888	5,08	9,0
	10	0,9850	5,94	11,0
10	0	0,9930	4,96	5,4
	10	0,9918	6,07	7,3
>10	0	0,9679	8,83	23,2
	10	0,9414	12,8	31,5

Заключение

Таким образом, предлагаемый способ является устойчивым к вариациям микроструктуры и комплексного показателя преломления аэрозоля, повышает точность и расширяет функциональные возможности известных способов за счет возможности определения массовой концентрации аэрозоля с разделением на фракции PM_1 , $PM_{2,5}$, PM_{10} и $PM_{>10}$. Способ удовлетворяет современным потребностям санитарно-гигиенических и эпидемиологических служб, а массовое производство датчиков, реализующих данный способ, в перспективе позволит построить автоматизированную сеть непрерывного мониторинга загрязнений городского воздуха с выходом всех данных на центральный пульт управления или в Интернет.

Список литературы

1. Лысенко С.А., Кугейко М.М.. Способ определения массовых концентраций аэрозолей Евразийский патент № 026528 от 28.04.2017 г.

УДК 533.9; 621.793.6

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ СЕЗОННОСТИ НА ТЕХНОГЕННОЕ И АНТРОПОГЕННОЕ ЗАГРЯЗНЕНИЯ КОМПОНЕНТОВ БИОСФЕРЫ Г. МИНСКА МЕТАЛЛАМИ МЕТОДОМ ЛАЗЕРНОГО АТОМНО-ЭМИССИОННОГО СПЕКТРАЛЬНОГО АНАЛИЗА

ПАТАПОВИЧ М.П., БУЛОЙЧИК Ж.И., МИНЬКО А.А., ЗАЖОГИН А.П.

Белорусский государственный университет

Разработаны аналитические методики лазерного атомно-эмиссионного определения послойного содержания Ca, Al, Ti и Fe в растительных объектах при воздействии на поверхность и объем пористых образцов сдвоенными лазерными импульсами. Исследовано послойное содержание элементов в образцах коры взятых с еловых древостоев в Минске летом и зимой и в Березинском биосферном заповеднике. Показано, что в верхних слоях образцов взятых в центре Минска содержание тяжелых металлов значительно выше, чем в образцах ББЗ.

Ключевые слова: лазерный атомно-эмиссионный спектральный анализ, тяжелые металлы, сдвоенные лазерные импульсы.

The analytical methods have been developed for laser atomic-emission detection of the content of Ca, Al, Ti, and Fe within the layers of plant objects when the surface and volume of porous samples were subjected to the effect of double laser pulses. The elemental content was studied layer-by-layer in the samples of the bark of spruce forest stand in Minsk during the winter and summer periods and also in Berzinski biosphere reserve. It has been demonstrated that in the upper layers of the samples from Minsk the content of heavy metals was considerably higher than that from the reserve.

Key words: laser atomic-emission spectral analysis, heavy metals, double laser pulses.

Введение

Загрязнение окружающей среды тяжелыми металлами является одной из важнейших экологических проблем современности. В условиях техногенеза токсиканты включаются в биогеохимические круговороты, поступают через почву, гидросферу и атмосферу в растения, корма, продукты питания, в организмы животных и человека. Изучение биогеохимического поведения приори-

ритетных элементов-токсикантов в компонентах биосферы – одна из актуальных задач современной экологии, так как биогеохимическая ситуация в регионах является существенным фактором их устойчивого развития и функционирования. Загрязнение атмосферы, почвы и воды в ландшафтах вызывает тревогу не только потому, что оно может заметно снизить продуктивность растений, нарушить естественно сложившиеся фитоценозы, привести к нарушению нормальных процессов органогенеза, но и потому, что оно неизбежно ухудшает гигиеническое качество среды обитания человека. Однако многие химические элементы являются неотъемлемой частью физиологически необходимых живым организмам соединений, поэтому немаловажно располагать информацией об естественных концентрациях элементов.

Известно, что растения, произрастающие в зонах техногенного и антропогенного загрязнения, и в частности в больших городах, крупных промышленных центрах и вблизи них, подвергаясь воздействию вредных составляющих окружающей среды, могут служить чувствительными индикаторами, способными сигнализировать о степени загрязнения ареала их произрастания [1–3]. Город представляет собой сложную многокомпонентную и многофункциональную систему, элементы которой распределены в пространстве незакономерно. В связи с этим содержание элементов питания отличается и в растениях, произрастающих на разных типах почв, отличается также и распределение этих элементов по органам различных растений.

Проблемы охраны здоровья человека, систематический агрохимический и промышленный мониторинг, санитарно-гигиенический и химико-токсикологический контроль, техногенная ситуация в отдельных регионах требуют использования как инструментальных, так и комбинированных методов, обеспечивающих высокую дисперсность, надежность и чувствительность анализов. Широко применяемым в настоящее время методам контроля – химическому и атомно-абсорбционному анализу свойственен ряд недостатков: трудоемкость и малая оперативность. Поэтому трудоемкие классические методы химической деструкции и минерализации анализируемых проб целесообразно заменять более производительными прямыми инструментальными методами, совмещающими в себе как пробоподготовку, так и анализ минерального состава проб.

Методика эксперимента

Требованиям оперативного химико-аналитического контроля объектов растительного и животного происхождения на содержание различных металлов наилучшим образом удовлетворяет лазерный атомно-эмиссионный многоканальный спектральный анализ, отличающийся многоэлементностью, сравнительной простотой подготовки образцов и довольно низкими пределами обнаружения [4, 5]. Многие вопросы, возникающие при создании оптимальных условий для проведения исследований приповерхностной плазмы могут быть эффективно решены при использовании лазерного многоканального атомно-эмиссионного спектрометра LSS-1. Спектрометр включает в себя в качестве источника возбуждения плазмы двухимпульсный неодимовый лазер с регулируемой энергией и интервалом между импульсами (модель LS2131 DM). Лазер обладает широкими возможностями как для регулировки энергии импульсов (до 80 мДж), так и временного интервала между сдвоенными импульсами (0-100 мкс) излучения. Лазер может работать с частотой повторения импульсов до 10 Гц и максимальной энергией излучения каждого из сдвоенных импульсов до 80 мДж, на длине волны 1064 нм. Длительность импульсов ≈ 15 нс. Временной сдвиг между сдвоенными импульсами может изменяться с шагом 1 мкс. Лазерное излучение фокусировалось на образец с помощью ахроматического конденсора с фокусным расстоянием 100 мм. Размер пятна фокусировки примерно равен 50 мкм. Используя расфокусировку можно увеличить область обработки до 2 мм.

В качестве объектов исследования для разработки методов экспресс-анализа послойного содержания элементов и влияния сезонности на загрязнение окружающей среды использованы образцы коры ели обыкновенной, взятые на территории Минска (пр-т Независимости 4 — МпН4). Образцы коры для анализа отбирали в летний (июль 2017 г) и летний (июнь 2018 г) период с верхней и нижней частей нижних веток ствола деревьев, а также, для сравнения, из Березинского биосферного заповедника (ББЗ), взятые в мае-июне.

Для проведения экспериментов предварительно были отобраны участки коры ели с преимущественно ровной поверхностью размером 10×10 мм², которые наклеивались с помощью двустороннего скотча на поверхность держателя образцов (пластинка из оргстекла), а затем на 15 минут помещались под груз, для наиболее равномерного распределения образца по поверхности пластинки.

Результаты и их обсуждение

Анализировались суммарные результаты 40 последовательных импульсов из нескольких точек образцов коры. На рис.1 приведены интенсивности линий ряда элементов (Ca, Al) в образцах коры ели МпН4 взятых в июне 2018 года при энергиях импульсов возбуждения 35 мДж и между импульсным интервале 8 мкс.

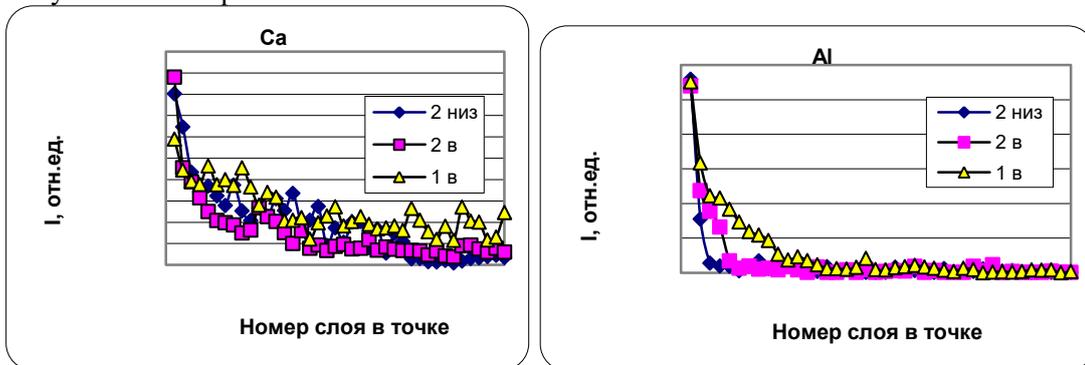


Рис. 1. Зависимость интенсивности линий Ca II (393,367 нм), Al I(396,153 нм) в образцах коры: 1 в – образец 1 верхняя часть; 2 в и 2 н - образец 2 верхняя и нижняя часть ветки.

Зависимости интенсивности линий Ca, Al, Ti и Fe в последовательных 10 слоях коры ели образцов МпН4, взятых летом и зимой, приведены на рис. 2.

