1, 2 '2016

ФОТОБІОЛОГІЯ ТА ФОТОМЕДИЦИНА

Міжнародний науково-практичний журнал

Фотобиология и Фотомедицина
Photobiology and Photomedicine

Харківський національний університет імені В.Н.Каразіна

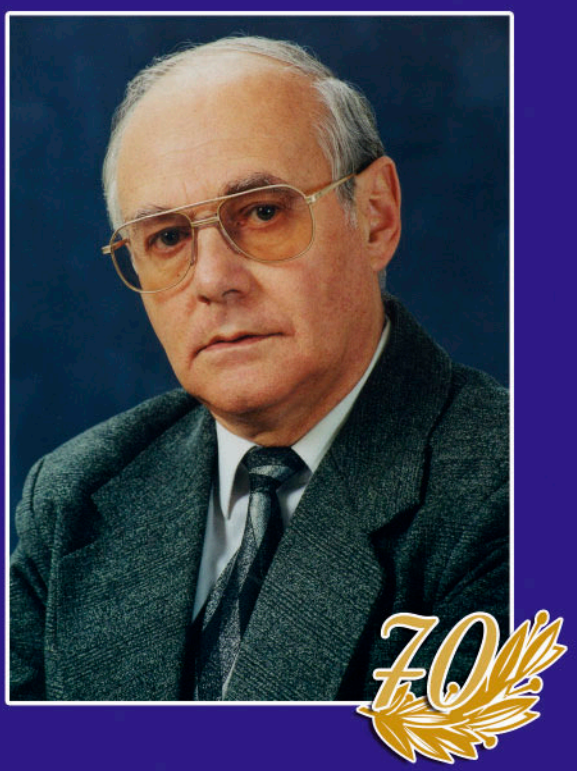
НАШИ ЮБИЛЯРЫ



Гладкова
Алла Ивановна

Выдающаяся
Женщина – ученый,
сексолог-эндокринолог.
Доктор биологических наук,
профессор.

Награды:
медаль «За трудовую
доблесть»,
медаль «Ветеран труда»



Брилль
Григорий Ефимович

Выдающийся ученый-патофизиолог,
прекрасный педагог, блестящий
лектор, верный, надежный друг.
Доктор медицинских наук, профессор,
академик Всемирной академии
биомедицинских технологий,
академик Лазерной академии
наук РФ, академик Российской
академии естествознания,
«Соросовский профессор».

Награды:
Золотая медаль
имени В.И. Вернадского

ISSN 2076-0612

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Харківський національний університет імені В.Н.Каразіна

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ УКРАИНЫ
Харьковский национальный университет имени В.Н.Каразина

MINISTRY OF EDUCATION AND SCIENCE OF UKRAINE
V.N.Karazin Kharkiv National University

ФОТОБІОЛОГІЯ
ТА
ФОТОМЕДИЦИНА

Міжнародний науково-практичний журнал
т. XII, № 1, 2 ’2016

Фотобиология и Фотомедицина
Photobiology and Photomedicine

Заснований у 1998 році
Виходить 4 рази на рік

Передплатний індекс 49078

Міжнародний науково-практичний журнал «Фотобіологія та Фотомедицина»
є науковим виданням, публікації в якому визнаються при захисті дисертаційних робіт з медичних, біологічних та технічних наук
(постанови Президії ВАК України від 10.02.2010 р. №1-05/1
та від 10.03.2010 р. №1-05/2)

Харків 2016

Затверджено до друку рішенням Вченої ради
Харківського національного університету імені В.Н.Каразіна
(протокол № 7 від 25.09.2015 р.)

Головний редактор:
Коробов А.М.

Заступники головного редактора:
Бойко В.В., Брілль Г.Є. (Росія), Гамалія М.Ф., Таширев О.Б., Тондій Л.Д.

Відповідальні секретарі:
Русанов К.В., Утєвський А.Ю., Чухраєв М.В.

Члени редакційної колегії та редакційної ради:
Азаров О.Д., Ануфрік С.С. (Білорусь), Бабов К.Д., Бар'яхтар В.Г., Бобицький Я.В., **Божков А.І.** (д.б.н., ХНУ), Бондаренко Л.О., Бих А.І., Богомолець О.В., Васильєва-Лінецька Л.Я., Владимиров Ю.А. (Росія), Гладкова А.І., Григор'єва Т.Г., **Доля Г.М.** (д.т.н., ХНУ), Дубенко Є.Г., Дьомін О.О., **Жолткевич Г.М.** (д.т.н., ХНУ), Жуковський П.Г., Журавльова Л.В., Загускін С.Л. (Росія), Злепко С.М., Золотарьова Т.А., Іліч-Стоянович О. (Сербія), Кипенський А.В., Коваленко В.А., Кожем'яко В.П., Коробов В.А., Кузнєцов Є.Д. (Росія), Лисиченко М.Л., Лобанов О.М., Лонго Л. (Італія), **Малєєв В.Я.** (д.б.н., ХНУ), Мінаєв В.П. (Росія), Мюллер Г. (Німеччина), **Ніколенко Є.Я.** (д.м.н., ХНУ), Ніколопоулос Н. (Греція), Оширо Т. (Японія), Павлов С.В., **Перський Є.Е.** (д.б.н., ХНУ), Петрук В.Г., **Попов М.М.** (д.м.н., ХНУ), Розуменко В.Д., Рочкінд С. (Ізраїль), Рубінов А.М. (Білорусь), Русанова Є.Г., Самойлова К.О. (Росія), Сарвар Г. (Gulam Sarwar) (Пакістан), Сокол Є.І., Странадко Є.Ф. (Росія), Улащік В.С. (Білорусь), Хеншель Д. (США), Холін В.В., Ценьова Г.Я. (Росія), **Черваньов І.Г.** (д.т.н., ХНУ), Чумаков В.І., **Шкорбатов Ю.Г.** (д.б.н., ХНУ), **Яблучанський М.І.** (д.м.н., ХНУ), Якименко І.Л.

Спонсори видання:
Корпорація "Лазер і Здоров'я" (м. Харків)
ПМВП "Фотоніка плюс" (м. Черкаси)
ТОВ "НМЦ "Медінтех" (м. Київ)

Адреса редакції:
майдан. Свободи, 6, м. Харків, 61022, Україна
Тел.: +38 (067) 731-14-31; тел./факс: +38 (057) 707-51-91
e-mail: amkorobov@i.ua; amkorobov@karazin.ua
Веб-сайт: www.fnfjournal.univer.kharkov.ua

Статті прорецензовано

Свідоцтво про державну реєстрацію КВ №15473-4045 ПР від 29.07.2009

© Харківський національний університет
імені В.Н.Каразіна, оформлення, 2016

ЗМІСТ

РЕДАКЦІЙНА СТАТТЯ

Наш ювіляр – Гладкова Алла Іванівна…… 11
Наш ювіляр – Брілль Григорій Ефимович…… 12
Наш ювіляр – Попов В'ячеслав Дмитрович…… 13
Некролог. Гамалія Микола Федорович…… 14

КЛІНІЧНА ФОТОМЕДИЦИНА

Шимон В.М., Шимон М.В., Пушкаш І.І., Шерегій А.А.
ХІРУРГІЧНЕ ЛІКУВАННЯ БОЛЬОВОГО СИНДРОМУ ПРИ СПОНДИЛОАРТРОЗІ
ЗА ДОПОМОГОЮ ЛАЗЕРНОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ…… 19

Шимон В.М., Кубаш В.І., Шерегій А.А.
СУЧАСНИЙ ПІДХІД ДО ЛІКУВАННЯ ПОСТТРАВМАТИЧНОГО ОСТЕОМІЄЛІТУ
ЗА ДОПОМОГОЮ ЛАЗЕРНОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ…… 24

Чухраєв М.В., Древицька О.О., Буцька Л.В., Левковська В.І., Данілова О.О.
БІНАУРАЛЬНА КОРЕКЦІЯ ПСИХОЛОГІЧНОГО СТАНУ ХВОРИХ З ДИСКОГЕННИМИ
ДОРСОПАТІЯМИ…… 32

Федоров С.М.
СУЧАСНІ ПОГЛЯДИ НА МАГНІТОЛАЗЕРНУ І ФОТОМАГНІТНУ ТЕРАПІЮ
ТА ЇХ ЗАСТОСУВАННЯ В НЕВРОЛОГІЧНІЙ ПРАКТИЦІ …… 38

Бойко В.В., Іванова Ю.В., Мушенко Є.В., Коробов А.М.
КОМПЛЕСНЕ ЛІКУВАННЯ УСКЛАДНЕНЬ ХІРУРГІЧНОЇ ІНФЕКЦІЇ,
ЩО СПРИЧИНЕНО МУЛЬТИРЕЗИСТЕНТНОЮ МІКРОФЛОРОЮ
У ХВОРИХ НА СИНДРОМ ДІАБЕТИЧНОЇ СТОПИ…….... 51

Іванова Ю.В., Прасол В.О., Мушенко Є.В., Клімова О.М.
ДОСВІД ВИКОРИСТАННЯ ФОТОДИНАМІЧНОЇ ТЕРАПІЇ
У КОМПЛЕКСІ ЛІКУВАННЯ ПОСТРАЖДАЛИХ З МІННО-ВИБУХОВИМИ
ТА ОСКОЛКОВИМИ ПОРАНЕННЯМИ ПРИ ІНФЕКЦІЙНИХ УСКЛАДНЕННЯХ
ПОШКОДЖЕНЬ МАГІСТРАЛЬНИХ СУДИН…… 60

ФОТОБІОЛОГІЯ ТА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ФОТОМЕДИЦИНА

Кізілова Н.Н., Коробов А.М.
МЕХАНІЗМИ ВПЛИВУ НИЗЬКОІНТЕНСИВНОГО ОПТИЧНОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ
НА СИСТЕМУ МІКРОЦИРКУЛЯЦІЇ. ОГЛЯД …… 75

Цибулін О.С., Якименко І.Л., Сидорик Є.П.
ЗАХИСНИЙ ЕФЕКТ КВАЗІМОНОХРОМАТИЧНОГО ЧЕРВОНОГО СВІТЛА
ВІД ОКСИДАТИВНОЇ ДІЇ НАДВИСОКОЧАСТОТНОГО
ЕЛЕКТРОМАГНІТНОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ …… 96

ФІЗИКО-ТЕХНІЧНІ ОСНОВИ ФОТОБІОЛОГІЇ ТА ФОТОМЕДИЦИНИ

Кокодій Н.Г., Тіманюк В.А., Коробов А.М.
ТЕПЛОВІ ПРОЦЕСИ В ШКІРІ ЛЮДИНИ ПРИ ОПРОМІНЕННІ СВІТЛОДІОДАМИ..... 107