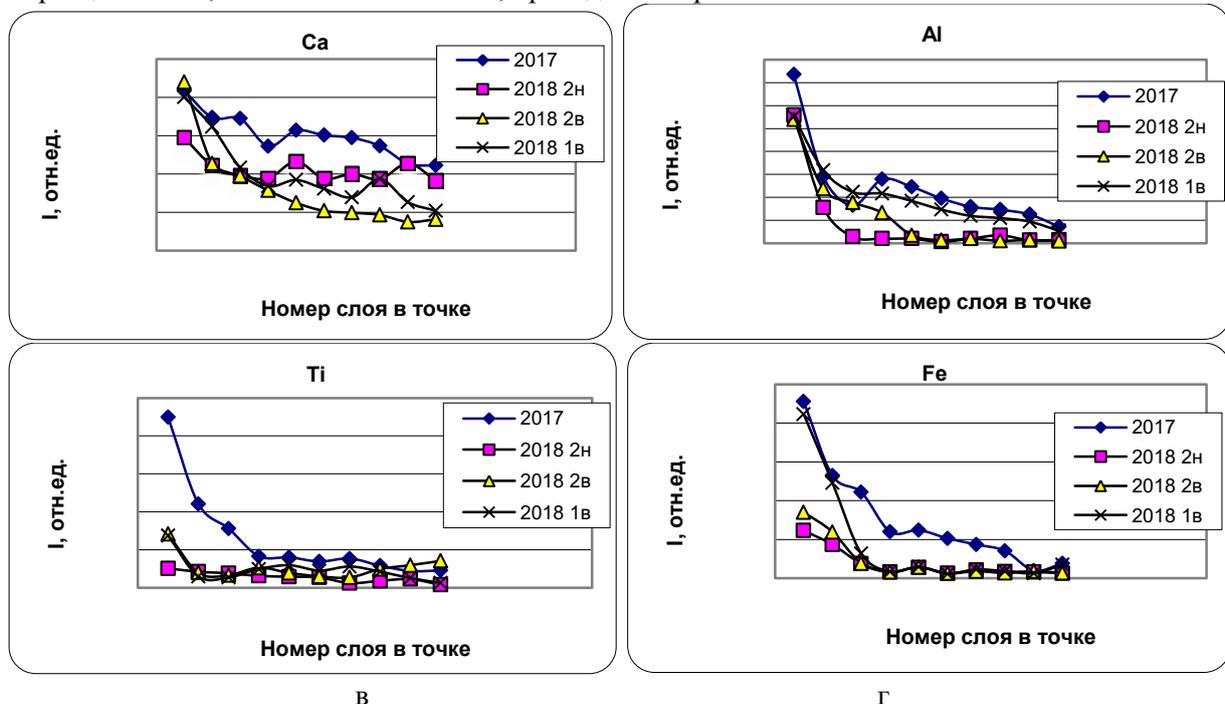


Рис. 2. Зависимость интенсивности линий Ca II (393,367 нм), Al I(396,153 нм), Fe I (382,04 нм), Ti II (368,52 нм) в последовательных слоях образцов коры ели.

Из анализа экспериментальных результатов видно, что наблюдается явный дисбаланс в питании елей, как растущих в различных по экологической обстановке местностях, так и в различные временные сроки. Наблюдается увеличение количества кальция в верхних слоях коры, начиная с сезона борьбы с гололедом. Следует также особо отметить, что процесс накопления Al, Fe, Ti с наступлением лета увеличился, что свидетельствует об усилении процессов поступления их с тротуара, уложенного плиткой. Зима 2017-2018 года была малоснежной, часто наблюдались гололеды. Естественно использовалось очень большое количество соли. На рис. 3 приведены фотографии тротуара, уложенного плиткой. В начале лета количество соли в швах очень большое (см. 3а), а осенью она сохранилась преимущественно у стен зданий (см. 3б).



Рис.3. Фотографии тротуара уложенного плиткой: а – июнь 2018 г; б – сентябрь 2018.

За осенний сезон дождей количество их заметно уменьшилось, о чем свидетельствует уменьшение интенсивности спектральных линий в вессенних образцах коры 2018 года. Таким образом, видно, что большое влияние на количественное содержание элементов в поверхностных слоях оказывают внешние воздействия (осадки, пыль).

Для Минска наблюдается увеличение количества Fe, Ti, Al и Mg в верхних слоях коры в 3-4 раза по сравнению с образцами из ББЗ, начиная с сезона борьбы с гололедом (см. рис. 4).

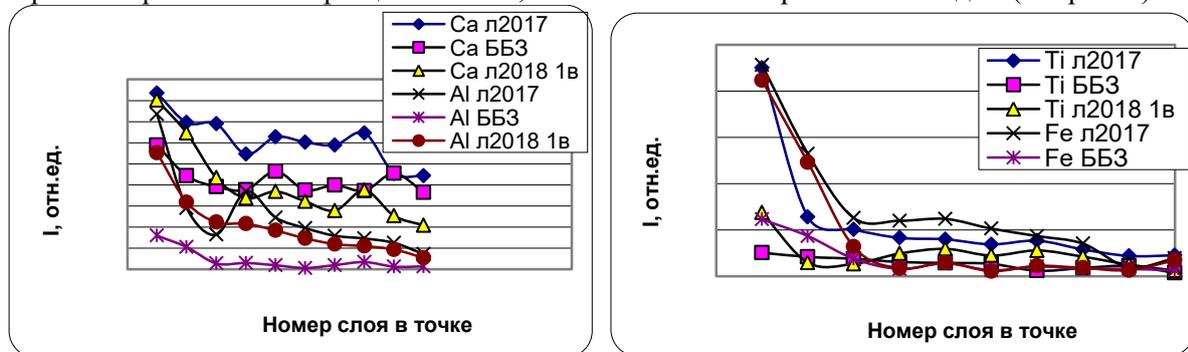


Рис. 4. Зависимость интенсивности линий Ca II (393,367 нм), Al I(396,153 нм), Fe I (382,04 нм), Ti II (368,52 нм) в последовательных слоях образцов коры ели Минска и ББЗ.

Для Минска наблюдается увеличение количества Fe, Ti, Al в верхних слоях коры в 3-4 раза по сравнению с образцами из ББЗ, начиная с сезона борьбы с гололедом. Все сказанное вполне объяснимо. Так как в зимний период в последнее время часто наблюдаются гололедицы, то всевозможных хлоридов на трассы и тротуары высыпают большое количество. Мчащиеся автомобили создают турбулентные потоки воздуха, которые разносят «удобрения» на ветки и кроны. Соль легко проникает в побеги. Одновременно с возрастанием указанных элементов в верхних слоях образца МпН4 появляются и другие металлы.

Однако перед дорожными службами и Госавтоинспекцией стоит своя задача. Главное — обеспечить безопасность дорожного движения. А использование солевых смесей — достаточно эффективный для этого способ. Следовательно, необходимо найти альтернативные варианты, которые устроят и тех и других.

В связи с этим были исследованы образцы солевых смесей, используемые для обработки дорог во время гололеда. Данные объекты представляют собой комбинацию кристаллов различного цвета и формы, что может указывать на содержание в них некоторого количества различных химических элементов, не свойственных биологическим образцам. На рис.5 приведены относительное содержание Al, Fe, Mg и Ti в образцах кристаллов технической соли.

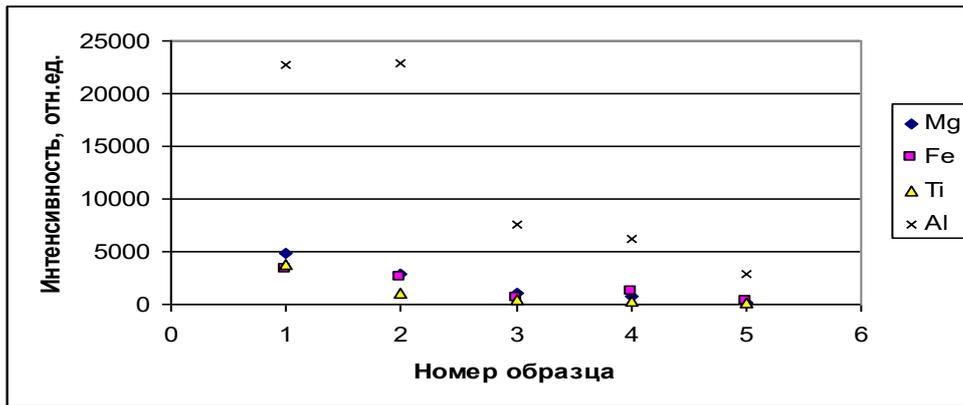


Рис.5. Относительное содержание Al, Fe, Mg и Ti в образцах соли.

Как видно из приведенных данных, основной вклад в загрязнение дают два вида кристаллов — 1 (серый) и 2 (темно-коричневый). В них содержание тяжелых металлов существенно выше, чем в других кристаллах. В частности, содержание алюминия выше более чем в 3 раза. Для остальных элементов концентрация увеличена приблизительно в два и более раза.

Заключение

На основании проведенных исследований можно сделать вывод, что большое влияние на экологическую ситуацию оказывает воздействие реагентов и их элементный состав, при помощи которых дорожные службы растапливают лед.

Малые трудозатраты на пробоподготовку объектов к анализу позволит проводить большой объем анализов проб взятых на больших площадях и проводить слежения за состоянием биоты под влиянием локального и трансграничного переноса поллютантов; выяснять закономерности устойчивого развития экосистем с целью обеспечения научных основ сбережения природных комплексов и устойчивого их использования.

Список литературы

1. Бусько Е.Г., Сидорович Е.А., Рупасова Ж.А. Техногенное загрязнение лесных экосистем Беларуси. – Мн., 1995. – 319 с.
2. Сидорович Е.А., Рупасова Ж.А., Бусько Е.Г. Влияние промышленных эмиссий на химический состав древостоев хвойных фитоценозов // Доклады АН БССР. - 1985.. - Т. XXIX. № 3. - С. 271-274.
3. Дейнеко И.П., Дейнеко И.В., Белов Л.П.. Исследование химического состава коры сосны // Химия растительного сырья. 19, №1 (2007).
4. Сухов Л.Т. Лазерный спектральный анализ. Новосибирск. 1990.
5. Патапович М.П., Булойчик Ж.И. Лазерный искровой спектральный анализ водных растворов кальция при воздействии сдвоенных лазерных импульсов на пористые тела // Вестник БГУ. Серия 1. 14, №3 (2009).

УДК 004.4

**ОРГАНИЗАЦИЯ ОБУЧЕНИЯ МИКРОКОНТРОЛЛЕРНЫМ СИСТЕМАМ СТУДЕНТОВ
СПЕЦИАЛЬНОСТИ «МЕДИЦИНСКАЯ ЭЛЕКТРОНИКА»**П.В. КАМЛАЧ, В.И. КАМЛАЧ, И.И. РЕВИНСКАЯ,
Д.П. КУНИЧНИКОВ, А.Г. КАПИТАНЧУК*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники***Аннотация.** Разработан лабораторный практикум для обучения микроконтроллерным системам студентов специальности «Медицинская электроника»*Ключевые слова:* Микроконтроллер, симулятор, обучение.**Abstract.** Developed a laboratory workshop for teaching microcontroller systems for students of the specialty "Medical Electronics".*Keywords:* Microcontroller, simulator, training.**Введение**

Овладение научными подходами и практическими знаниями по методам расчета, принципам конструирования и технологическим подходам к выбору и использованию различных типов управления микропроцессорными системами, изучение основ организации и функционирования различных типов микропроцессорных больших интегральных схем (БИС) и их использование для построения электронных микропроцессорных систем является основной целью учебной дисциплины «Программно-управляемые микроконтроллерные устройства» на кафедре Электронной техники и технологии в Белорусском государственном университете информатики и радиоэлектроники.

Задачами учебной дисциплины являются получение компетенций для решения профессиональных задач, приобретение знаний об основах использования микроконтроллеров при построении электронных микропроцессорных систем, порядке и методике проектирования и оценки параметров микропроцессорных систем, приобретение навыков анализа методов проектирования электронных микропроцессорных систем на основе программируемых логических матриц, однокристальных ЭВМ, периферийных интерфейсных контроллеров, изучение принципов управления техническими средствами различного назначения, овладение методами программирования на языке Си, и методами синтеза устройств сопряжения контроллеров с внешними элементами.

Основная часть

В университете активно развивается дистанционная форма образования, для чего необходимо разрабатывать новые подходы в изучении существующих дисциплин. Для изучения микроконтроллеров необходимо иметь студенту отладочную плату и программное обеспечение (ПО). Часто производители микроконтроллерных систем бесплатно поставляют ПО. Проблему отсутствия отладочной платы у обучаемого можно решить, используя программы для симуляции работы электронных схем, например, PROTEUS VSM. Большинство программ дающих возможность моделирования работы программируемых устройств является платными, и зачастую стоимость такого пакета выше стоимости отладочной платы. Для обучения студентов по дистанционной форме применяется свободно распространяющийся пакет PICSimLab (рисунок 1).

PICSimLab – это эмулятор разработки в реальном времени с интегрированным отладчиком MPLABX / avr-gdb. PICSimLab поддерживает микроконтроллеры picsim (PIC16F84, PIC16F628, PIC16F648, PIC16F777, PIC16F877A, PIC18F452, PIC18F4520, PIC18F4550 и PIC18F4620) и микроконтроллер simavr (ATMEGA328). PICSimLab имеет интеграцию с MPLABX / Arduino IDE для программирования микроконтроллеров плат.

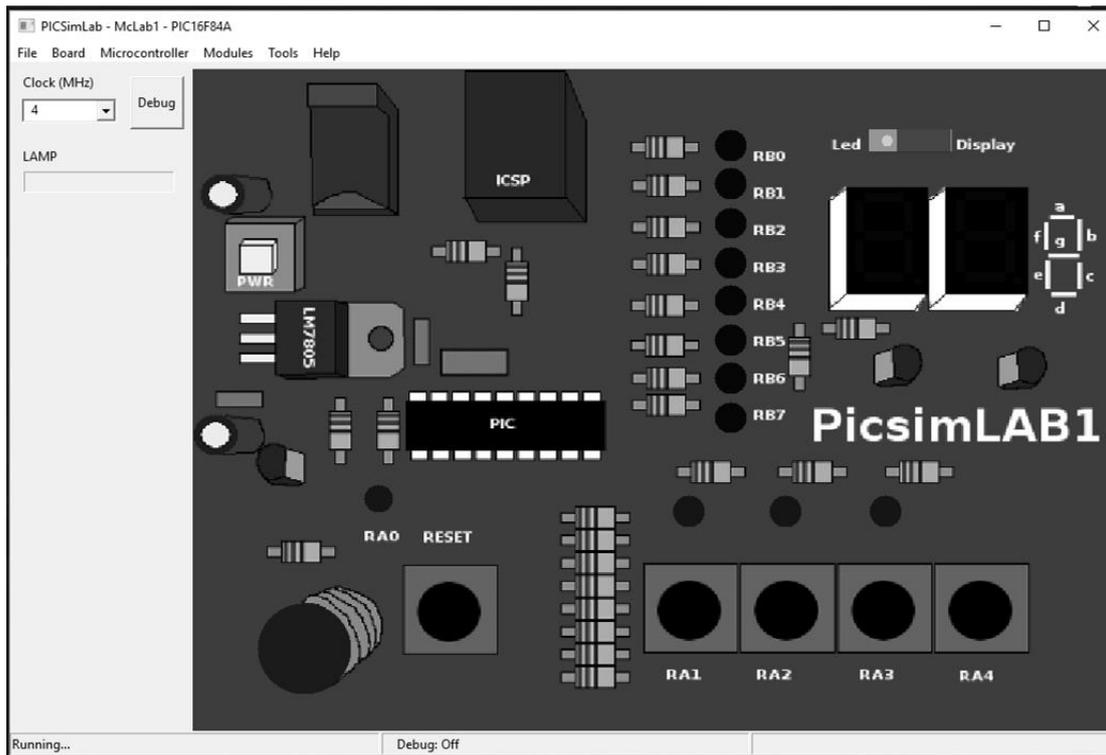


Рисунок 1 – Стартовое окно PICSimLab.

PICSimLab эмулирует работу пяти плат: *McLab1*, *K16F*, *McLab2*, *PICGenios* и *Arduino*

Для программирования микроконтроллеров используется среда программирования MPLAB X IDE. MPLAB — интегрированная среда разработки, представляющая собой набор программных продуктов, предназначенная для облегчения процесса создания, редактирования и отладки программ для микроконтроллеров семейства PIC, производимых компанией Microchip Technology. Среда разработки состоит из отдельных приложений, связанных друг с другом и включает в себя компилятор с языка ассемблер, текстовый редактор, программный симулятор и средства работы над проектами, также среда позволяет использовать компилятор с языка C.

Разработано 6 лабораторных работ на базе PICSimLab:

1. Создание базового проекта для микроконтроллера. Порты ввода-вывода.
2. Прерывания. Обработка внешних прерываний.
3. Таймеры.
4. Работа с АЦП
5. Работа с ЦАП
6. Работа микроконтроллера с индикатором

Заключение

В результате изучения дисциплины по дистанционной форме обучения студенты будут знать:

- схемотехническую реализацию, расчет и синтез цифровых и аналоговых ИС;
- методы микроконтроллерного управления техническими средствами;
- методы программирования на языке Си;
- методы синтеза устройств сопряжения микроконтроллеров с внешними устройствами

Литература

1. Яценков, В.С. Микроконтроллеры Microchip. Практическое руководство. – 2-е изд. испр. и дополн. – М.: Горячая линия – Телеком. 2008 – 280с. ил.
2. Мортон Дж. Микроконтроллеры AVR. Вводный курс. /Пер. с англ. – М.Издательский дом «Додека – XXI» 2006 – 272с. ил.

УДК 615.47.621.39

ПРИНЦИПЫ РАЗРАБОТКИ АППАРАТУРЫ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ВОЗДЕЙСТВИЯ НА БИОЛОГИЧЕСКИЕ ОБЪЕКТЫ НИЗКОЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ИМПУЛЬСНОГО МИКРОВОЛНОВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ С БОЛЬШОЙ ПИКОВОЙ МОЩНОСТЬЮ

А.В. РУБАНИК¹, А.П. СИВАКОВ²

¹ *Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники*

² *Белорусская медицинская академия последипломного образования*

Введение. В последнее время мы являемся свидетелями активизации исследований влияния на биологические объекты радиоизлучений различных типов. Это объясняется, с одной стороны, все более интенсивным воздействием на человеческий организм электромагнитного излучения в процессе профессиональной деятельности и в быту и соответственно стремлением защититься от негативных последствий этой стороны человеческого прогресса. С другой стороны, возникла потребность использовать электромагнитное излучение для профилактики и лечения болезней ввиду простоты и неинвазивности такого воздействия на организм.

При исследовании влияния на биологические объекты радиоизлучений самым существенным является изучение механизмов взаимодействия биологических объектов с электромагнитным излучением. При этом используются различные подходы для изучения воздействия маломощного излучения (информационные дозы) и мощного (тепловые дозы). В стороне от этих двух основных направлений исследований лежит изучение воздействия на живые организмы импульсного излучения с большой импульсной мощностью и малой (нетепловой) средней мощностью. Ряд данных говорит о том, что в этом случае возникают новые эффекты, отсутствующие в экспериментах с маломощным и тепловым воздействием [1]. Малая исследованность этого направления объясняется главным образом сложностью и нестандартностью требуемой для исследований аппаратуры.

В связи с вышесказанным мы видим крайне актуальным на сегодняшний день решение следующих задач: а) исследование влияния мощного электромагнитного излучения на биологические объекты; б) изучение механизмов воздействия и создание моделей этого воздействия; в) определение требований к аппаратуре для исследований и создание этой аппаратуры.

В отличие от маломощного электромагнитного излучения, которое по последним представлениям может влиять на внутриклеточные и межклеточные потенциалы, может воздействовать на проводимость и другие параметры нервных клеток, а также через эти элементарные воздействия регулировать процессы обмена в тканях и влиять на органы и системы организма в целом, мощное импульсное излучение наряду с перечисленными воздействиями приводит также к структурным изменениям на молекулярном уровне (ионизация молекул, изменение молекулярной структуры органических веществ, активация новых электрохимических реакций, ускорение химических реакций, и т. д.) и необратимым изменениям на уровне органелл и клеток. При этом в масштабе организма наблюдаются следующие эффекты: изменение скорости регенерации нервных клеток, изменение параметров энцефалограммы, влияние на процессы торможения и активации ЦНС, изменение кровенаполнения тканей, кожных покровов, изменение числа лимфоцитов, и т. д. [2].

Количественные оценки мощности воздействующего на биологические объекты излучения основываются практически во всех исследованиях на принципах дозиметрии. В качестве базовых величин воздействующей или поглощаемой электромагнитной энергии используется или поверхностная плотность падающей мощности, измеряемая в ваттах на квадратный сантиметр поверхности биологического объекта, или объемная поглощаемая мощность, измеряемая в ваттах на килограмм массы биологического объекта. Для излучений с большой импульсной мощностью и малой средней мощностью с разной несущей частотой применение дозиметрических методов количественных оценок не дает верную картину явлений. Если не рассматривать тепловой эффект воздействия мощного импульсного излучения на биологические объекты, то механизм специфического воздействия импульсного излучения заключается в электрохимических, биохимических и ряде других изменений в тканях, которые обусловлены воздействием на внутриклеточные и межклеточные структуры именно высоких напряжений и импульсных токов. Этот механизм связан не со средними по времени энергетическими характеристиками излучения, а с импульсной мощностью и соответственно с импульсной напряженностью электрического поля, которая измеряется в вольтах на сантиметр.

Ввиду отсутствия серийно изготавливаемой экспериментальной аппаратуры для такого рода исследований возникает необходимость разработки специальной аппаратуры с заданными параметрами. Основным требованиям к такой аппаратуре являются:

- 1) обеспечение максимальной импульсной мощности в выбранном частотном диапазоне;
- 2) возможность управления временными характеристиками СВЧ импульса – длительностью импульса и периодом повторения импульсов.

Анализ возможных технических средств, которые могут обеспечить указанные требования, показывает, что наилучшим решением для решения данной задачи является генератор на импульсном магнетроне. Такие генераторы в сравнении с генераторами на других вакуумных приборах, а также твердотельными источниками мощности обладают максимальной мощностью при минимальных массо-габаритных характеристиках.