Соловьева Е.А., Юдинцова А.С.
КЛАСИФІКАЦІЯ ФОТОННИХ АПАРАТІВ СЕРІЇ «БАРВА» 114

Русанов К.В., Русанова Є.Г.
СТОРІНКИ ІСТОРІЇ ФОТОМЕДИЦИНИ:
ТЕХНІКА ДІАГНОСТИЧНОГО ПРОСВІЧУВАННЯ У 1860-1880-ті РОКИ. 125

Павлов С. В., Клапоущак А. Ю., Тітова Н. В., Барановський Д. М.
МЕХАНІЗМИ ДІЇ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ, НА БІООБ'ЄКТ,
ЩО ЗНАХОДИТЬСЯ В ВОДНОМУ СЕРЕДОВИЩІ 139

Реферати публікацій з фотомедицини..... 145

Інструкції для авторів..... 149

СОДЕРЖАНИЕ

РЕДАКЦИОННАЯ СТАТЬЯ

Наш юбиляр – Гладкова Алла Ивановна…….. 11
Наш юбиляр – Брилль Григорий Ефимович…… 12
Наш юбиляр – Попов Вячеслав Дмитриевич…… 13
Некролог. Гамалея Николай Федорович…… 14

КЛИНИЧЕСКАЯ ФОТОМЕДИЦИНА

Шимон В.М., Шимон М.В., Пушкаш І.І., Шерегий А.А.
ХИРУРГИЧЕСКОЕ ЛЕЧЕНИЕ БОЛЕВОГО СИНДРОМА ПРИ СПОНДИЛОАРТРОЗЕ
С ПОМОЩЬЮ ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ…… 19

Шимон В.М., Кубаш В.И., Шерегий А.А.
СОВРЕМЕННЫЙ ПОХОД К ЛЕЧЕНИЮ ОСТЕОМИЕЛИТА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ
ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ…….. 24

Чухраев М.В., Древицкая О.О., Буцкая Л.В., Левковская В.И., Данилова О.О.
БИНАУРАЛЬНАЯ КОРРЕКЦИЯ ПСИХОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ БОЛЬНЫХ
С ДИСКОГЕННОЙ ДОРСОПАТИЕЙ…… 32

Федоров С.Н.
СОВРЕМЕННЫЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ О МАГНИТОЛАЗЕРНОЙ И ФОТОМАГНИТНОЙ
ТЕРАПИИ И ИХ ПРИМЕНЕНИИ В НЕВРОЛОГИЧЕСКОЙ ПРАКТИКЕ …… 38

Бойко В.В., Иванова Ю.В., Мушенко Е.В., Коробов А.М.
КОМПЛЕКСНОЕ ЛЕЧЕНИЕ ОСЛОЖНЕННОЙ ХИРУРГИЧЕСКОЙ ИНФЕКЦИИ,
ВЫЗВАННОЙ МУЛЬТИРЕЗИСТЕНТНОЙ МИКРОБНОЙ ФЛОРОЙ,
У БОЛЬНЫХ С СИНДРОМОМ ДИАБЕТИЧЕСКОЙ СТОПЫ …… 51

Иванова Ю.В., Прасол В.А., Мушенко Е.В., Климова Е.М.
ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ ФОТОДИНАМИЧЕСКОЙ ТЕРАПИИ
В КОМПЛЕКСЕ ЛЕЧЕНИЯ ПОСТРАДАВШИХ С МИННО-ВЗРЫВНЫМИ
И ОСКОЛОЧНЫМИ РАНЕНИЯМИ ПРИ ИНФЕКЦИОННЫХ ОСЛОЖНЕНИЯХ
ПОВРЕЖДЕНИЙ МАГИСТРАЛЬНЫХ СОСУДОВ……..... 60

ФОТОБИОЛОГИЯ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ФОТОМЕДИЦИНА

Кизилова Н.Н., Коробов А.М.
МЕХАНИЗМЫ ВЛИЯНИЯ НИЗКОИНТЕНСИВНОГО ОПТИЧЕСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ
НА СИСТЕМУ МИКРОЦИРКУЛЯЦИИ. ОБЗОР…….. 75

Цыбулин А.С., Якименко И.Л., Сидорик Е.П.
ЗАЩИТНЫЙ ЭФФЕКТ КВАЗИМОНОХРОМАТИЧЕСКОГО КРАСНОГО СВЕТА
ОТ ОКСИДАТИВНОГО ДЕЙСТВИЯ МИКРОВОЛОНОВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ …….. 96

ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ФОТОБИОЛОГИИ И ФОТОМЕДИЦИНЫ

Кокодий Н.Г., Тиманюк В.А., Коробов А.М.
ТЕПЛОВЫЕ ПРОЦЕССЫ В КОЖЕ ЧЕЛОВЕКА ПРИ ОБЛУЧЕНИИ СВЕТОДИОДАМИ ……. 107

Соловьева Е.А., Юдинцова А.С.
КЛАССИФИКАЦИЯ ФОТОННЫХ АППАРАТОВ СЕРИИ «БАРВА» …… 114

Русанов К.В., Русанова Е.Г.
СТРАНИЦЫ ИСТОРИИ ФОТОМЕДИЦИНЫ:
ТЕХНИКА ДИАГНОСТИЧЕСКОГО ПРОСВЕЧИВАНИЯ ……. 125

Павлов С. В., Клапоущак А. Ю., Титова Н. В., Барановский Д. Н.
МЕХАНИЗМЫ ВОЗДЕЙСТВИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ НА БИООБЪЕКТ,
НАХОДЯЩИЙСЯ В ВОДНОЙ СРЕДЕ …….. 139

Рефераты публикаций по фотомедицине..... 145

Инструкции для авторов…..... 149

CONTENTS

EDITORIAL

OUR HERO OF THE DAY - ALLA IVANIVNA GLADKOVA 11
OUR HERO OF THE DAY - BRILL GRIGORY EFIMOVICH 12
OUR HERO OF THE DAY - POPOV VYACHESLAV DMITRIEVICH 13
OBITUARY. GAMALEYA NIKOLAI FEDOROVICH 14

CLINICAL PHOTOMEDICINE

Shymon V.M., Shymon M.V., Pushkash I.I., Sheregiy A.A.
SURGICAL TREATMENT OF PAIN SYNDROME IN SPONDYLOARTHROSIS USING LASER RADIATION..... 19

Shymon V.M., Kubach V.I., Sheregiy A.A.
MODERN APPROACHES TO THE TREATMENT OF OSTEOMYELITIS USING LASER RADIATION..... 24

Chukhraev M.V., Drevitskaia O.O., Butskaia L.V., Danilova O.O.
BINAURAL CORRECTION OF PSYCHOLOGICAL STATE OF PATIENTS WITH DISCOGENIC DORSOPATHY 32

Fiodorov S.N.
THE MODERN CONCEPT OF MAGNETIC-LASER AND PHOTOMAGNETIC THERAPY AND ITS USE IN NEUROLOGICAL PRACTICE 38

Boyko V.V., Ivanova Y.V., Mushenko Y.V., Korobov A.M.
COMBINED THERAPY OF COMPLICATED SURGICAL INFECTIONS CAUSED BY MULTI-DRUG RESISTANT MICROFLORA IN PATIENTS WITH DIABETIC FOOT 51

Ivanova Yu.V., Prasol V.A. Mushenko E.V., Klimova E.M.
THE EXPERIENCE OF USING OF PHOTODYNAMIC THERAPY IN COMPLEX TREATMENT OF INJURED WITH PURULENT COMPLICATIONS OF GREAT VESSELS DAMAGES DUE TO MINE-BLAST AND SHRAPNEL WOUNDS 60

PHOTOBIOLOGY AND EXPERIMENTAL PHOTOMEDICINE

Kizilova N.N., Korobov A.M.
MECHANISMS OF INFLUENCE OF LOW-INTENSITY OPTICAL RADIATION ON MICROCIRCULATION SYSTEM. REVIEW..... 75

Tsybulin A.S., Yakymenko I.L., Sydoryk Ye.P.
PROTECTIVE EFFECT OF MONOCHROMATIC RED LIGHT FROM OXIDATIVE ACTION OF MICROWAVE IR RADIATION 96

PHYSICS AND ENGINEERING IN PHOTOBIOLOGY AND PHOTOMEDICINE

Kokodiy N.G., Timaniuk V.A., Korobov A.M.
THERMAL PROCESSES IN HUMAN SKIN IN RADIATION BY LED 107

Solovyova Y.A., Yudintsova A.S.
CLASSIFICATION OF PHOTON DEVICES OF "BARVA" SERIES 114

Rusanov K.V., Rusanova Y.G.
CHAPTERS OF PHOTOMEDICINE HISTORY:
DIAGNOSTIC TRANS-ILLUMINATION TECHNIQUE IN 1860-1880s 125

Pavlov S. V., Klapouschak A. Y., Titova N. V., Baranovskiy D. M.
MECHANISMS OF ELECTROMAGNETIC RADIATION ON THE BIOOBJECT,
WHICH IS IN AN AQUEOUS MEDIUM. 139

Summaries of articles on photomedicine..... 145

Instructions for authors..... 149

РЕДАКЦІЙНІ СТАТТІ

КЛІНІЧНА ФОТОМЕДИЦИНА

ФОТОБІОЛОГІЯ ТА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ФОТОМЕДИЦИНА

ФІЗИКО-ТЕХНІЧНІ ОСНОВИ ФОТОБІОЛОГІЇ ТА ФОТОМЕДИЦИНИ

КОРОТКІ ПОВІДОМЛЕННЯ

РЕФЕРАТИ ПУБЛІКАЦІЙ З ФОТОМЕДИЦИНИ

НАШ ЮВІЛЯР – ГЛАДКОВА АЛЛА ІВАНІВНА

НАШ ЮБИЛЯР – БРИЛЛЬ ГРИГОРИЙ ЕФИМОВИЧ

НАШ ЮБИЛЯР – ПОПОВ ВЯЧЕСЛАВ ДМИТРИЕВИЧ

НЕКРОЛОГ

НАШ ЮВІЛЯР – ГЛАДКОВА АЛЛА ІВАНІВНА

У травні 2016 року наукова спільнота відзначала ювілей доктора біологічних наук, професора, дійсного члена міжнародної Академії енергоінформаційних наук Гладкової Алли Іванівни – відомого вченого і фахівця в галузі фізіології та патофізіології репродукції, провідного наукового співробітника лабораторії репродуктивної ендокринології ДУ «Інституту проблем ендокринології патології імені В.Я. Данилевського НАМН України».

Вся наукова діяльність Алли Іванівни, а це 62 роки життя, пов'язана з цим науковим закладом. Після закінчення у 1954 біологічного факультету Харківського державного університету вона була прийнята на роботу у відділ фізіології, де під керівництвом професора Б.І. Вартапетова проходило її становлення як науковця. У 1962 році А.І. Гладкова захистила кандидатську, а в 1973 році – докторську дисертацію «Роль статевих гормонів на етіології та патогенезі експериментальних коронарогенних кардіопатій».