При выборе частоты электромагнитного импульса необходимо учитывать, что в диапазоне сантиметровых и миллиметровых волн уменьшается поглощение энергии облучаемыми тканями, и взаимодействие с полем происходит в тонком скин-слое толщиной несколько миллиметров или доли миллиметра. Величина отраженной мощности составляет порядка 90% от падающей. Из-за этого система генерации электромагнитного импульса становится неэффективной. Кроме этого, применение больших мощностей на высоких частотах ограничивается низким пробивным напряжением волноводного тракта. На низких частотах излучения поглощение энергии тканями также падает. С учетом сказанного определенными преимуществами обладает диапазон частот на стыке дециметрового и сантиметрового диапазонов. В этом частотном диапазоне (2-4 ГГц) ткани эффективно поглощают электромагнитную энергию. По этой же причине микроволновые печи бытового применения работают на частоте 2,45 ГГц. Также в этом диапазоне имеются доступные мощные генераторные приборы СВЧ излучения.

Для определения предельной рабочей мощности магнетрона следует учесть, что фактором, ограничивающим максимальные импульсные мощности генераторных СВЧ приборов, является электрический пробой воздуха в волноводном тракте [3]. К примеру, на частоте 3 ГГц пробойная мощность стандартного волновода сечением 72×34 мм с учетом эксплуатационного запаса составляет около 1 МВт. Этой мощности соответствует напряженность электрического поля 9,5 кВ/см.

При исследованиях воздействия больших импульсных мощностей на биологические объекты могут одновременно присутствовать как эффекты воздействия импульсной напряженности поля, так и эффект теплового воздействия. Поскольку эти эффекты имеют совершенно разную природу, целесообразно для чистоты эксперимента отделить их один от другого. В связи с этим в плане изучения поставленной задачи необходимо обеспечить такую падающую и поглощаемую тканями мощность, которая не приводит к существенному увеличению температуры тканей. Рассчитаем ориентировочные параметры импульсных сигналов с нетепловым воздействием для частоты 3 ГГц.

Расчет теплового эффекта одиночного радиоимпульса мощностью 1 МВт и длительностью 1 мкс при нагреве тела, к примеру, лабораторной мыши показывает следующее. В предположении, что вся падающая мощность поглощается, тело лабораторной мыши массой 20 г нагревается на $0,012^{\circ}\text{C}$ при поглощении энергии импульса величиной 1 Дж. Данный расчет показывает, что в экспериментах с большой мощностью электромагнитного импульса при длительности импульсов порядка 1 мкс влиянием теплового воздействия излучения можно пренебречь.

В соответствии с вышеизложенными обстоятельствами была разработана экспериментальная установка для изучения воздействия мощного импульсного излучения на биологические объекты. На рисунке 1 приведена структурная схема установки.

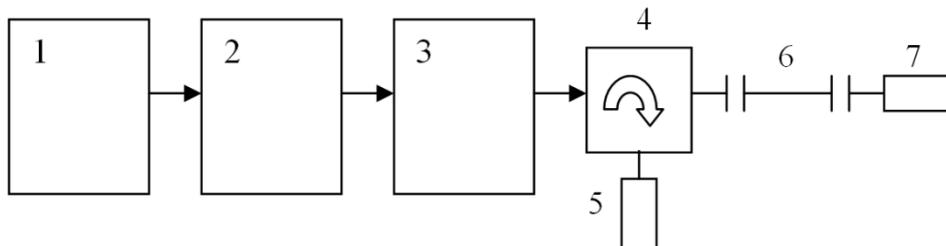


Рисунок 1 – Структурная схема установки для изучения воздействия мощного импульсного излучения на биологические объекты: 1-задающий генератор; 2-модулятор; 3-магнетрон; 4-циркулятор; 5, 7-нагрузка; 6-волноводная вставка

Установка работает следующим образом. Задающий генератор 1 формирует импульсы запуска с нужной частотой повторения либо в однократном режиме, модулятор формирует сигналы импульсного питания магнетрона с параметрами: амплитуда 30 кВ, импульсный ток 60 А, длительность импульса 1-3 мкс; магнетрон 3 генерирует радиоимпульс частотой 3 ГГц с импульсной мощностью 0,9 МВт. Сигнал магнетрона через циркулятор 4 поступает на вход волноводной секции 6, в которой размещен биологический материал (животное или образцы тканей). Часть сигнала поглощается исследуемым образцом, часть сигнала поступает в нагрузку 7, отраженный от исследуемого образца сигнал поступает в нагрузку 5. Исключение из схемы нагрузки 7 позволяет производить контактное облучение кожных покровов человека из открытого конца волновода.

Заключение. Разработана аппаратура для исследования воздействия на биологические объекты низкоэнергетического импульсного микроволнового излучения с большой пиковой мощностью. Данная аппаратура предназначена для целого ряда исследований влияния нетеплового воздействия импульсного излучения на структуры нервной системы, тканевый обмен, показатели крови и другие характеристики организма.

Литература

1. Девятков Н.Д., Бецкий О.В., Кабисов Р.К., Морозова Н.Б., Плетнев С.Д., Файкин В.В., Чернов З.С. Воздействие низкоэнергетического импульсного КВЧ- и СВЧ-излучений наносекундной длительности с большой пиковой мощностью на злокачественные образования (опухоли) у животных. //Биомед. радиоэлектрон.—1988—№1—С.56-62.
- 2 Перельмутер В.М., Ча В.А., Чуприкова Е.М. Медико-биологические аспекты взаимодействия электромагнитных волн с организмом – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2009.—128 с.
3. Фельдштейн А.Л., Явич Л.Р., Смирнов В.П. Справочник по элементам волноводной техники. //Советское радио, Москва—1967.

УДК 616.31:617.52]-089-78:621.373.826

ПРИМЕНЕНИЕ ПОЛУПРОВОДНИКОВОГО ХИРУРГИЧЕСКОГО ЛАЗЕРНОГО АППАРАТА В ХИРУРГИЧЕСКОЙ СТОМАТОЛОГИИ И ЧЕЛЮСТНО-ЛИЦЕВОЙ ХИРУРГИИ

И.Г. ЛЯНДРЕС¹, А.П. ШКАДАРЕВИЧ¹, С.К. ДИК¹, И.А. КАКШИНСКИЙ¹, Т.Б. ЛЮДЧИК²,
О.М. БАЗЫК-НОВИКОВА³, Т. ГУРБАНОВ²

¹Унитарное предприятие «НТЦ «ЛЭМТ» БелОМО»

²Белорусская медицинская академия последипломного образования,

³11 городская клиническая больница г. МинскаТел. +375 17.266.26.68, эл. почта

Резюме. Представлен полупроводниковый лазерный аппарат «Диолаз 940-6», разработанный Научно-производственным унитарным предприятием «Научно-технический центр «ЛЭМТ» БелОМО», показания для его применения в хирургической стоматологии, челюстно-лицевой и миниинвазивной хирургии. Описаны технологические хирургические приемы, позволяющие использовать преимущества лазерного излучения в хирургической стоматологии и челюстно-лицевой хирургии на примере использования полупроводникового лазера при лечении заболеваний маргинального периодонта и патологии околоушных желез.

Ключевые слова: полупроводниковый лазер, лазеры в стоматологии, Диолаз 940-6

Summary. Semi-conductor laser apparatus "Diolaz 940-6" developed by the "Research and Production Unitary Enterprise "Scientific and Technical Center" LEMT "BelOMO", medical indications for its application in surgical stomatology, maxillofacial and mini-invasive surgery. Technological surgical techniques are described that allow using the advantages of laser radiation of surgical dentistry and maxillofacial surgery using the example of using a semiconductor laser in the treatment of diseases of marginal periodontal disease and surgery of the parotid glands.

Key words: Semi-conductor laser, laser in stomatology, Diolaz 940-6.

Развитие лазерной медицинской техники открывает широкие возможности в стоматологии и челюстно-лицевой хирургии. Эволюция развития лазерной аппаратуры для стоматологии перетерпела несколько этапов. Сначала появились CO₂ - и неодимовых лазеры, затем низкоинтенсивные гелий-неоновые, а также инфракрасные лазеры. Эти лазерные установки предназначались для

общей хирургии и имели большие размеры, узкий диапазон настроек, неудобные рабочие терминалы, что значительно ограничивало их использование в стоматологии. Со временем были разработаны аппараты нового поколения с непрерывным, импульсно-периодическим и суперимпульсным режимами излучения, широким диапазоном настроек и улучшенной эргономикой [1].

В настоящее время широко применяются полупроводниковые портативные лазерные установки в диапазонах длин волны 940-980 нм, мощностью до 7 Вт, излучающие в непрерывном и импульсно-периодическом режимах. В Республике Беларусь в стоматологии используются хирургические полупроводниковые лазеры фирм - производителей «Sirona Dental Systems», «KaVo Dental Excellence» (Германия) и «BioLaser» (США-Германия). Поэтому является актуальной разработка и производство отечественного лазера для стоматологии, сопоставимого по техническим характеристикам с зарубежными образцами.

Научно-производственным унитарным предприятием «Научно-технический центр «ЛЭМТ» БелОМО» разработан лазерный аппарат «Диолаз 940-6». Аппарат предназначен для использования в хирургической стоматологии в амбулаторных условиях, при оперативных вмешательствах в челюстно-лицевой и миниинвазивной хирургии, для применения в дерматологии (рис. 1). Обеспечивает бескровное рассечение тканей, минимальную болезненность, хороший лечебный эффект.

Основные технические характеристики: используется полупроводниковый лазер, излучающий на длине волны $940 \pm 10\%$ нм, мощностью – 0,5-6 Вт; режимы работы: непрерывный, импульсно-периодический, режим одиночных импульсов. В комплект поставки входит световод с наконечником для коагуляции, рассечения тканей и работы в зубном канале, световодный кабель с фокусатором для бесконтактной коагуляции. Наконечники имеют угол кривизны рабочего конца 45° .



Рисунок 1 – Аппарат «Диолаз 940-6»

Меню аппарата содержит перечень основных оперативных вмешательств в стоматологии и параметры воздействия. Кроме того, существует позиция (пункт меню) – свободный режим (“user”), позволяющий выбрать параметры для операций, не включенных в меню. Волоконно-оптический кабель имеет диаметр – 400-440 мкм, длину - 3000 мм, разъем - SMA 905. Ножная педаль специальная, с двойным нажатием, масса до 600 г. Масса аппарата в комплекте 1700 г. Габариты - 250x200x80 мм. Потребляемая мощность - не более 60 Вт.

Используя аппарат «Диолаз 940-6» мы убедились в значительных преимуществах лазерных технологий: легкий доступ к любой зоне операционного поля; максимальный комфорт для врача и пациента; сухое операционное поле; возможность выполнения точных разрезов мягких тканей; стерилизация и абластика операционного поля; отсутствие риска перекрестной инфекции; ускоренное заживление раневой поверхности.

В хирургической стоматологии лазерное излучение использовано при обработке парадентальных карманов и дезэпителизации лоскутов в периодонтальной хирургии; обработке кистозной полости и цемента корня, выступающего в костную полость во время цистэктомии при радикулярных кистах челюстей, гингивэктомии и френэктомии; коагуляции афтозных язв; удалении сли-

зистой, пораженной лейкоплакией; удалении ретенционных кист малых слюнных желез и простых гемангиом, эпюлисов альвеолярных отростков челюстей, папиллом ротовой полости и кожи [2].

Лазерное воздействие, в зависимости от целей, осуществляется либо контактно, либо бесконтактно. Основное отличие контактного и бесконтактного методов заключается в том, что при контактном методе плотность энергии и мощности лазерного излучения значительно выше, чем при бесконтактном. Так, в случаях, когда требуется осуществить абляцию биологической ткани, например, для санации раневой поверхности, - используют преимущественно бесконтактный метод. В случае же, когда требуется рассечь ткани, применяется контактный метод [3].

Применение полупроводникового лазера при лечении заболеваний маргинального периодонта

Особенно ценным для хирургической стоматологии является возможность применения высокоэнергетического лазерного излучения при хирургическом лечении заболеваний маргинального периодонта [4]. Лазерное излучение можно применить практически на всех этапах операции [1]: при формировании и дезэпителизации лоскута; при удалении грануляционной ткани из кармана; при обработке цемента корня зуба.

Лазерное излучение при этом обеспечивает стойкий гемостаз, санирует карманы, вызывая гибель патогенной микрофлоры; подготавливает цемент корня зуба к вторичному приживлению десны, существенно уменьшает отёк тканей и болевой синдром в послеоперационном периоде [5].

Применение полупроводникового лазера при патологиях околоушных желез

В экспериментальных исследованиях нами доказано, что во время резекции околоушной железы (по поводу доброкачественных опухолей эпителиального и неэпителиального генеза, хронического воспалительного процесса, обусловленного наличием слюнного конкремента в внутрижелезистых протоках) использование высокочастотной электрохирургической установки может привести к эффекту «тоннелизации» электротока при работе на протоковой системе железы, содержащей электролит – слюну, а также к перегреву тканей, ведущему к их необратимому некрозу. При этом возможно нарушение функции лицевого нерва (парез мимической мускулатуры соответствующей половины лица) даже при отсутствии его визуализации в операционной ране, что психологически влияет на хирурга [6, 7].

Результаты применения полупроводникового лазера «Диолаз 940-6» в эксперименте показали, что высокоинтенсивное лазерное излучение оказывает более щадящее термическое действие на ткань слюнной железы по сравнению с высокочастотным электрокоагулятором; репаративные процессы в лазерной ране наступают раньше - наблюдается раннее отхождение лазерного струпа с восстановлением нормальной структуры железы; при использовании лазерного излучения отмечено формирование новообразованных нервных стволиков и неоангиогенез, что свидетельствует о биостимулирующем эффекте лазерного излучения; происходит формирование рубца, не приводящего к нарушению функции слюнной железы и лицевого нерва.

В клинической практике при применении разработанного метода лазерной резекции околоушной железы отмечалось снижение количества послеоперационных осложнений (нейропатий и сером), удобство манипулирования в ране при использовании оптического увеличения, уверенность хирурга при работе в непосредственной близости от ствола или ветвей лицевого нерва (инструкция по применению, утвержденная Министерством здравоохранения Республики Беларусь (регистрационный № 024-0516 от 08.09.2016 г.). Разработанный метод защищен патентом (№ 21250 от 11.05.2017).

Не менее интересным для челюстно-лицевой хирургии является применение высокоэнергетического лазерного излучения при хронических и реактивно-дистрофических процессах больших слюнных желез. Эти заболевания протекают длительно, порой с частыми обострениями, постоянно ухудшающимися процессами образования слюны и ее выведения, тем самым создавая условия для развития склеротических процессов в железе с исходом в цирроз. Поэтому патогенетическое лечение должно быть направлено не только на купирование воспалительных процессов, но и уменьшение процессов склерозирования и реваскуляризацию железистой структуры [8].

В настоящее время в экспериментальных условиях в соответствии с правилами работы с лабораторными животными и с учетом принципов Всемирного общества охраны животных (WSPA), под общим обезболиванием проводится работа по лазерной реваскуляризации (аппарат «Диолаз 940-6», мощность 3-4 Вт, импульсно-периодический режим) околоушной железы у мор-

ских свинок после создания модели хронического сиалоаденита. (разработана модель хронического сиалоаденита слюнной железы - заявка на патент 114/8).

Таким образом использование высокоэнергетического лазерного излучения в клинических условиях позволяет улучшить как результаты лечения пациентов, так и эргономические и психологические аспекты работы врачебного персонала.

Литература

1. Ляндрес, И.Г. Современные лазерные технологии в стоматологии: монография/ И.Г. Ляндрес, А.П. Шкадаревич, Т.Б. Людчик; под общ.ред. И.Г. Ляндреса- Минск : Медьял, 2017. – 218 с.
2. Хирургические методы лечения заболевания маргинального периодонта (операции на прикреплённой десне) /А.В. Глинник [и др.]: Учебн.-метод. пособие.-Мн:БГМУ, 2014 -52с
3. Ляндрес, И.Г. Лазерные технологии в хирургии и фотодинамической терапии. Монография / И.Г. Ляндрес, А.П. Шкадаревич, Т.Б. Людчик, В.Л. Семенчук. – Минск: Медьял, 2018. – 319 с.
4. Курочкина, А.Ю. Дифференциальный подход к выбору способа антимикробной терапии болезней периодонта (экспериментально- клиническое исследование): автореферат дис. ... канд.мед.наук: 14.01.14/ А.Ю. Курочкина; Белорусская медицинская академия последипломного образования.-Минск, 2011.21 с.
5. Излучения высокоэнергетических лазеров в хирургическом лечении заболеваний периодонта / Людчик Т.Б. [и др.] // Лазерная медицина.- 2008. – Т.12, вып.3. – С26-27
6. Базык-Новикова, О.М. Повреждения лицевого нерва при операциях на околоушной слюнной железе / О.М. Базык-Новикова, Т.Б. Людчик// БГМУ: 90 лет в авангарде медицинской науки и практики. Сборник научных трудов. Выпуск4. 2014г. С.168-170
7. Людчик, Т.Б. Хирургическое лечение доброкачественных образований слюнных желез / Т.Б. Людчик, О.М. Базык-Новикова. //Медицинские новости.-№11. -2013- С.35-
8. Гурбанов Т.В. Современный взгляд на хронические воспалительные и реактивно-дистрофические заболевания слюнных желез / Гурбанов Т.В.//Современная стоматология. - 2017. - №4. – С.2-8.

УДК 004.056

**THE INTELLECTUAL ANALYSIS OF THE STATE OF COGNITIVE AND
PHYSICAL DEVELOPMENT OF CHILDREN ON MODERN
BIOTECHNOLOGICAL EQUIPMENT**

A.M. TURGUNOV, Q.R. ZAKHIROV, B.A.SHAROPOVA

Qarshi branch of TUIT named after Muhammajd al-Khorezmi (Uzbekistan)

Muhtorov B.O. Tashkent pediatric medical institute (Uzbekistan)

Annotation: This article addresses the issues of monitoring the cognitive state of children with the help of modern biotechnological devices. With the help of these devices it is possible to analyze the kinematic parameters of the movement of children, the analysis of the health of organs charm in children based on the implementation of specific exercises by children. This allows us to assess the development of conditioned and unconditioned reflexive states of children.

Key Words: Nirvana, patients, impulse, sensor, monitoring

Introduction

After the birth of children, all intuition members are born with unconditional reflexes and increase the functional abilities of these organs throughout the child's lifetime. But when does this functional abundance increase? How will hearing, sight, smell, taste, and sensitivity change your children's age? How much degree will these members function influence on their motion system? All of these are an integral system of the body and the development of the cerebral cortex and the automatic development of the cerebral cortex, these five sensory organs and the motion system develop together in one.

Nowadays It is being clarified how well these functions are medium and how well they are interconnected. The cortex of cerebral develops for some time after birth, and then we try to "compel" our brain. If we do not try to "force" our brains during this time, the brain will continue to develop. Anyone who has been born with a headache or develops some systematic function later on with the brain disorder may weaken any system function. All of these can certainly be achieved by certain stimulation, because the brain is an autonomous organ. When we give stimulus to "brainstorming" brain, the brain reacts to the response that we want or does not want. Although the brain is an autonomous organ, it only impulses the neural cell. These impulses pass through the nervous pathways. These impulses are transmitted in two ways.

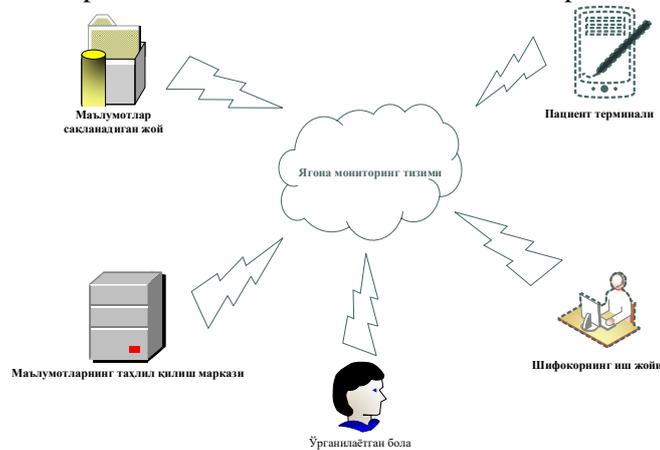
These experiences have been repeatedly studied, but these experiments did not give us the expected results, that is, volunteering without the necessary system of action. It is possible to do an action, but this is an analysis that is not synthesized in the human brain. If we can connect this movement with five sensory organs, we will achieve the necessary effort. In addition, today the brain microchips have been created with, which, like pacemakers, impulses itself, which implements only the movement of the impulse by passing the spine-specific impulses unilaterally. Because in many patients with severe acute cerebral hemorrhage, peripheral and central paralysis and paresis arise from the microscopic system, but we can not restart intuition. In neurons, continuous analysis-synthesized impulses are formed and transmitted through the nerve pathways. The brain automatically controls a whole system, and we just add it to it.