Глибокий інтерес до фундаментальної ендокринології в поєднанні з досконалим володінням фізіологічними методами дослідження, хірургічною технікою, дозволили їй визначити та розробити нові наукові напрями, зокрема, в галузі гормональної регуляції репродуктивних функцій. Ці питання були покладені в основу діяльності лабораторії репродуктивної ендокринології ДУ «Інституту проблем ендокринної патології імені В.Я. Данилевського НАМН України», яку Алла Іванівна очолювала протягом багатьох років (1980-2006). Під її керівництвом в лабораторії здійснювалися піонерські дослідження функціональної значущості тестостерону та 5-альфа-дигідротестостерону відносно інкреторної та генеративної функції сім'яників, окремих складових статевої поведінки самців та самок, регуляції астрального та овариального циклів, фолликулогенезу; встановлені статеві та вікові відмінності реактивності гонад до дії несприятливих чинників різної природи (радіація, фізичне навантаження, стрес, фітоестрогени тощо); характер взаємодії гонад з іншими ендокринними залозами.

Вперше в країні під керівництвом А.І. Гладкової розроблялися і розробляються питання репродуктивного здоров'я нащадків батьків з порушеннями репродуктивної функції; досліджена чутливість чоловічих статевих клітин на різних етапах сперматогенезу до дії стресу. Встановлено дію фітоестрагенів щодо репродуктивної функції залежно від дози, тривалості надходження, віку й статі тварини. В експерименті показано, що фітоесторогенізація батьків до зачаття, особливо самців, впливає на репродуктивну функцію їх нащадків, яка стає чутливою до повторної дії гормонально активних складових раціону. Значне місце в роботі Алли Іванівни займає пошук засобів корекції порушень репродуктивної функції.

Гладкова А.І. автор близько 450 публікацій, у тому числі співавтор монографій «Заболевания предстательной железы» та «Сексология и андрология». Вона розробник 7 авторських свідоцтв на винахід СРСР та 5 патентів України.

Гладкова А.І. передає свій багатий досвід співробітникам інституту та багатьох наукових закладів країни. Вона і сьогодні є взірцем науковця. Під її керівництвом підготовлено та захищено 15 кандидатських дисертацій. Велику увагу А.І. Гладкова приділяє підвищенню кваліфікації не тільки наукових співробітників, але й лікарів практичної охорони здоров'я. Вона чудовий лектор, багато років поєднувала дослідницьку роботу з викладацькою діяльністю на посаді професора кафедри анатомії і фізіології Харківського педагогічного інституту імені Г.С. Сковороди, виступала з лекціями для лікарів на учбових зборах з ендокринології. Лекції Алли Іванівни містять сучасну наукову інформацію та завжди із зацікавленістю сприймаються слухачами.

Гладкова А.І. – член спеціалізованої вченої ради з ендокринології при ДУ «Інституту проблем ендокринної патології імені В.Я. Данилевського НАМН України» та спеціалізованої вченої ради з фізіології людини і тварин при Харківському національному університеті імені В.Н. Каразіна. Вона член редакційної колегії періодичних наукових видань «Проблеми ендокринної патології» та «Міжнародний ендокринологічний журнал».

Гладкова А.І. нагороджена медалями «Ветеран труда» та «За трудову доблесть», почесною грамотою президії АМН України, має подяку міського голови м. Харкова.

Аллі Іванівні притаманні відданість науці, велика працездатність, скрупульозність та неупередженість, в аналізі результатів дослідження. Це людина з широкою ерудицією та різноманітним спектром інтересів, яка користується високим авторитетом і повагою серед колег.

Редколегія журналу, наукова громадськість, вдячні учні щиро вітають шановну Аллу Іванівну з ювілеєм, бажають міцного здоров'я, творчого натхнення, нових наукових здобутків.

НАШ ЮБИЛЯР – БРИЛЛЬ ГРИГОРИЙ ЕФИМОВИЧ

Весной 2016 г. исполнилось 70 лет со дня рождения и 45 лет научно-педагогической деятельности одного из ведущих специалистов России в области медицинской лазерологии профессора кафедры патологической физиологии Саратовского государственного медицинского университета имени В.И. Разумовского доктора медицинских наук Брилля Григория Ефимовича.

Брилль Г.Е. родился 23 марта 1946 года в Ленинграде, в семье военнослужащего. В 1970 г. он с отличием окончил лечебный факультет Саратовского медицинского института (ныне университета, СГМУ) и был оставлен для обучения в аспирантуре на кафедре патологической физиологии. В 1973 году им защищена кандидатская, а в 1985 – докторская диссертации. С 1986 г. по настоящее время он является профессором кафедры патофизиологии. С 1989 по 2003 гг. Г.Е. Брилль по совместительству возглавлял Центральную научно-исследовательскую лабораторию СГМУ.

Более 25 лет одним из основных направлений научной деятельности Г.Е. Брилля является изучение механизмов биологического действия низкоинтенсивного лазерного излучения (НИЛИ). Им и его учениками получены приоритетные данные, касающиеся реакции на лазерное облучение различных форменных элементов крови, выявлено модулирующее влияние НИЛИ на развитие воспаления, доказано, что при лазерном облучении запускаются реакции общего адаптационного синдрома, активируются механизмы неспецифической резистентности и иммунной защиты организма. Сформулирована концепция о первичной фотоакцепторной роли гуанилатциклазы и NO-синтазы в действии лазерного излучения красной области спектра. Впервые показано наличие чувствительности к лазерному излучению пейсмекерных клеток водителя ритма сердца, а также гладкомышечных элементов лимфатических микрососудов. Получены доказательства влияния лазерного излучения на генетический аппарат клетки и показана роль в этом процессе изменения структурообразовательной функции гистонов. Обнаружено изменение структуры биологических жидкостей в условиях патологии и показана возможность её коррекции под влиянием лазерного излучения. Обнаружена способность когерентного света вызывать генерацию в биотканях вторичного КВЧ-излучения. Впервые выявлены стимулирующее влияние НИЛИ на миграцию стволовых клеток и процессы ангиогенеза, а также ингибирующий эффект НИЛИ на адгезию и агрегацию тромбоцитов. Показана возможность лазерной коррекции функции тромбоцитов, нарушенной в условиях ацидоза или алкалоза. Обнаружено новое явление – автоколебательный процесс, определяющий временну̀ю динамику изменений адгезивной и агрегационной активности тромбоцитов, что квалифицировано как научное открытие.

Брилль Г.Е. является автором более 700 научных публикаций, 7 монографий, 60 учебных пособий, 6 авторских свидетельств на изобретения, более 80 рационализаторских предложений, редактором 6 монотематических научных сборников. Более 150 его работ опубликованы в зарубежной печати. Брилль Г.Е. является заместителем главного редактора международного научного журнала «Фотобиология и Фотомедицина», членом редакционных советов журналов «Лазерная медицина» и «Фотодинамическая терапия и фотодиагностика», членом редакционной коллегии международного научно-технического журнала «Оптоэлектронные информационно-энергетические технологии», членом Научного совета РАМН и Минздрава по лазерной медицине. Результаты его научных исследований были представлены на 170 международных и республиканских конференциях. Он выступал с докладами на научных конгрессах в России, Украине, США, Канаде, Венгрии, Чехии, Финляндии, Германии, Италии, Франции, Испании, Израиле, Словении и на Кипре. На многих из них он являлся приглашенным докладчиком и председателем пленарных и секционных заседаний. В настоящее время ученики Григория Ефимовича успешно работают в научных центрах США, Израиля, Германии, Италии, Австрии.

Имя профессора Брилля Г.Е. занесено в Международный директорий «Лидеры современной науки», он является академиком Всемирной Академии Биомедицинских Технологий (WABT, UNESCO), академиком Лазерной Академии Наук (ЛАН) Российской Федерации, академиком Российской Академии Естествознания (РАЕ), членом Европейской медицинской лазерной ассоциации (EMLA). Брилль Г.Е. является победителем всероссийского конкурса на звание «Соросовский профессор», он награждён почетными грамотами Министерства здравоохранения РФ, Министерства образования и науки РФ, грамотой Государственного научного центра лазерной медицины за развитие данного направления в Российской Федерации. За заслуги в развитии отечественной науки Г.Е. Брилль был удостоен Золотой медали имени В.И. Вернадского.

Брилль Г.Е.– член диссертационных советов СГМУ и СГУ, председатель БРИЗа СГМУ. В течение многих лет он являлся председателем ГАК при аттестации выпускников физического факультета СГУ по специальности «Биофизическая химия». Профессор Брилль Г.Е.– прекрасный педагог и блестящий лектор. Он неоднократно отмечался в числе лучших преподавателей СГМУ.

Редакционная коллегия журнала, все лазерологи мира, друзья, ученики сердечно поздравляют Григория Ефимовича с юбилеем и желают крепчайшего здоровья, мира, добра, творческого вдохновения и долголетия, неиссякаемого энтузиазма.

НАШ ЮБИЛЯР – ПОПОВ ВЯЧЕСЛАВ ДМИТРИЕВИЧ



Попов Вячеслав Дмитриевич родился 14 февраля 1946 года. В 1970 году он окончил военно-медицинский факультет при Томском государственном медицинском институте. В дальнейшем проходил службу в воздушно-десантных войсках. После окончания в 1976 году факультета руководящего состава Военно-медицинской академии имени С.М. Кирова, 10 лет работал в Центральном военном клиническом госпитале имени А.А. Вишневского (г. Москва) в отделении кардиологии, а также интенсивной терапии и реанимации. В 1982 году В.Д. Попов организовал лабораторию искусственного кровообращения с последующим участием в операциях на сердце. Защитил кандидатскую диссертацию. С 1986 года продолжил службу в Киевском окружном военном госпитале. В круг его научных интересов входила разработка аппаратов квантовой терапии (УФО крови и медицинских лазеров) и периферческих лазерных устройств. Изучение отдельных механизмов биологического воздействия квантовой энергии, а также разработка методов эфферентной терапии (острый и программный гемодиализ, изолированная ультрафильтрация, вспомогательная оксигенация крови, гемо-лимфо-ликво-роэлектросорбция, различная форма лечебного плазмоцитофереза, электролиза различных растворов).

Попов В.Д. опубликовал более 120 научных работ в отечественной и зарубежной литературе, имеет 98 рационализаторских предложений, 2 изобретения, является Заслуженным врачом Украины.

В 1992 году В.Д. Попов избран академиком Академии инженерных наук Украины. В настоящее время он является руководителем научно-методического центра лазерной терапии и отделения «искусственная почка» и эфферентных методов лечения Главного военного клинического госпиталя МО Украины.

Редакционная коллегия журнала, соратники и друзья сердечно поздравляют Вячеслава Дмитриевича с юбилеем и желают крепкого здоровья, мира, добра, творческого вдохновения и долголетия, неиссякаемого энтузиазма.



Гамалея Николай Федорович - доктор биологических наук, профессор, заведующий отделом биологических эффектов ионизирующего и неионизирующего излучения Института экспериментальной патологии, онкологии и радиобиологии имени Р.Е. Кавецкого НАН Украины. Докторскую диссертацию защитил во Всесоюзном онкологическом научном центре, Москва, в 1973 г., профессор по специальности «Биофизика» (1978 г.), Н.Ф. Гамалея известный среди специалистов как основатель отечественного направления исследований по применению лазеров в биологии и медицине, автор принципиально новых взглядов на фотобиологические процессы, происходящие в организме человека и животных.

После тяжелой, продолжительной болезни перестало биться сердце выдающегося ученого, мудрого учителя, надежного товарища, преданного друга – Гамалея Николая Федоровича.

Гамалея Николай Федорович родился 6 сентября 1932 года. В 1955 г. он закончил с отличием биологический факультет Киевского национального университета имени Тараса Шевченко по специальности микробиология. После обучения в аспирантуре в 1964 г. защитил кандидатскую диссертацию в области медицинской микробиологии. Желая заняться онкологическими исследованиями, поступил на работу в Институт экспериментальной патологии, онкологии и радиобиологии на должность младшего научного сотрудника. В дальнейшем, став старшим научным сотрудником, организовал под руководством академика Р.Е. Кавецкого группу культуры тканей.

С сентября 1967 г. по сентябрь 1968 г. находился в научной командировке в США как стипендиат Международного Противоракового Агентства, работая в одном из ведущих лазерных медико-биологических центров. В 1969 г. во Франции принимал участие в международном симпозиуме «Лазеры в медицине» в качестве сопредседателя и докладчика. Опираясь на полученный им передовой опыт в этом новом направлении биомедицинской науки, Н.Ф. Гамалея в 1971 г. организовал и возглавил первую в Советском Союзе лабораторию по изучению биологического и лечебного действия лазерного света, где были разработаны аппараты и методы лазерной терапии опухолей, отличающиеся мировым приоритетом (А.с. СССР, патенты США, Германии, Великобритании, Франции). Он - автор более 300 публикаций, в том числе 6 русскоязычных и 4 зарубежных монографий по этой проблематике. Его монография «Лазеры в эксперименте и клинике» (Москва, 1972 г.) стала основой дальнейшего успешного развития этого направления в стране. Как один из пионеров лазерных биомедицинских исследований в мире, он организовал три Всесоюзные конференции и был соорганизатором ряда международных форумов - в Париже, Мюнхене, Грайфсвальде, Лимассоле.

В 1972-1984 гг. Н.Ф. Гамалея был заместителем председателя Проблемной комиссии по применению лазеров в медицине при АМН СССР. В 1986-1991 гг. – экспертом Всемирной Организации Здравоохранения по неионизирующей радиации, в 1988-2000 гг. – экспертом INTAS. Согласно Постановлению Президиума НАН Украины, он в течение 5 лет координировал программу комплексных исследований учреждений Академии наук, МЗ СССР и Госагропрома СССР по созданию научных основ использования в медицине и ветеринарии светового облучения крови. С 1999 г. он – заместитель главного редактора журнала «Фотобиология и Фотомедицина». Им подготовлено 15 кандидатов наук.

В течение 2003-2008 годов под руководством Николая Федоровича проведены доклинические исследования и подготовлено впервые в Украине внедрение в лечебную практику нового для отечественной онкологии метода фотодинамической терапии опухолей. Наиболее весомыми фундаментальными достижениями его биофизических и фотобиологических исследований является (1) выяснения механизмов взаимодействия лазерного излучения с живыми тканями, которые стали базой для разработки методов лазерной терапии опухолей, и (2) создание и экспериментальное обоснование оригинальной гипотезы световой регуляции биоритмов, которая осуществляется через механизмы незрительной фоторецепции.

С 2009 года Н.Ф. Гамалея работал над проблемой повышения эффективности лечения онкологических заболеваний путем применения новейших технологий, а именно бионанотехнологий. Под его руководством осуществлена серия исследований по повышению эффективности фотодинамической терапии опухолей путем применения наноразмерных частиц золота.

Гамалея Н.Ф. - лауреат Государственной премии Украины в области науки и техники.

Все, кто работал в сотрудничестве или под руководством Н.Ф. Гамалея, знали его как высококлассного специалиста в онкологии и смежных областях знаний, талантливого, эрудированного человека с чрезвычайно широким кругом интересов и интересную личность. Вся его жизнь до последних дней была посвящена одной цели – служению науке. Таким Николай Федорович Гамалея и останется в памяти всех, кто его знал.

РЕДАКЦІЙНА СТАТТЯ

КЛІНІЧНА ФОТОМЕДИЦИНА

ФОТОБІОЛОГІЯ ТА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ФОТОМЕДИЦИНА

ФІЗИКО-ТЕХНІЧНІ ОСНОВИ ФОТОБІОЛОГІЇ ТА ФОТОМЕДИЦИНИ

КОРОТКІ ПОВІДОМЛЕННЯ

РЕФЕРАТИ ПУБЛІКАЦІЙ З ФОТОМЕДИЦИНИ

Шимон В.М., Шимон М.В., Пушкаш І.І., Шерегій А.А.
ХІРУРГІЧНЕ ЛІКУВАННЯ БОЛЬОВОГО СИНДРОМУ ПРИ СПОНДИЛОАРТРОЗІ ЗА ДОПОМОГОЮ ЛАЗЕРНОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ

Шимон В.М., Кубаш В.І., Шерегій А.А.
СУЧАСНИЙ ПІДХІД ДО ЛІКУВАННЯ ПОСТТРАВМАТИЧНОГО ОСТЕОМІЄЛІТУ ЗА ДОПОМОГОЮ ЛАЗЕРНОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ

Чухраєв М.В., Древицька О.О., Буцька Л.В., Левковська В.І., Данілова О.О.
БІНАУРАЛЬНА КОРЕКЦІЯ ПСИХОЛОГІЧНОГО СТАНУ ХВОРИХ З ДИСКОГЕННИМИ ДОРСОПАТІЯМИ

Федоров С.М.
СУЧАСНІ ПОГЛЯДИ НА МАГНІТОЛАЗЕРНУ І ФОТОМАГНІТНУ ТЕРАПІЮ ТА ЇХ ЗАСТОСУВАННЯ В НЕВРОЛОГІЧНІЙ ПРАКТИЦІ

Бойко В.В., Иванова Ю.В., Мушенко Е.В., Коробов А.М.
КОМПЛЕКСНОЕ ЛЕЧЕНИЕ ОСЛОЖНЕННОЙ ХИРУРГИЧЕСКОЙ ИНФЕКЦИИ, ВЫЗВАННОЙ МУЛЬТИРЕЗИСТЕНТНОЙ МИКРОБНОЙ ФЛОРОЙ, У БОЛЬНЫХ С СИНДРОМОМ ДИАБЕТИЧЕСКОЙ СТОПЫ

Иванова Ю.В., Прасол В.А., Мушенко Е.В., Климова Е.М.
ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ ФОТОДИНАМИЧЕСКОЙ ТЕРАПИИ В КОМПЛЕКСЕ ЛЕЧЕНИЯ ПОСТРАДАВШИХ С МИННО-ВЗРЫВНЫМИ И ОСКОЛОЧНЫМИ РАНЕНИЯМИ ПРИ ИНФЕКЦИОННЫХ ОСЛОЖНЕНИЯХ ПОВРЕЖДЕНИЙ МАГИСТРАЛЬНЫХ СОСУДОВ

УДК 616.721.1-007.274-08:615.849.19

ХІРУРГІЧНЕ ЛІКУВАННЯ БОЛЬОВОГО СИНДРОМУ ПРИ СПОНДИЛОАРТРОЗІ ЗА ДОПОМОГОЮ ЛАЗЕРНОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ

Шимон В.М., Шимон М.В., Пушкаш І.І., Шерегій А.А.

Державний вищий навчальний заклад «Ужгородський національний університет»,
медичний факультет, кафедра загальної хірургії з курсами травматології,
оперативної хірургії та судової медицини,
88000 Україна, м. Ужгород, вул. Капушанська, 22,
тел.: +38(031-2) 61-62-90

Актуальною проблемою в сучасній ортопедії є полегшення стану хворого із больовим синдромом, який часто супроводжує такі стани, як спондилоартроз, остеохондроз хребта, спондильоз та ін. Хворі іноді роками проходять курси консервативної терапії, які в багатьох випадках не приносять значного полегшення. Останнім часом широкого впровадження в медичну практику набули лазерні технології. Все це не обійшло стороною і ортопедію. Зокрема віднедавна почали використовувати денервацію суглобів високоінтенсивним випромінюванням лазерів.

Нами була поставлена мета проаналізувати ефективність виконання денервації лазерним випромінюванням дуговідросчатих суглобів при спондилоартралгії.

***Матеріали та методи.** На базі клініки ортопедії Закарпатської обласної клінічної лікарні імені А.Новака (м. Ужгород) методом лазерної денервації дуговідросткових суглобів було проліковано 37 хворих із спондилоартралгічним синдромом. Вік хворих складав від 41 до 68 років; серед них було 19 чоловіків та 18 жінок. У 17 пацієнтів був наявний тільки спондилоартроз, а у 20 він поєднувався із остеохондрозом хребта. У 30 хворих біль локалізувався на рівні грудного відділу хребта та грудної клітини, у 7 пацієнтів біль віддавав на рівні Th3-Th4. Тривалість захворювання складала від 1 до 7 років. Хворі неодноразово проходили курси консервативної терапії, що не приносили значного полегшення, а у 2 хворих взагалі виявились неефективними.*

Перед проведенням хірургічного лікування для прогнозування його ефективності виконували діагностичні блокади медіальних гілочок задніх гілок спинномозкових нервів 1% розчином лідокаїну. А оскільки кожний суглоб інервується однойменною гілочкою та вище лежачою, то для адекватної оцінки проводили блокаду обох гілочок. Якщо хворі відмічали зникнення болю, або останній зменшувався більше ніж на 70% від початкового рівня, то результати діагностичної блокади вважали позитивними, якщо на 30-70% - сумнівними, а негативним результатом вважалось зменшення болю менше ніж на 30%. В наше спостереження потрапили ті пацієнти, у котрих результат діагностичної блокади був вищим за 50% при недостатній ефективності консервативного лікування, їм була виконана денервація.

***Техніка хірургічного втручання.** Положення хворого на операційному столі: лежачи на животі із зігнутими у кульшових та колінних суглобах ногами, або із валиками під крилами обох здухвинних кісток та реберними дугами. Після обробки операційного поля розчином антисептика, в асептичних умовах операційної виконували місцеве інфільтративне знеболення 1% розчином лідокаїну ін'єкційним шляхом.*

Прокол шкіри здійснювали, відступивши 2-3 см від остистого відростку, на рівні його нижнього краю. Для пункції використовували пункційні голки діаметром 18G і довжиною 3,5 дюйми. Проходження голки контролювали електронно-оптичним перетворювачем типу Siemens Siremobil 2000.

Після видалення мандрену у просвіт голки вводили оптичне волокно і проводили денервацію суглобів (різотомію) лазерним випромінюванням напівпровідникового апарату «Ліка-хірург» виробництва ЧМПП «Фотоніка плюс» (м. Черкаси). Параметри лазерного випромінювання були наступні: довжина хвилі 980 нм, потужність 14 Вт, модульований режим 50:50, тривалість 1-3 с, загальна енергія – від 90 до 170 Дж на кожен рівень. Після чого видаляли оптичне волокно, а потім і голку. На місце проколу шкіри накладали асептичну пов'язку.