The main part

As you can see, the impulses are created only in one place and reach other places. If there is a hot object or a sharp object in our body, then the impulse also goes to the central part of the brain. But we can not say that this is an analysis-synthesized impulse. We call it a stimulus impulse. Present microchips or pacemakers are the same stimulus impulses. Here are some of the stimulus impulses that have passed the arm or leg amputation and later set up orthopedic devices to mechanically activate these devices through stimulating impulses. But these actions only need to be fulfilled, that is, to fulfill our everyday needs, or to automatically generate pulse marks or create impulses through any user button. We must get analysis-synthesized impulses. It has a great deal of benefit in patients with hemorrhagic stroke and its complications. Let's say, the neuron cell is a large factory producing machine. Let's say that the machines are impulses, and the big trail running on the car is nerve fibers. If there are no workers, the cars will not come out and on the highway there will be no parking. This means that in patients with parenchymatous hemorrhagic stroke, the neural cell dies and the impulse does not occur. Nowadays, these microchips are the only way to create a perpendicular path to the highway. These impulses are only temporal and stimulating impulses. That's why we need to create a new analysis-synthesized impulse plant, a new neural cell. To

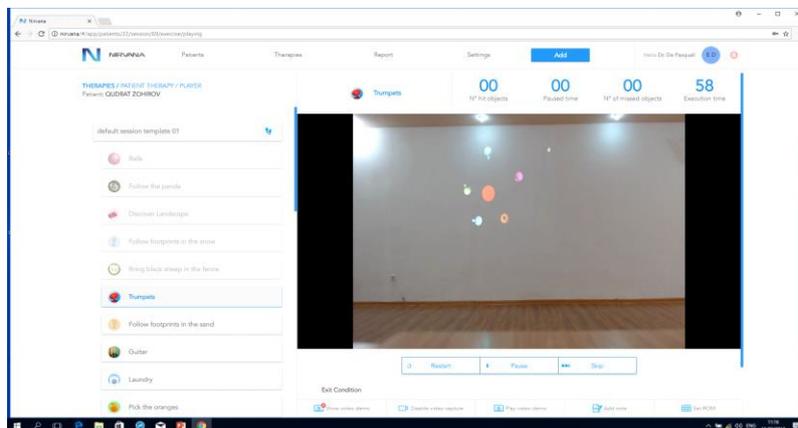
do so, we must try to use all the sensory organs and systems of action for the development of the embryonic development and subsequent growth of children in the mother's abdomen. As we have already mentioned, the stimulus impulse goes to neuron, but from there it can not be analyzed and synthesized. So we have to try to use a whole site together or create a new neural cell.

In view of this, "Biotechnical Analytical Instruments" have been developed to date to determine whether their sensory organs and movement systems are working in harmony with their age. These devices, manufactured by Nirvana, operate on the basis of distant and known patients (Figure 1).



Picture 1. Basic components of the remote monitoring system

Here, it can be seen that the vision, hearing, and motion system depend on one another in relation to monitoring. This new diagnostic device is loaded on the ground and put on the baby at the time of the discharge. In front of a kid, balls of different colors are formed. When the child grabs this spiral, the spherical "splitting" becomes a stimulus for the child to have a reflex of reflection, which is why the neurons in the center of the higher nervous system increase the function of the kidneys because the child is undesirable in the head. As a result of many impulses from these neurons, endorphins and encephalins are separated from the brain brain neurons, and the baby is able to hear it again. This apparatus is responsible for exercise in the supply based on the age of the child (Figure 2).



Picture 2. Nirvana software monitoring interface

At the same time, the child's exercise status is monitored by the camera. At the same time, the impulse exchange occurs in the communicative nerve fibers associated with the central nervous center of the hearing nervous center and associative neural fibers linking the central nervous centers of the two hemispheres.

The child's condition is assessed by multi-parameter bioinformation signals. In the analysis, the signaling model participates in the process and object. Because the signal values are variable, the experimental mathematical model and differential values are calculated by interpolation and approximation methods. The experimental transients are differentiated through the Taken's theorem. The optional signal reception source is brought to the standard form for all system modules, all its coefficients are passed to the $f(t)$ - linear function.

In device bio signals are based on the sensors location. For example, an extended view of two bio signals entries $x_1(t)$ and $x_2(t)$

$$X(t) = [x_1(t), \dots, x_1(t + (n_1 - 1)\tau), x_2(t), \dots, x_2(t + (n_2 - 1)\tau)]$$

will be. Because we are learning dynamic processes, the vector can be as follows:

$$\begin{bmatrix} y_1 \\ \vdots \\ y_{n_1-1} \\ y_{n_1} \\ \vdots \\ y_{n_1+n_2-2} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x_1(t) \\ \vdots \\ \frac{d^{n_1-1}}{dt^{n_1-1}} x_1(t) \\ x_2(t) \\ \vdots \\ \frac{d^{n_2-1}}{dt^{n_2-1}} x_2(t) \end{bmatrix},$$

$$\begin{aligned} y_{n_1} &= f_1(Y); \\ y_n &= f_2(Y), \end{aligned} \quad \text{it is } n_1 + n_2 = n.$$

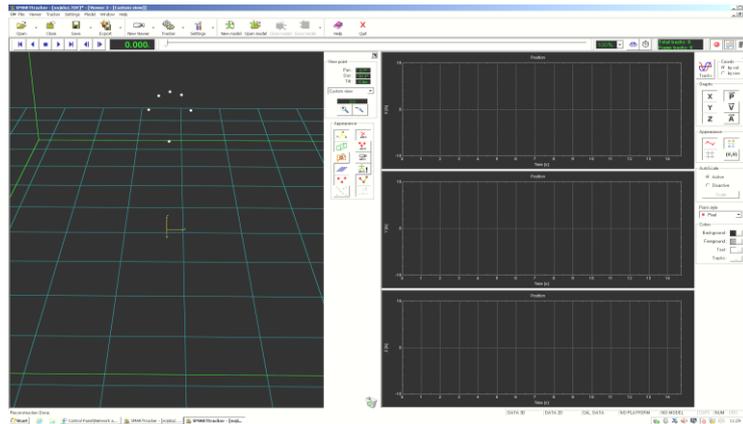
Linear functions for optional polynomial approximation $f_1(Y)$ and $f_2(Y)$ ν the polynomial is achieved:

$$f_j(Y) = \sum_{l_1, l_2, \dots, l_n=0}^{\nu} c_{j, l_1, l_2, \dots, l_n} \prod_{k=1}^n y_k^{l_k}, \quad \sum_{k=1}^n l_k \leq \nu,$$

Here is $c_{j, l_1, l_2, \dots, l_n}$ - an unknown coefficient.

Age-related games are being designed for hearing seeing development of neurons in the upper nerve center of these sensory organs. One of these games is a "laptop monitor", in which the age of the child is detected and the function of central neurons is determined and improved. The child is placed on the monitor and, after putting the baby first, determines the activity of the child, and as a result determines the behavior of the child at this age, and if it is a pathological condition in the act, it is removed from the monitor. If the child is in a normal stage of development, the colored ball that forms in front of it and the neurons in the center of vision are triggered by the enkafaline and endorphins, and the acceleration of the impulse is accelerated. As a result, the child has a different colored balloon, and the baby's eyelid looks at that globe and the impulses formed in the brain's brain and hearing center transmit from the communicative fibers to the upper nerve center neuroscience. The impulse generated at the center of the upper nerve center is transmitted to the center of the spinal cord along the proximal nerve fibers. From here, the nerves are transmitted to the working system through impulse eferent fibers based on the unilateral propagation of the impulse, and the child's muscles move and move towards the sphere. The transition from these centers to one of the pulses is temporal. This monitor has not only children playing but also games that enhance the mental performance of children.

The child should be assigned a sensor device prior to the exercise. Through them, a child's 3D model is created and tracked by the trajectory of the movement (Figure 3).



Picture 3. The look of a child's 3D model

The sensory system is very important to ensure the integrity of the organism. The sensory system's unique feature is that it separates the different effects simultaneously or sequentially. Separation of the signal begins with the receptors and all neurons of the sensor system are involved in this process. In order to have a significant impact on the impact, it must be as large as the previous one. The process of transmitting and transmitting signals in the sensor system involves such important information as at the top of the brain where there is a quick and accurate analysis of information. The signal change is conditionally divided into two types: space and time. Changes in the different parts of the signals are important in space transformation. In the bone marrow section of the vision and somatosensory system, the ratio of signals is greater. For example, the central cavity, which holds only a small part of the screen, has a greater impact on the cerebrum area of the cerebral porous than the edges of the net. Changing the information over time is to convert the tonic impulse in a suitable rhythm of the receptor to a phased, invented impulse. Limiting and overriding excess information is another type of information change.

There is no need to transmit long-lasting impulses from the large receptive site to the sensor center. Tactical receptors, for example, are strongly entangled in the wear and tear, and report the start and end of the response. Reducing the amount of information transmitted to this type of media also occurs on other sensor systems. Analyzing second-level information from the sensor's peripheral and transmitting ports does not allow the center to overflow. Receptors should turn the brain into perfectly "clear" neuromuscular impulse, so that different sensory effects can be attributed to the sensory center of the sensor system. We should call this information coding as it must be transformed into conditional form based on certain rules.

We need to know if the effects are encoded or not. This task is carried out in my person by the "On" and "Off" neurons in the bottom of the analyzer. For example, if the light analyzer detects "On - neurons", the "Off - Neurons" will lose the light. The selection and coding of external influences, first of all, ensure the specificity of the receptors to be specific in their perception. For example, the light-sensitive analyzer is unresponsive to the sound. Modern communication systems are code-protected before they are transmitted, and are decoded after they're signed in. For example, the microphone on the phone is encoded and converted into an electric shock, at the other end of the string, the impulse is decoded and converted into a speech wave. When the decoding of the sensor systems reaches the center of the pulse receptor in the form of the impulse, it does not turn into a sound again. In these systems, detecting occurs, that is, some signs of an experimental patient are analyzed and their bioavailability is evaluated.

In this analysis, the neurons are specialized detector neurons. The sensor system can change its needs depending on the needs of the organism and the external environment. This sensor is a common feature of the system and is adaptable to long-term effects. Accordingly, rapid adaptation of the receptors does not send information about the subject to the brain after adjustment, and the slowly adapting receptors are transmitted in a weakened state. The sensory system's absolute sensitivity will be restored once the effects of the same intensity have been exhausted.

Therefore, the sounds and colors present at the same time in this device must be in different intensity and frequency. If the visible spheres are of the same color, then the motion analyzers transmit the same color to the neurons of the highest order, and then there will be adaptation when the analysis is syn-

thesized. At the same time, the child may be less interested in seeing that color appear again. Also, the sphere of the sphere should not be too bright, as it was said that if one effect is stronger than the second one, the center will block another central task. In other words, the brighter the color of the sphere, the impulses generated by the vision neurons can imprint the impulse in the center of the hearing. Sound frequency, amplitude and intensity should be at different levels. If a baby has the same frequency and amplitude as the sound of the spine, the center of hearing may be adapted to the sound and may even cause the child to feel confused. But the intensity of the sound should not be too high, as the impulse in the center can block the neurons' impulse in the center of the eye, which can cause a child to feel a blocked reflex blockage.

Summary

The use of such biotechnological devices in monitoring the cognitive state of children allows the study and control of the phased development of children. This, in turn, can give a new direction in the diagnosis and rehabilitation of children with lesions of the constitutive states of children.

This article was prepared based on the results of a study using special medical equipment obtained by European Union grant in the framework of the TechRehab Erasmus + project 561621-EPP-1-201-IT-EPPKA2-CBHE-JP in the Karshi branch of TUIT.