***Результати та їх обговорення**. Усі хворі були мобілізовані через 30 хвилин після операції лазерної денервації. 14 пацієнтів відчули полегшення під час операції на операційному столі. У пацієнтів нашої групи спостереження під час втручання ускладнень не спостерігалось.*

Повне зникнення болю після лазерної денервації відмічали 20 хворих, у 9 пацієнтів біль зменшився більше ніж на 70%, а ще у 3 хворих - лише незначно. Результати денервації у 5 випадках співпали з ре-

© Шимон В.М., Шимон М.В., Пушкаш І.І., Шерегій А.А., 2016

зультатами діагностичних блокад, тобто зменшення болю більше ніж на 50% від початкового рівня за критеріями візуально аналогової шкали (ВАШ). Ефективність даного методу згідно результатів наших спостережень на 8% переважає радіочастотну денервацію по відмінним результатам, добрих результатів на 3% менше, а задовільних результатів менше 5%.

***Висновки.** 1. Денервація лазерним випромінюванням є простим та ефективним методом лікування больового синдрому при спондилоартралгії.*

2. При правильному виконанні денервації лазерним випромінюванням ускладнень не спостерігається.

***Ключові слова:** спондилоартроз, дуговідростковий суглоб, денервація, високоінтенсивне лазерне випромінювання.*

Вступ

Проблема лікування спондилоартрозів грудного відділу хребта на сучасному етапі стає все актуальнішою в ортопедії.

Больовий синдром в спині часто супроводжує такі стани, як спондилоартроз, остеохондроз хребта, спондильоз та ін. Оскільки усі ці захворювання є дегенеративними, тобто вилікувати їх неможливо, а можливо тільки у тій чи іншій мірі зменшити їх прояви [3]. Хворі іноді роками проходять курси консервативної терапії, які в багатьох випадках не приносять значного полегшення. Все це змушує шукати нових, більш ефективних методів лікування даної патології [1]. З цією метою, окрім консервативного, використовують хірургічне лікування: артродезування, ендопротезування та ін.

Останнім часом при лікуванні спондилоартрозу широкого розповсюдження набули системи динамічної фіксації. Але вони мають обмежені покази до використання у випадках, які характеризуються значною дегенерацією. У таких випадках постає питання про денервацію дуговідросчатого суглобу, що може назавжди залишити хворого без болю. Її можна проводити кількома методами: механічним, хімічним або фізичним. При цьому ефективність денервації не є абсолютним вирішенням проблеми, хоча ефективність і є високою, сягаючи до 80% [2], а протипоказами до неї вважаються: пухлина у ділянці цих суглобів; вагітність; психічні захворювання; переломи; порушення згортання крові та деякі інші. У цьому зв'язку певні перспективи має використання високоінтенсивного випромінювання лазерів у лікуванні больового синдрому при спондилоартрозах.

Мета цього дослідження: аналіз ефективності виконання денервації лазерним випромінюванням дуговідросчатих суглобів при спондилоартралгії.

Матеріали та методи

На базі клініки ортопедії Закарпатської обласної клінічної лікарні імені А.Новака (м. Ужгород) методом лазерної денервації дуговідросткових суглобів було проліковано 37 хворих із спондилоартралгічним синдромом. Вік хворих складав від 41 до 68 років; серед них було 19 чоловіків та 18 жінок. У 17 пацієнтів був наявний тільки спондилоартроз, а у 20 він поєднувався із остеохондрозом хребта. Рівень дегенеративно-дистрофічного ураження був наступним: по троє пацієнтів — Th11-Th12, Th12-L1, по четверо пацієнтів – Th10-Th11, Th11-Th12, Th12-L1, L1-L2, по двоє хворих – Th4-Th5, Th5-Th6, Th6-Th7, Th9-Th10, Th11-Th12; у двох пацієнтів ураження на двох рівнях — Th11-Th12-L1, Th12-L1-L2, у одного пацієнта на трьох рівнях — Th11-Th12-L1-L2.

У 30 хворих біль локалізувався на рівні грудного відділу хребта та грудної клітини, у 7 пацієнтів біль віддавав на рівні Th3-Th4. Тривалість захворювання складала від 1 до 7 років. Хворі неодноразово проходили курси консервативної терапії, які не приносили значного полегшення, а у 2 хворих взагалі виявились неефективними.

Перед проведенням хірургічного лікування для прогнозування його ефективності виконували діагностичні блокади медіальних гілочок задніх гілок спинномозкових нервів 1% розчином лідокаїну. А оскільки кожний суглоб інервується однойменною гілочкою та вище лежачою, то для адекватної оцінки проводили блокаду обох гілочок. Якщо хворі відмічали зникнення болю, або останній зменшувались більше ніж на 70% від початкового рівня, то результати діагностичної блокади вважали позитивними, якщо на 30-70% - сумнівними, а негативним результатом вважалось зменшення болю менше ніж на 30%. Зменшення болю у відсотковому еквіваленті визначали самі хворі за візуально аналоговою шкалою (ВАШ). В наше спостереження потрапили ті пацієнти, у котрих результат діагностичної блокади був вищим 50% при недостатній ефективності консервативного лікування, їм була виконана денервація.

Техніка хірургічного втручання. Положення хворого на операційному столі: лежачи на животі із зігнутими у кульшових та колінних суглобах ногами, або із валиками під крилами обох здухвинних кісток та реберними дугами. Після обробки операційного поля розчином антисептика, в асептичних умовах операційної виконували місцеве інфільтративне знеболення 1% розчином лідокаїну ін'єкційним шляхом.

Прокол шкіри здійснювали, відступивши 2-3 см від остистого відростку, на рівні його нижнього краю. Для пункції використовували пункційні голки діаметром 18G і довжиною 3,5 дюйми. Проходження голки контролювали електронно-оптичним перетворювачем типу Siemens Siremobil 2000.

Точки-мішені для блокади артикулярних нервових гілочок дуговідросчатих суглобів (медіальні гілочки задніх гілок спинномозкових нервів) у поперековому відділі хребта знаходяться під основою поперечних відростків. Кожен суглоб іннервується однойменною гілочкою та вище лежачою, тому для адекватної денервації проводили деструкцію обох гілочок. У грудному відділі (крім Th11 і Th12, для яких вони такі самі, як і у поперековому відділі) точки-мішені розташовані на межі зовнішньої та середньої третин поперечних відростків.

Після видалення мандрену у просвіт голки вводили оптичне волокно і проводили денервацію суглобів (різотомію) лазерним випромінюванням напівпровідникового апарату «Ліка-хірург» виробництва ЧМПП «Фотоніка плюс» (м. Черкаси). Параметри лазерного випромінювання були наступні: довжина хвилі 980 нм, потужність 14 Вт, модульований режим 50:50, тривалість 1-3 с, загальна енергія – від 90 до 170 Дж на кожен рівень. Після чого видаляли оптичне волокно, а потім і голку. На місце проколу шкіри накладали асептичну пов'язку.

Результати та їх обговорення

Усі хворі були мобілізовані через 30 хвилин після операції лазерної денервації. 14 пацієнтів відчули полегшення під час операції на операційному солі. Всім дозволялось ходити у межах відділення. У післяопераційному періоді призначались антибіотики, протинабрякова терапія, хондропротектори, за потребою – анальгетики. У пацієнтів нашої групи спостереження під час втручання ускладнень не спостерігалось.

Повне зникнення болю після лазерної денервації відмічали 20 хворих, у 9 пацієнтів біль зменшився більше ніж на 70%, а ще у 3 хворих - лише незначно. Результати денервації у 5 випадках співпали з результатами діагностичних блокад, тобто зменшення болю більше ніж на 50% від початкового рівня за критеріями ВАШ.

Хворих виписували на амбулаторне лікування за місцем проживання через 1-2 дні після операції лазерної денервації. Контрольні огляди проводили через 1, 3 та 6 місяців. Ускладнень на етапах контрольних оглядів не спостерігалось в жодному випадку (в термін 3 міс. оглянуто 36, а в 6 міс. - 34 пацієнти). На контрольному обстеженні через 1 місяць біль був повністю відсутній у 23 хворих, періодичні ниючі болі відчували 13 ацієнтів та відсутність будь-якого полегшення відмічав 1 хворий. Клінічна картина через 3 місяці була наступною: біль повністю був відсутній у 26 хворих, періодичні ниючі болі відмічали 9 пацієнтів, й 1 хворий не відчував полегшення. Через 6 місяців після лазерної денервації клінічна картина була ідентична такій, як через 3 місяці. Ефективність даного методу згідно результатів наших спостережень на 8% переважає радіочастотну денервацію по відмінним результатам, добрих результатів на 3% менше, а задовільних результатів менше 5%.

Клінічний приклад

Хвора Т., 1932 р. народження, історія хвороби №15449, поступила у клініку 04.11.2015 р. зі скаргами на виражені, різкі болі у грудному відділі хребта, що іррадіюють по міжреберним проміжкам та посилюються при фізичному навантаженні. Болі вперше з'явились кілька років тому і поступово посилювались. Тривалий час хвора лікувалась консервативно, але без значного ефекту. Хода непорушена. Болючість остистих відростків та паравертебральних точок Th9-L3 справа. Паравертебральні м'язи напружені у грудному та поперековому відділах хребта, болючі. Активні рухи обмежені у зв'язку з різким посиленням болей. Неврологічної симптоматики не виявлено.

06.11.2015 р. під місцевою анестезією виконана операція: черезшкірна лазерна денервація дуговідросчатих суглобів Th9-Th10, Th10-Th11, Th11-Th12, Th12-L1, L1-L2. Після операції больовий синдром стійко регресував.

Висновки

1. Денервація лазерним випромінюванням є простим та ефективним методом лікування больового синдрому при спонділоартралгії.

2. При правильному виконанні денервації лазерним випромінюванням ускладнень не спостерігається.

Литература

1. Попелянский Я.Ю. Ортопедическая неврология [Вертеброневрология].– М.: Медпрессинформ, 2003.– 670 с.

2. Продан А.И. Дегенеративные заболевания позвоночника / А.И.Продан, В.А.Радченко, Н.А.Корж.– Харьков: ИПП «Контраст»», 2007.– 272 с.

3. Ульрих Э.В. Вертебрология в терминах, цифрах, рисунках / Э.В.Ульрих, А.Ю.Мушкин.– СПб: «ЭЛБИ – СПб», 2004.– 187 с.

ХИРУРГИЧЕСКОЕ ЛЕЧЕНИЕ БОЛЕВОГО СИНДРОМА ПРИ СПОНДИЛОАРТРОЗЕ С ПОМОЩЬЮ ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

Шимон В.М., Шимон М.В., Пушкаш И.И., Шерегий А.А.
Ужгородский национальный университет, медицинский факультет,
кафедра общей хирургии с курсами травматологии, оперативной хирургии и судебной медицины.
88000 Украина, г. Ужгород, ул. Капушанская, 22
тел. +38(031-2)61-62-90.
e-mail: kaftravm@rambler.ru

Актуальной проблемой в современной ортопедии является облегчение состояния больного с болевым синдромом, который часто сопровождает такие состояния, как спондилоартроз, остеохондроз позвоночника, спондилез и др. Больные иногда годами проходят курсы консервативной терапии, которые во многих случаях не приносят значительного облегчения. В последнее время широкое внедрение в медицинскую практику получили лазерные технологии. Все это не обошло стороной и ортопедии. В частности недавно начали использовать денервацию суставов высокоинтенсивным лазерным излучением.

Нами была поставлена цель проанализировать эффективность выполнения денервации лазерным излучением дугоотростчатые суставов при спондилоартралгии.

Материалы и методы. *На базе клиники ортопедии Закарпатской областной клинической больницы имени А. Новака (м. Ужгород) методом лазерной денервации дугоотростчатых суставов было пролечено 37 больных со спондилоартралгичным синдромом. Возраст больных составлял от 41 года до 68 лет; среди них было 19 мужчин и 18 женщин. У 17 пациентов присутствовал только спондилоартроз, а в 20 он сочетался с остеохондрозом позвоночника. У 30 больных боль локализовалась на уровне грудного отдела позвоночника и грудной клетки, у 7 пациентов боль отдавала на уровне Th3-Th4. Длительность заболевания составляла от 1 года до 7 лет. Больные неоднократно проходили курсы консервативной терапии, но они не приносила значительного облегчения, а у 2 больных вообще оказались неэффективными.*

Перед проведением хирургического лечения для прогнозирования его эффективности выполняли диагностические блокады медиальных веточек задних ветвей спинномозговых нервов 1% раствором лидокаина. А поскольку каждый сустав иннервируется одноименной веточкой и выше лежащей, то для адекватной оценки проводили блокаду обеих веточек. Если больные отмечали исчезновение боли, или последняя уменьшалась более чем на 70% от исходного уровня, то результаты диагностической блокады считали положительными, если на 30-70% - сомнительными, а отрицательным результатом считалось уменьшение боли менее чем на 30%. Под наше наблюдение попали те пациенты, у которых результат диагностической блокады был выше 50% при недостаточной эффективности консервативного лечения, им была выполнена денервация.

Техника хирургического вмешательства. *Положение больного на операционном столе: лежа на животе с согнутыми в тазобедренных и коленных суставах ногами, или с валиками под крыльями обеих подвздошных костей и реберными дугами. После обработки операционного поля раствором антисептика, в асептических условиях операционной выполняли местное инфильтративное обезболивания 1% раствором лидокаина инъекционным путем.*

Прокол кожи осуществляли, отступив 2-3 см от остистого отростка, на уровне его нижнего края. Для пункции использовали пункционные иглы диаметром 18G и длиной 3,5 дюйма. Прохождение иглы контролировали электронно-оптическим преобразователем типа Siemens Siremobil 2000.

После удаления мандрена в просвет иглы вводили оптическое волокно и проводили денервацию суставов (ризотомия) лазерным излучением полупроводникового аппарата «Лика-хирург» производства ЧМПП «Фотоника плюс» (г. Черкассы). Параметры лазерного излучения были следующие: длина волны 980 нм, мощность 14 Вт, модулированный режим 50:50, продолжительность 1-3 с, общая энергия - от 90 до 170 Дж на каждый уровень. После чего удаляли оптическое волокно, а затем и иглу. На место прокола кожи накладывали асептическую повязку.

Результаты и их обсуждение. *Все больные были мобилизованы через 30 минут после операции лазерной денервации. 14 пациентов почувствовали облегчение во время операции на операционном столе. У пациентов нашей группы наблюдения во время вмешательства осложнений не наблюдалось.*

Полное исчезновение боли после лазерной денервации отмечали 20 больных, у 9 пациентов боль уменьшилась более чем на 70%, а еще у 3 больных - лишь незначительно. Результаты денервации в 5 случаях совпали с результатами диагностических блокад, то есть уменьшение боли более чем на 50% от исходного уровня по критериям визуально аналоговой шкалы (ВАШ). Эффективность данного метода согласно результатам наших наблюдений на 8% превышает радиочастотную денервацию по отличным результатам, хороших результатов на 3% меньше, а удовлетворительных результатов менее 5%.

Выводы. *1. Денервация лазерным излучением является простым и эффективным методом лечения болевого синдрома при спондилоартралгии.*

2. При правильном выполнении денервации лазерным излучением осложнений не наблюдается.

Ключевые слова: *дугоотростчатый сустав, спондилоартралгия, высокоинтенсивное лазерное излучение, денервация.*

SURGICAL TREATMENT OF PAIN SYNDROME IN SPONDYLOARTHROSIS USING LASER RADIATION

Shymon V.M., Shymon M.V., Pushkash I.I., Sheregiy A.A.
Uzhgorod National University, Faculty of Medicine, the Department of General Surgery with the courses of traumatology, operative surgery and forensic pathology.
88000 Ukraine, Uzhgorod city, 22, Kapushanska Str.
tel.: +38(031-2)61-62-90
e-mail: kaftravm@rambler.ru

An important issue of modern orthopedics is to relieve condition of patient with pain, which is often related to such conditions as spondylarthrosis, osteochondrosis, spondylosis, and others. Sometimes patients receive courses of conservative therapy for years, and in many cases, these therapies do not bring significant relief. In recent years, laser technologies have become rather widespread technique in the medical practice. This is also related to orthopedics. In particular, high-intensity laser irradiation have been applied for denervation of intervertebral joints recently.

We have set an objective to assess the efficacy of laser denervation of intervertebral joints in spondyloarthralgia.

Materials and methods. *37 patients with spondyloarthralgia syndrome have been treated by laser denervation of intervertebral joints on the site of orthopedics clinic of Transcarpathian Regional Clinical Hospital named after A. Novak (m. Uzhgorod). The age of patients ranged from 41 to 68 years; there were 19 males and 18 females. 17 patients had spondylarthrosis only, and in 20 patients it was combined with osteochondrosis. In 30 patients the pain was localized at the level of the thoracic spine and chest, and 7 patients felt the pain at Th3-Th4 level. Disease duration ranged from 1 year to 7 years. Patients repeatedly received courses of conservative therapy, but it did not bring significant relief, and in 2 patients it has been ineffective in general.*

To predict the effectiveness before the surgery, diagnostic blockings of the medial branchlets of the dorsal rami of the spinal nerves with 1% lidocaine solution was performed. And as each joint is innervated by the same-name branchlet and by the above lying one, the blocking of both branchlets was carried out for an adequate assessment. If patients reported pain disappearance, or it reduced by more than 70% from baseline, the results of the diagnostic blocking were considered as positive, if more than 30-70% the findings were considered as doubtful, and the negative results was considered in case of pain reduction of less than in 30%. We observed those patients, whose result of diagnostic blocking was above 50% in low efficacy of conservative treatment; we performed denervation to them.

Surgical technique. *Patient's position on the operating table: prone position with legs bent at the hip and knee joints, or with rolls under the wings of both flank-bones and costal arches. After processing the surgical field with an antiseptic solution, in aseptic conditions of operating room the local infiltrative anesthesia by injecting 1% lidocaine was performed.*

Skin puncture was performed, at 2-3 cm distance from acantha at the level of its lower edge. Needle of 18G diameter and 3.5 inches long were used for puncture. Passing of the needle was monitored by Siemens Siremobil 2000 image-converter tube.

After mandrel removal the optical fiber was inserted into the needle bore and joint denervation (Private Small Production Company "Photonica Plus" (Cherkasy city). Laser parameters were as follows: wavelength of 980 nm, power of 14 W, 50:50 modulated mode, duration 3.1 s, the total energy – from 90 to 170 J at each level. Then the optical fiber and the needle were removed. Aseptic bandage was applied at the skin puncture site.

Results and discussion. *All patients were mobilized in 30 minutes after laser denervation surgery. 14 patients felt relief being during surgery on the operating table. We did not observe complications in patients in our group within the intervention.*

The complete pain disappearance after laser denervation was observed in 20 patients, 9 patients reported pain reduction by more than 70%, and 3 patients felt only slight reduction. In 5 cases denervation results coincided with the results of diagnostic blockings, i.e. reduction of pain by more than 50% from baseline under criteria of visual analogue scale (VAS). The observed efficacy of this method is 8% higher than radiofrequency denervation for excellent results, there are 3% less in good results, there are less than 5% of satisfactory results.

Conclusions. 1. Denervation by laser radiation is an easy and effective method of treatment of pain syndrome in spondyloarthralgia.

2. If done correctly, laser radiation denervation does not cause complications.

Keywords*: intervertebral joint, spondyloarthralgia, high-intensity laser radiation, denervation.*

УДК 616.71-018.46-002:612.392.64]-08:615.849.19

СУЧАСНИЙ ПІДХІД ДО ЛІКУВАННЯ ПОСТТРАВМАТИЧНОГО ОСТЕОМІЄЛІТУ ЗА ДОПОМОГОЮ ЛАЗЕРНОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ

Шимон В.М., Кубаш В.І., Шерегій А.А.

Державний вищий навчальний заклад «Ужгородський національний університет»,
медичний факультет, кафедра загальної хірургії з курсами травматології,
оперативної хірургії та судової медицини,
88000 Україна, м. Ужгород, вул. Капушанська, 22,
тел.: +38(031-2) 61-62-90
kaftravm@rambler.ru

Вступ. *В сучасній травматології, у зв'язку із зростанням інтенсивності травмуючих агентів та збільшенням кількості хірургічних втручань при переломах кісток, кількість гнійних ускладнень стало зберігається, незважаючи на удосконалення методів оперативного лікування. Незадовільні результати при цьому складають 7,8-29,3% . Медико-біологічна та соціальна вага цієї проблеми є особливо значною у жителів гірських районів із йододефіцитом в оточуючому середовищі та в організмі. Основним методом лікування посттравматичного остеомієліту є радикальне хірургічне втручання, але на шляху до досягнення сприятливого результату необхідно виправити порушені гемостатичні функції організму, в тому числі, йодний обмін. Одним із ефективних безмедикаментозних методів такої корекції і є вплив лазерного випромінювання безпосередньо на вогнище деструкції та на кров.*

Метою *нашого дослідження є покращення результатів лікування пацієнтів з гірських районів, хворих на посттравматичний остеомієліт на фоні недостатності йоду з використанням дії лазерного випромінювання на вогнище деструкції та на кров'яне русло.*

Матеріали та методи дослідження. *Проведено аналіз лікування пацієнтів з посттравматичним остеомієлітом на клінічній базі кафедри загальної хірургії з курсом травматології та ортопедії медичного факультету УжНУ за 2010-2016 рр. Пацієнти були розділені на дві групи. Основну групу склали 42 хворих віком від 19 до 70 років, з яких чоловіків було 30, жінок – 12. У 29 хворих посттравматичний остеомієліт діагностовано після переломів кісток гомілки, де відкриті переломи були у 24 пацієнтів. У 8 травмованих остеомієліт був на стегні, у двох травмованих - на передпліччі, у трьох - після хірургічного втручання на плечі.*

Контрольну групу склали 40 пацієнтів. У 33-ох з них зафіксовано гематогенний остеомієліт (згідно класифікації Waldvogel), остеомієліт, пов'язаний з периферійною судинною недостатністю – у 4 пацієнтів, та остеомієліт, поєднуючий всі форми – у 2 пацієнтів. Згідно класифікації Cierny – Mader медулярний остеомієліт діагностовано у 3 пацієнтів, поверхневий остеомієліт у 7 пацієнтів, локалізований – у 10 пацієнтів та дифузний – у 20 пацієнтів.