References list

1. Turgunov AM, Zokirov K.R., Zohirov A.R. - "Recycling of biochemical via modern software and analytical systems in medicine", "Actual problems of optimization and automation of technological processes" - Karshi, Uzbekistan 17-18 November 2017 g, 152-156 st
2. Тургунов А.М., Зохилов К.Р. "Creation of diagnostic tools by means of software of biosignal processing with the help of mobile devices Bitalino", "Актуальные проблемы оптимизации и автоматизации технологических процессов и производств» - Карши, Узбекистан, 17-18 ноября, 2017 года. Стр. 149 – 152. (Сборник международной конференции)
3. Buldakova TI, Gridnev V.I., Kirillov KI, Lantsberg AV, Suyatinov S.I., Programmno-analytical complex model of biomedical BIOSignal // Biomedicine radioelectronics. 209. No. 1. St. 71-78
4. Булдакова Т.И., Кривошеева Д.А., Суятинов С.И., «Угрозы безопасности в системах дистанционного мониторинга» - Вопросы кибербезопасности №5 (13) – 2015. Специальный выпуск.

УДК 621.382

ФОРМИРОВАНИЕ И СВОЙСТВА ЭЛАСТИЧНЫХ ЭЛЕКТРОДОВ НА ОСНОВЕ ПОРИСТЫХ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ МЕМБРАН ДЛЯ ЭЛЕКТРОПОРАЦИИ

А.В. БОНДАРЕНКО¹, В.А. ЯКОВЦЕВА¹, И.В. СЫСОЕВА², М. БАЛУКАНИ³, П. НЕНЗИ³, Р. КРЕШЕНЦИ³, П. МАРРАЧИНО³, Ф. АПОЛЛОНИО³, М. ЛИБЕРТИ³, А. ДЕНСИ³, С. КОЛИЗЗИ³

¹Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники

²Белорусский государственный медицинский университет

³Римский университет «Сапиенза»

Ключевые слова: пористые металлические мембраны, пористый кремний, гибкие электроды, электропорация.

Key words: porous metallic membranes, porous silicon, flexible electrodes, electroporation.

Аннотация Методом химического контактно-обменного осаждения меди и серебра на пористый кремний сформированы пористые металлические мембраны, которые характеризуются модулем Юнга, уменьшенным по сравнению с модулем Юнга поликристаллических металлов на 3 – 5 порядков, и удельным сопротивлением для меди - $2,65 \cdot 10^{-8}$ Ом·м, серебра - $2,41 \cdot 10^{-8}$ Ом·м. Разработанный метод формирования металлических мембран позволяет изготавливать эластичные электроды для электропорации, которые обеспечивают повышение площади поверхности обрабатываемой живой ткани минимум в 1,3 раза по сравнению с жесткими электродами из алюминия.

Abstract Porous metallic membranes were fabricated by chemical immersion deposition of copper and silver on porous silicon. The membranes are characterized by Young module that is 3 – 5 orders of magnitude less than that of bulk polycrystalline metals, specific resistivity for copper – $2,65 \cdot 10^{-8}$ Ω·m, silver –

$2,41 \cdot 10^{-8} \Omega \cdot m$. The fabrication method developed in this work allows to produce elastic electrodes for electroporation, which provide minimal 1,3 times increase of the treating area of living tissue in comparison with rigid aluminum electrodes.

Введение

Одной из важных задач биомедицины является коррекция и лечение патологических состояний живой ткани. В течение последнего десятилетия в качестве одного из перспективных методов решения этой задачи стали рассматривать трансдермальный перенос веществ в организм человека путем электропорации (аквафорез, неинвазивная мезотерапия, безыгольная мезотерапия, безинъекционная мезотерапия), которая позволяет вводить в живые клетки макромолекулы активных веществ, лекарственных препаратов и генетических материалов.

Методика электропорации заключается в том, что на клетки, находящиеся в растворе с макромолекулами, на короткий период времени (от нескольких микросекунд до нескольких миллисекунд) накладывается высоковольтное электрическое поле. При этом в клеточной мембране открываются поры (диаметром 40 – 120 нм) на такой период времени (до 30 с), которого достаточно для проникновения в клетку вводимого материала [1].

Для обеспечения эффективного воздействия электрод должен контактировать с большой площадью поверхности пораженной живой ткани, то есть представлять собой проводящую эластичную пленку. В настоящее время для биомедицинской электропорации в основном используют жесткие алюминиевые электроды. Это существенно ограничивает площадь поверхности и качество обработки живой ткани, подвергаемой лечению.

Решением проблемы могли бы стать эластичные электроды на основе металлических мембран, нанесенных на полимерную подложку. Важным требованием к металлическим составляющим таких мембран является их подобие живым тканям, то есть обладание пористой структурой, за счет которой во многом обеспечивается жизнедеятельность организма. Для обеспечения оптимальных условий электропорации металлические мембраны должны иметь толщину в несколько десятков микрон и диаметр пор нанометрового диапазона. Поэтому наилучшим кандидатом в материалы для таких электродов являются пористые металлические пленки. Принципиальный интерес представляют пористые пленки меди и серебра, так как эти металлы обладают высокой электропроводностью, антибактериальной активностью и достаточно доступны.

В настоящей работе для формирования таких пленок предложен оригинальный подход, который заключается в химическом контактно-обменном осаждении металлов на пористый кремний. При этом атомы кремния в скелете исходной пористой подложки замещаются атомами металлов и в результате появляется возможность создания пористого слоя металла, структурные параметры которого можно задавать путем управления режимами формирования пористого кремния и осаждения металла.

Методика проведения экспериментов

В качестве подложек для формирования пористого кремния были использованы пластины монокристаллического кремния дырочного типа проводимости диаметром 100 мм с ориентацией поверхности (100). Удельная проводимость кремния дырочного типа проводимости составляла 0,03 Ом·см.

Химическая очистка пластин монокристаллического кремния производилась путем их помещения на 15 мин в нагретый до 75 °С перекисно-аммиачный раствор, состоящий из NH_4OH (25 %), H_2O_2 (30 %) и H_2O , смешанных в соотношении 1 : 1 : 5 (объемные части, об. ч.). После этого пластины в течение 5 мин промывались в дистиллированной воде, высушивались на центрифуге в атмосфере воздуха и нарезались на образцы размером 3×3 см. Перед формированием пористого кремния каждый образец погружался на 30 – 40 с в водный раствор фтористоводородной кислоты HF (5 %) для удаления с поверхности естественного слоя оксида кремния SiO_2 . Затем образец размещался в двухэлектродной фто-

ропластовой ячейке. После закрепления образца в ячейке она заполнялась раствором для анодной обработки.

При формировании пористого кремния был использован раствор, состоявший из HF (46 %), $(\text{CH}_3)_2\text{SO}$ и $\text{C}_3\text{H}_7\text{OH}$, смешанных в соотношении 1 : 3 : 1 (об. ч.). Плотность тока и время анодной обработки составляли 7 мА/см² и 85 мин соответственно.

После формирования пористого кремния раствор для анодной обработки удалялся из ячейки. Затем ячейка с образцом тщательно промывалась дистиллированной водой в течение 30 – 40 с и заполнялась растворами для осаждения меди ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, H_2O , HF и $\text{C}_3\text{H}_7\text{OH}$) и серебра (AgNO_3 , H_2O , HF и $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$). Продолжительность выдержки образцов в растворах составляла 2 – 8 ч. После этого раствор удалялся, а ячейка последовательно промывалась в дистиллированной воде и изопропиловом спирте по 30 – 40 с. Затем образец извлекался из ячейки.

Структура образцов была изучена методом сканирующей электронной микроскопии (СЭМ) с использованием микроскопа Hitachi S-4800 (производство Японии). Эта модель микроскопа обеспечивает увеличение до 300-500 тысяч крат и разрешение 1 нм. Элементный состав пленок металлов определялся на энергодисперсионном рентгеновском спектроанализаторе (ЭДС) Link Analytical AN 10000 (производство США), встроенным в электронный микроскоп Cambridge Instruments Stereoscan-360 (производство Великобритании). Электронный луч диаметром около 1 мкм при энергии 20 кэВ обеспечивает глубину анализа 1,3 – 1,5 мкм.

Пленки металлов, сформированные в результате полного замещения пористого кремния, самопроизвольно отделялись от подложки при достижении критической толщины, которая варьировалась в пределах 5 – 100 мкм. Они представляли собой эластичные свободные пористые мембраны меди и серебра. Поэтому была возможность измерить модуль упругости Юнга таких пленок. Для измерений была использована установка PerkinElmer DMA8000 (производство США), при помощи которой образцы мембран подвергались воздействию синусоидальной силы при температурах от –100 до 100 °С. Установка оснащена программным обеспечением, которое интерпретирует результаты измерений как температурные зависимости модуля упругости Юнга в плоскости и поперечном сечении образцов мембран.

Исследование электрических свойств образцов проводилось при помощи измерительного комплекса, который включал в себя устройство для измерения характеристик полупроводниковых приборов Л2-56 (производство России), измерительную установку, где размещался образец, и потенциостат ПИ-50-1 для задания напряжения (тока) и регистрации сигналов, который был подключен к персональному компьютеру через ЦАП/АЦП National Instruments PCI-6221. Л2-56 при необходимости быстрого визуального наблюдения вольт-амперных характеристик (ВАХ). Управление потенциостатом и запись электрических параметров производились с помощью программы, написанной в пакете Lab VIEW 8.0. Измерительная установка представляла собой столик для размещения образцов и четырех металлических зондов. Столик был выполнен из меди, поэтому его можно было использовать в качестве контакта ко всей тыльной стороне образца. Схема соединения зондов с измерительным оборудованием менялась в зависимости от задач исследования. Таким образом, можно было проводить измерения электрических свойств при направлении измерительного тока как в плоскости, так и в поперечном сечении образца. Для определения удельного сопротивления металлических мембран из них нарезались полоски размером 2×20 мм. Задавался постоянный ток 100 мА и фиксировалось напряжение, после чего и рассчитывалось удельное сопротивление.

Для того чтобы изготовить экспериментальные образцы электродов для электропитания, было проведено предварительное моделирование их конструкции. Для этого было использовано программное обеспечение COMSOL Multiphysics (v3.5). При моделирова-

нии учитывалось, что для электропорации макромолекул в живую ткань на глубину 1 см необходимо преодолеть порог напряженности электрического поля в 27 кВ/м [2].

Для формирования прототипа электрода были проведены эксперименты по нанесению на нижнюю сторону (сторона соединения с исходной подложкой) металлических мембран расплавленного полимера и выдержки полученной структуры под давлением 0,5 МПа до охлаждения до 25°C. В качестве полимера был использован этиленвинилацетат.