Більшість хворих обох груп (82,2%) проживали в місцевостях, яким надано статус гірських та ендемічних районів з недостатністю йоду.

Нами було проаналізовано зміни рівнів трийодтиронину (Т3), тироксину (Т4), тиреотропного гормону (ТТГ) у хворих із травматичним остеомієлітом при поступленні та в термінах 3 міс, 6 міс, 12 міс.

В лікуванні основної групи хворих, 42 пацієнта, із посттравматичним остеомієлітом довгих кісток ми використовували раніше розроблені підходи, у складі яких стандартні, загальноприйняті заходи доповнювались методами власної розробки кафедри загальної хірургії УжНУ, інституту «Травми»:

– радикальне оперативне втручання, направлене на ліквідацію вогнища остеомієліту – секвестректомія (у тому числі – за допомогою лазерного випромінювання);

– обробка секвестральної порожнини та норицевих ходів високоінтенсивним діодним лазером ,,Ліка-хірург" виробництва Черкаського підприємства ,, Фотоніка Плюс" (довжина хвилі 980 нм, потужність 10-18 Вт);

– дренування секвестральної порожнини з обробкою її у післяопераційному періоді ультрафіолетовим випромінюванням (довжина хвилі 270-320 нм, потужність 25-30 мВт) за допомогою кварцполімерного світловоду, уведеного через дренаж;

– катетеризацію a. epigastrica inferior з послідуючим пролонгованим регіонарним введенням антибактеріальних та судинних препаратів за допомогою інфузоматів ,,Lineomat", ,,ВЕДА-2", ,,ДШВ";

– лазеротерапія (ендоназальна та місцевий магнітолазерний вплив).

В основній групі пацієнтів, на відміну від контрольної, проводили корекцію йодного статусу шляхом призначення йодних препаратів (калію йодиду та L-тироксину під наглядом ендокринолога), терапія якими після хірургічного втручання приводилася до 6 місяців.

© Шимон В.М., Кубаш В.І., Шерегій А.А., 2016

В контрольній групі пацієнти отримували загальноприйняте лікування посттравматичного остеомієліту в наступному обсязі: санація вогнища гнійно-некротичного процесу (секвестректомія, некректомія), дренування секвестральної порожнини, антибактеріальна, дезінтоксикаційна та судинна терапія, що проводилась внутрішньом'язовим та внутрішньовенним шляхом. Внутрішньоартеріальне лазерне опромінення крові та лазерне випромінювання на вогнище кісткової деструкції у контрольній групі не застосовувались

***При аналізі результатів** лікування оцінювали динаміку ранового процесу, клінічну та рентгенологічну картину. Враховували рівень ендотоксикозу, коефіцієнт інтоксикації Кс, лейкоцитарний та лімфоцитарний індекси інтоксикації, а також, за наявністю, лабораторні показники йоду в організмі хворих.*

У результаті проведеного лікування спостерігалося прискорення динаміки ранового процесу у хворих основної групи, що проявлялося у скороченні строків очищення рани, появі грануляцій та початку епітелізації. Післяопераційні рани заживали вторинним натягом протягом 14-16 діб.

***Висновки.** Лікування травматичного остеомієліту у пацієнтів, особливо із гірських районів, із зниженням йодного балансу, за нашими спостереженнями, дає позитивні результати тільки тоді, коли проводиться баланс йоду до показників норми. У пацієнтів, лікованих згідно запропонованої нами схемою добрих результатів було на 8,4%, задовільних на 12,2% більше, а незадовільних на 5,7% менше, ніж у пацієнтів контрольної групи.*

***Ключові слова:** остеомієліт, дефіцит йоду, секвестральна порожнина, лазерне випромінювання.*

Вступ та мета роботи

Термін «остеомієліт» запропоновано в 1830-і рр. лікарем М.Рейно. Зараз під цією назвою розуміють інфекційний запальний процес усіх елементів кістки (власне кістки - остит, кісткового мозку – мієліт, окістя - периостіт) та прилеглих тканин, що виникає внаслідок проникнення екзогенної інфекції й супроводжується остеолізом і остеонекрозом [1,3].

В сучасній травматології, у зв'язку із зростанням інтенсивності травмуючих агентів та збільшенням кількості хірургічних втручань при переломах кісток, кількість гнійних ускладнень стало зберігається, незважаючи на удосконалення методів оперативного лікування. Незадовільні результати при цьому складають 7,8-29,3% .

Проблема кістково-гнійних ускладнень гостро стоїть як в Україні, так і за її межами, а відносно посттравматичного остеомієліту вона достеменно не вирішена. Медико-біологічна та соціальна вага цієї проблеми є особливо значною у жителів гірських районів із йододефіцитом в оточуючому середовищі та в організмі. На цих територіях, які віддалені від міст, 37,3-63,7% хворих на посттравматичний остеомієліт звертаються до лікувальних закладів з рецидивом захворювання. Складність та тривалість лікування пацієнтів з посттравматичним остеомієлітом, виникнення нових антибіотикостійких штамів мікроорганізмів, а також багаторазові хірургічні втручання часто призводять до необхідності ампутації кінцівки у 7,5-12,1% й до виходу хворих на інвалідність у 66,2-92,4% випадків [2, 4, 5, 9]. Більшість цих пацієнтів знаходиться у працездатному віці. У постраждалих мешканців гірських районів, на фоні зменшення вмісту йоду у крові, захворювання протікає важче. Поясненням може бути те, що гормони щитоподібної залози приймають безпосередню участь у процесі росту кісткової тканини, сприяють диференціації скелету та обумовлюють спроможність локального імунітету. Будь яка причина гіпотиреозу веде до порушення та спотворення процесів оссифікації та пригнічення бар'єрної стійкості оточуючих тканин. Недостатність тиреоідного гормону веде до поглиблення патологічних процесів, пригнічення репаративних процесів в тканинах, сприяє прогресуванню захворювання. Тривалий і/або виражений дефіцит трийодтироніна при інфекціях, травмах, злоякісних пухлинах, являється однією з перших причин декомпенсації метаболізму. [2, 6, 7, 8, 9]

Тому лікування остеомієліту на фоні йододефіциту є важливою і до кінця не вирішеною проблемою охорони здоров'я, яка потребує багато коштів та часу, що переважно обтяжує самих пацієнтів [5, 6, 10].

Основним методом лікування посттравматичного остеомієліту є радикальне хірургічне втручання, але на шляху до досягнення сприятливого результату необхідно виправити порушені гемостатичні функції організму, в тому числі, йодний обмін. Одним із ефективних безмедикаментозних методів такої корекції і є вплив лазерного випромінювання безпосередньо на вогнище деструкції та на кров [10, 11, 12, 13].

Метою нашого дослідження є покращення результатів лікування пацієнтів з гірських районів, хворих на посттравматичний остеомієліт на фоні недостатності йоду з використанням дії лазерного випромінювання на вогнище деструкції та на кров'яне русло.

Матеріали та методи дослідження

Проведено аналіз лікування пацієнтів з посттравматичним остеомієлітом на клінічній базі кафедри загальної хірургії з курсом травматології та ортопедії медичного факультету УжНУ за 2010-2016 рр. Більшість хворих обох груп (82,2%) проживали в місцевостях, яким надано статус гірських та ендемічних районів з недостатністю йоду. Середні по-

Таблиця 1

Середні показники гормонів щитоподібної залози

Показник	Термін	Норма	Основна група	Контрольна група
ТТГ	При поступленні	0,4–4,0 мМЕд/л	4,8	4,9
	3 міс		4,3	4,7
	6 міс		3,7	4,8
	12 міс		3,5	5,1
Т3 загальний	При поступленні	1,4-2,8 нмоль/л	3,2	3,1
	3 міс		2,9	3,0
	6 міс		2,6	3,2
	12 міс		2,0	3,4
Т4 загальний	При поступленні	1,4-2,8 нмоль/л	0,9	0,8
	3 міс		1,1	0,9
	6 міс		1,4	0,7
	12 міс		1,5	0,7

казники гормонів щитоподібної залози хворих на остеомієліт із явищами недостатності йоду в крові приведена в табл. 1.

Нами було проаналізовано зміни рівнів трийодтиронину (Т3), тироксину (Т4), тиреотропного гормону (ТТГ) у хворих із травматичним остеомієлітом при поступленні та в термінах 3 міс, 6 міс, 12 міс., результати вказані в табл.1. При аналізі тяжкості стану хворих, яким проводилося клінічне обстеження, було виявлено порушення гормонального статусу, зниження рівнів гормонів Т3, Т4 при поступленні в стаціонар, до хірургічного втручання. В основній групі пацієнтів, на відміну від контрольної, проводили корекцію йодного статусу шляхом призначення йодних препаратів (калію йодиду та L-тироксину під наглядом ендокринолога), терапія якими після хірургічного втручання приводилася до 6 місяців.

Контрольну групу склали 40 травмованих з гірських районів, які отримували загальноприйняте лікування посттравматичного остеомієліту в наступному обсязі: санація вогнища гнійно-некротичного процесу (секвестректомія, некректомія), дренування секвестральної порожнини, антибактеріальна, дезінтоксикаційна та судинна терапія, що проводилась внутрішньом'язовим та внутрішньовенним шляхом. Внутрішньоартеріальне лазерне опромінення крові та лазерне випромінювання на вогнище кісткової деструкції у контрольній групі не застосовувались.

В ході призначення антибактеріальної терапії перевагу надавали остеотропним препаратам (лінкоміцин, кліндаміцин), рідше – левофлоксацинам, однак вирішальним критерієм залишалась визначена чутливість збудників до препарату. Серед глікопептидів частіше використовували тейкопланин замість ванкоміцину, серед цефалоспоринів найбіль ефективними виявилися представники ІІІ покоління, також високу ефективність показали сулфаперазон та сульбактам. Застосування метрогіла та кларітроміцина мають високу ефективність проти клостридій, лактобацил, хелікобактера, стрептоміцети, які також являються учасниками інфекційного процесу.

Розчинами глюкози, амінокислот (інфезол, аміносол та аргініну гідро хлорид - тівомакс, тівортін;) проводили корекцію гіперкатаболічного синдрому.

Судинна терапія та покращення реологічних властивостей проводились такими препаратами, як пентоксифілін, гідроксіетилкрохмаль (рефортан, гекодез та ін.), нікотинової кислоти низькомолекулярні гепарини спазмолітики, анестетики, актовегін в післяопераційному періоді.

В комплекс були включені коферменти (вітаміни групи В), антиоксиданти (Вті Е, альфа-ліпоєва кислота). З метою забезпечення мінерального обміну – препарати активного кальцію з вітаміном D (Кальцій Д3).

Основну групу склали 42 хворих віком від 19 до 70 років, з яких чоловіків було 30, жінок – 12. У 29 хворих посттравматичний остеомієліт діагностовано після переломів кісток гомілки, де відкриті переломи були у 24 пацієнтів. У 8 травмованих остеомієліт був на стегні, у двох травмованих - на передпліччі, у трьох - після хірургічного втручання на плечі.