Результаты и их обсуждение

Пример формирования пористой металлической пленки методом контактно-обменного осаждения представлен в работе [3], где были использованы пористый кремний, изготовленный на пластине слабо легированного кремния дырочного типа проводимости, и фторсодержащий щелочной раствор сульфата никеля. В результате была сформирована пленка пористого никеля, повторяющего структуру исходного пористого кремния с нанометровыми размерами пор и элементов остова. Для формирования пленок меди и серебра мы использовали кремниевую подложку аналогичного типа и растворы солей этих металлов с добавками фтористоводородной кислоты. Полученные пленки металлов отделялись от кремния после полного замещения исходного пористого скелета. Процесс формирования и морфология пористого кремния детально описаны в работе [4]. Пористый кремний состоял из массива макро- и мезопор. Причем верхние части кремниевых кристаллитов, разделяющих макропоры, были растравлены до такой степени, что составляли пористый кремний типа губки. Поперечные размеры кремниевых кристаллитов между крупными порами уменьшались по направлению от внешней поверхности пористого кремния к дну пор от 70 до 20 нм. Кремниевые кристаллиты мезопористого кремния имели размеры не более 5 нм.

На рисунке 1 представлены СЭМ изображения мембран меди (а) и серебра (б), отделившихся после осаждения в течение 2 ч.

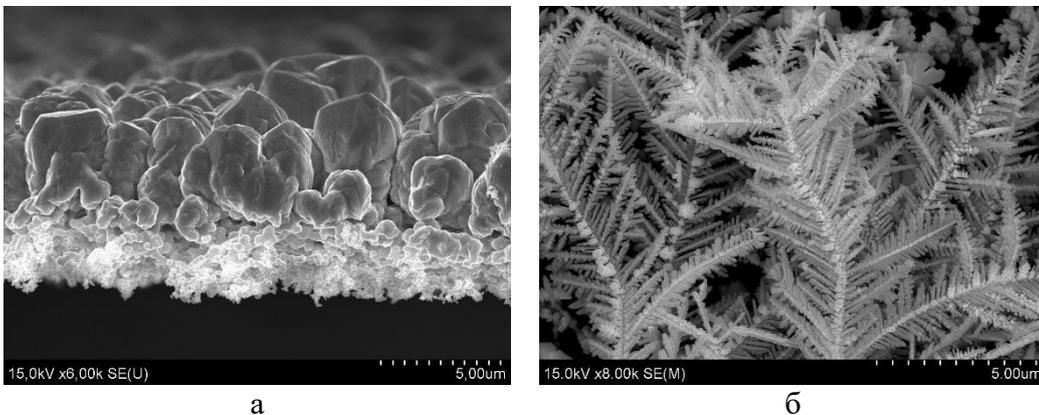


Рисунок 1. СЭМ изображения поперечного скола мембраны меди (а) и поверхности мембраны серебра (б), сформированных путем замещения пористого кремния

Видно, что мембрана меди состоит из двух слоев. Нижний слой этой мембраны и исходный пористый кремний имеют одинаковые толщины около 2,5 – 3 мкм. Верхний слой мембраны толщиной около 5 мкм представляет собой упорядоченный массив из крупных агломератов меди, которые по форме напоминают вытянутые вверх сферы. В случае серебра структура мембраны также была двухслойной, но верхний слой состоял из разветвленных дендритов. Установлено, что толщиной мембран металлов можно варьировать в пределах 10 – 100 мкм путем изменения концентрации добавляемых реагентов. При этом увеличение толщины металлической пленки до момента ее отслаивания происходит за счет роста агломератов или дендритов в размерах. ЭДС-анализ на верхней, нижней по-

верхностях и на сколе металлических мембран показал, что они полностью состоят из меди или серебра во всех точках анализа.

Установлено, что при химическом контактно-обменном осаждении меди/серебра на пористый кремний, сформированный на монокристаллическом кремнии дырочного типа проводимости, кремниевые кристаллиты полностью замещаются металлами. Это приводит к образованию свободных металлических мембран, которые представляют собой сеть из островков и агломератов меди или дендритов серебра. Пористость мембран, установленная гравиметрически, составляла 65 % для меди и 70 % для серебра. Среднее удельное сопротивление свободных пленок меди составляла $2,65 \cdot 10^{-8}$ Ом·м, серебра - $2,41 \cdot 10^{-8}$ Ом·м, что практически совпадает с удельным сопротивлением алюминия, который является основным материалом электродов для электропорации в настоящее время. Изучение модуля Юнга металлических мембран показало, что они обладают повышенной по сравнению с объемными металлами эластичностью. Вариации модуля Юнга при изменении температуры мембран в диапазоне 20 – 30 °С (температура максимального нагрева, разрешенного для неразрушающей обработки живой ткани) не превышала 20 %.

Таким образом, полученные свободные пленки меди и серебра представляют собой подходящий материал для создания электродов для электропорации. В связи с этим были проведены эксперименты по нанесению на нижнюю сторону мембран расплавленного полимера и выдержки полученных структур под давлением 0,5 МПа до охлаждения до 25°С. В результате были получены эластичные образцы пленок металлов на полимерной основе (Рисунок 2). В качестве полимера был использован этиленвинилацетат, который хорошо пропитывает нижний слой мембран. Пленки металлов обладали высокой адгезией к полимеру и не разрушались при многократном сгибании и растягивании образца.



Рисунок 2. Фотографии металлической пористой мембраны, на которую нанесен слой полимера

Для того, чтобы изготовить экспериментальный образец электрода для электропорации, было проведено моделирование, которое показало, что наиболее эффективна следующая конструкция электрода. Полоска из пленки металла 39 раз огибает по спирали квадрат с длиной сторон 300 мкм. Ширина полоски и расстояние между краями каждой петли спирали составляют по 250 мкм. 25 внутренних петель находятся под напряжением 1000 В, а 14 внешних – 0 В. Толщина мембраны должна составлять 80 мкм, а толщина полимера – 9 мм. Моделирование распределения напряженности электрического поля на глубине 1 см в живой ткани показало, что поле, созданное внутренними петлями электрода, достигает значений выше 30 кВ/м.

Методика электропорации приводит не только к полезному эффекту, но и к разогреву электрода и окружающей его живой ткани. Для того чтобы оценить риски разрушения электрода или термического ожога живой ткани, было произведено моделирование распределения температуры в условиях воздействия электрическим полем напряженностью 30 кВ/м в течение 100 мкс. Исходная температура электрода составляла 21 °С. Показано, что максимальная температура в процессе воздействия электрическим полем достигает 30 °С. Спустя 1 мс после прекращения воздействия электрическим полем температура снижается до исходного значения. По результатам моделирования можно сделать вывод о том, что риски разрушения электрода или термического ожога живой ткани отсутствуют.

При использовании методики формирования металлических мембран был изготовлен экспериментальный образец электрода для электропорации, фотография которого представлена на рисунке 3.

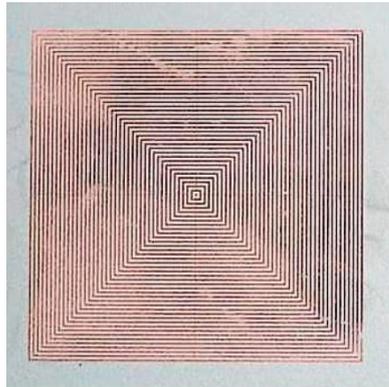


Рисунок 3. Фотография экспериментального образца электрода для электропорации на основе металлической пористой мембраны

Площадь электрода ограничивается только площадью исходной кремниевой пластины, так как увеличение количества петель из полосок металла способствует увеличению глубины проникновения электрического поля в живую ткань. Например, использование пластины диаметром 100 мм позволяет изготовить квадратный электрод общей площадью около 50 см². Площадь живой ткани, которую можно обработать, при учете площади неактивных полосок электрода, составляет 20 см². Это на 5 см² больше, чем площадь жестких электродов из алюминия, которыми в настоящее время пользуются при электропорации [5]. Более того, применение жестких электродов крайне неудобно, так как для обеспечения непрерывного воздействия на живую ткань требуется закрепить жесткую пластину на теле пациента при помощи повязки (клеякой основы). Эластичный электрод на полимерной основе с этой точки зрения более удобно использовать.

Заключение

Установлено, что пористые мембраны меди и серебра, сформированные в процессе химического осаждения этих металлов полным замещением кремниевых кристаллитов пористого кремния, полученного на основе сильно легированного монокристаллического кремния дырочного типа проводимости, характеризуются модулем Юнга, уменьшенным по сравнению с модулем Юнга поликристаллических металлов на 3 – 5 порядков, и удельным сопротивлением для меди - $2,65 \cdot 10^{-8}$ Ом·м, серебра - $2,41 \cdot 10^{-8}$ Ом·м.

Разработанный метод формирования металлических мембран позволяет получать материал для изготовления эластичных электродов для электропорации, которые обеспечивают повышение площади поверхности обрабатываемой живой ткани минимум в 1,3 раза по сравнению с жесткими электродами из алюминия.

Список литературы

1. What is (still not) known of the mechanism by which electroporation mediates gene transfer and expression in cells and tissues / J.M. Escoffre [et al.] // *Molecular Biotechnology*. – 2009. – Vol. 41. – P. 286–295.
2. Numerical optimization of gene electrotransfer into muscle tissue / A. Zupanic [et al.] // *Biomedical Engineering*. – 2010. – Vol. 9. – P. 66–86.
3. Nickel displacement deposition of porous silicon with ultrahigh aspect ratio / C. Xu [et al.] // *J. Electrochem. Soc.* – 2007. – Vol. 154, № 3. – P. D170–D174.
4. Nanostructured Metal Films Formed onto Porous Silicon Template / H. Bandarenka [et al.] // *Journal of Nano Research*. – 2016. – Vol. 39. – P. 235-255.
5. Электроды для процедур RF-лифтинга или электропорации : каталог продукции // Компания «Медиолан» [Электронный ресурс]. – 2018. – Режим доступа : <http://mediolan.org/katalog>. – Дата доступа : 02.11.2018.

Научное издание

**МЕДЭЛЕКТРОНИКА–2018.
СРЕДСТВА МЕДИЦИНСКОЙ ЭЛЕКТРОНИКИ
И НОВЫЕ МЕДИЦИНСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ**

**СБОРНИК НАУЧНЫХ СТАТЕЙ
X МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ**

(Минск, Республика Беларусь, 5–6 декабря 2018 года)

В авторской редакции
Ответственный за выпуск *С. К. Дик*
Компьютерная верстка: *П. В. Камлач*

Подписано в печать 27.11.2018. Формат 60x84 1/8. Бумага офсетная. Гарнитура «Таймс».
Отпечатано на ризографе. Усл. печ. Л. Уч.-изд. л. Тираж 100 экз. Заказ.

Издатель и полиграфическое исполнение: учреждение образования
«Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники».
Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя,
распространителя печатных изданий №1/123 от 24.03.2014,
№2/113 от 07.04.2014, №3/615 от 07.04.2014.
ЛИ № 02330/264 от 14.04.2004.
220013, Минск, П. Бровки, 6