Основними причинами розвитку посттравматичного остеомієліту були важкі відкриті переломи (у 36 хворих) і порушення технології різного виду остеосинтезу. Тобто можна казати, що підходи до лікування цих хворих не були оптимальними, або показання до хірургічного втручання обрані хибно. Ми також розглядали як причину ускладнень надмірну травматичність хірургічного втручання у пацієнтів з дефіцитом йоду.

В нашому дослідженні ми застосували класифікацію остеомієліту по етіологічному фактору (Waldvogel [14]) і по анатомічній класифікації (Cierny-Mader [11]). Ці класифікації є досить простими. Вони, на нашу думку, доповнюють одна одну, легко застосовуються у практиці, дозволяють визначити об'єм та характер ураження для побудови алгоритму лікування кожного конкретного хворого і домогтися відновлення сегмента або кін-

цівки. Анатомічний підхід при оцінці характеру остеомієліту дозволяє вибрати оптимальні конструкції для іммобілізації. Нами обстежувалися хворі з гірських районів, яким було проведено лікування найбільш розповсюдженого посттравматичний остеомієліту після відкритих переломів, на фоні зниженого рівня йоду в організмі.

В контрольній групі пацієнтів згідно класифікації Waldvogel гематогенний остеомієліт зафіксовано у 33 пацієнтів, остеомієліт, пов'язаний з периферійною судинною недостатністю – у 4 пацієнтів, та остеомієліт, поєднуючий всі форми – у 2 пацієнтів. Згідно класифікації Cierny – Mader медулярний остеомієліт діагностовано у 3 пацієнтів, поверхневий остеомієліт у 7 пацієнтів, локалізований – у 10 пацієнтів та дифузний – у 20 пацієнтів

Серед пацієнтів основної групи згідно класифікації Waldvogel гематогенний остеомієліт констатовано у 31 пацієнта, вторинний остеомієліт з наявністю вторинного вогнища запалення – у 2 пацієнтів (гнійний флюз верхньої щелепи та гнійний тонзиліт відповідно), остеомієліт, пов'язаний з периферійною судинною недостатністю – у 6 пацієнтів, та остеомієліт, поєднуючий всі форми – у 3 пацієнтів. Згідно класифікації Cierny – Mader медулярний остеомієліт визначався у 5 пацієнтів, поверхневий остеомієліт у 9 пацієнтів, локалізований – у 8 пацієнтів та дифузний – у 20 пацієнтів.

В лікуванні основної групи хворих, 42 пацієнта, із посттравматичним остеомієлітом довгих кісток ми використовували раніше розроблені підходи, у складі яких стандартні, загальноприйняті заходи доповнювались методами власної розробки кафедри загальної хірургії УжНУ, інститута «Травми»:

– радикальне оперативне втручання, направлене на ліквідацію вогнища остеомієліту – секвестректомія (у тому числі – за допомогою лазерного випромінювання);

– обробка секвестральної порожнини та норицевих ходів високоінтенсивним діодним лазером „Ліка-хірург" виробництва Черкаського підприємства „Фотоніка Плюс" (довжина хвилі 980 нм, потужність 10-18 Вт) за допомогою моноволоконного світловоду, уведеного у секвестральну порожнину або норицевий хід при поступленні пацієнта, та впродовж курсу лікування з проміжком 7-10 діб, 3-5 разів до очищення вогнища;

– дренування секвестральної порожнини з обробкою її у післяопераційному періоді ультрафіолетовим випромінюванням (довжина хвилі 270-320 нм, потужність 25-30 мВт) за допомогою кварц-полімерного світловоду, уведеного через дренаж;

– катетеризацію a. epigastrica inferior з послідуючим пролонгованим регіонарним введенням антибактеріальних та судинних препаратів за допомогою інфузоматів „Lineomat", „ВЕДА-2", „ДШВ". Антибактеріальна терапія проводилась з урахуванням чутливості мікроорганізмів, згідно принципів, перерахованих вище. Завданням судинної терапії було покращення ангіотрофіки тканин уражених кінцівок, а, відповідно, і покращення репаративних процесів кісток та м'яких тканин;

– лазеротерапія (ендоназальна та місцевий магнітолазерний вплив). Лазерне випромінювання має виражену біологічну активність: прискорює відновлення пошкоджених структур, загоєння виразок, стимулює мікроциркуляцію, має аналгезуючу та протинабрякову дію (Рушай).

У обох групах при необхідності фіксацію відломків проводили позавогнищевим методом за допомогою моно-, або білокальних апаратів зовнішньої фіксації (АЗФ) – спицевих, спицестержневих та стержневих.

При аналізі результатів лікування оцінювали динаміку ранового процесу, клінічну та рентгенологічну картину. Враховували рівень ендотоксикозу, коефіцієнт інтоксикації Кс, лейкоцитарний та лімфоцитарний індекси інтоксикації, а також, за наявністю, лабораторні показники йоду в організмі хворих.

Рівень ендотоксикозу оцінювали за вмістом у крові середньомолекулярних пептидів (СМП), які являють собою ендогенні сполуки із середньою молекулярною масою від 500 до 5000 дн, і зростають при наростанні інтоксикаційного синдрому при лікуванні на 18-20-ту добу.

Результати та їх обговорення

Ми є прибічниками комплексного підходу до лікування посттравматичного остеомієліту у хворих з гірських районів, де відмічається зменшення вмісту йоду в крові. Цей підхід включає хірургічну та консервативну терапію.

Дана нами характеристика посттравматичного остеомієліту базується на анатомічному принципі – урахуванні розмірів розповсюдження запального процесу в кістці й ступеня ураженості кісткової тканини після її перелому (наявність або відсутність зрощення). Такий принцип лежить в основі вибору тактики й об'єму хірургічного втручання, а також можливого способу кісткової пластики.

Ступені розповсюдження запального процесу у кістковій тканині ми поділяємо в залежності від розміру вогнища деструкції по відношенню до діаметра кістки, згідно класифікації Cierny — Mader. Ступінь ураженості кісткової тканини характеризується відсутністю зрощення (неправильним зрощенням) або наявністю зрощення відламків (відновлення кістки). Можливі співвідношення цих факторів і спрощений вибір об'єму резекції кісткової тканини та способу кісткової пластики в кожному конкретному випадку приведені в табл. 2.

Простота цих принципів оперативного ліку-

Таблиця 2.

Хірургічна тактика лікування посттравматичного остеомієліту в залежності від ступеня розповсюдження запального процесу та ураження кісткової тканини.

Ступінь розповсюдження запального процесу у кістковій тканині (розмір вогнища)	Ступінь ураженості кісткової тканини	Об'єм резекції кісткової тканини та іншого впливу на неї	Спосіб кісткової пластики та фіксації уламків
Менше 1/3 діаметру кістки	Відсутність зрощення (псевдоартроз)	Адаптаційна резекція. Лазерна секвестр-некректомія, УФО	Кісткова пластика ауто-, алло- або біокомпозитними матеріалами другим етапом. При дефекті менше 4 см довжини – співставлення відламків і стабілізація монолокальним *ЧКО, більше 4 см – білокальним ЧКО.
Майже 1/3 діаметру кістки	Зрощені відламки, відновлення цілісності кістки	Резекція ураженої частини	Без пластики
Від 1/3 до 1/2 діаметру кістки	Зрощенні відламки, відновлення цільної кістки	Резекція ураженої частини Лазерна секвестр-некректомія,	Пластика другим етапом, або без пластики.
Майже 1/2 діаметру кістки	Відсутність зрощення (псевдоартроз)	Резекція ураженої частини Лазерна секвестр-некректомія, УФО	Кісткова пластика ауто -, алло – або біокомпозитними матеріалами другим етапом. При дефекті менше 4 см довжини – співставлення відламків і стабілізація моно локальним ЧКО, більше 4 см – білокальним ЧКО.
Більш 1/2 діаметру кістки	Відсутність зрощення (псевдоартроз), а також секвестр	Адаптаційна резекція. Очищення від гнійних мас за допомогою лазерного випромінювання, УФО	При дефекті менше 4 см довжини – співставлення відламків і стабілізація моно локальним ЧКО, більше 4 см – білокальним ЧКО.

* ЧКО – чрезкістковий остеосинтез

вання посттравматичного остеомієліту кінцівок у практичному використанні дозволяє систематизувати погляди на це питання та легко аналізувати результати лікування. Але для отримання стабільно хороших результатів одного хірургічного втручання недостатньо.

Важлива роль в комплексному лікуванні посттравматичного остеомієліту належить комплексній консервативній терапії. Проводилась вона з урахуванням сучасних поглядів на процеси запалення і регенерації, які проходять у вогнищі ураження, ураженому сегменті і всьому організмі хворих з остеомієлітом. За цими поглядами, у хворих з посттравматичним остеомієлітом наявний синдром системної запальної відповіді (SIRS) - симптомокомплекс, що характеризує вираженість запальної реакції в системі ендотеліоцитів і напрям запальної відповіді на ураження.

Позитивна динаміка ранового процесу, підвищення захисних сил організму хворих на посттравматичний остеомієліт кісток кінцівок призвела також до скорочення перебування хворих на стаціонарному лікуванні – з 38,6 ± 2,8 ліжко-днів у контрольній групі, де використовувалось загальноприйняте лікування до 29,4 ± 3,2 ліжко-дні у основній групі, де використана описана методика.

У результаті проведеного лікування спостерігалося прискорення динаміки ранового процесу у хворих основної групи, що проявлялося у скороченні строків очищення рани, появі грануляцій та початку епітелізації. Післяопераційні рани заживали вторинним натягом протягом 14-16 діб.

Висновки

Нормалізація йодного балансу з хронічним остеомієлітом та оптимізація процесу хірургічного лікування з використанням лазерного випромінювання з метою санації секвестральної порожнини і впливу на вогнище деструкції на фоні впливу йододефіциту дає кращі результати в порівнянні з традиційними методами лікування у вигляді скороченні строків очищення рани на 3±1 доби, більш ранньої (на 2±1,5доби) появі грануляцій та початку епітелізації.

Лікування травматичного остеомієліту у пацієнтів, особливо із гірських районів, із зниженням йодного балансу за нашими спостереженнями, дає позитивні результати, тільки тоді, коли проводиться баланс йоду до показників норми. У пацієнтів, лікованих згідно запропонованої нами схемою добрих результатів було на 8,4%, задовільних на 12,2% більше, а незадовільних на 5,7% менше, ніж у пацієнтів контрольної групи.

Наші перші дослідження дають нам підставу для подальших пошуків у цьому напрямі.

Література

1. Гайко Г.В. Вплив вітаміну Д3 та різних факторів вітаміну Е на мінеральний обмін, структурну організацію кісткової тканини та ріст довгих кісток / Г.В.Гайко, Л.І.Апуховська, А.Т.Бруско та інш. // Вісник ортопедії, травматології та протезування.- 2005.- №1.- С.5-12

2. Гарячий Є.В. Лікування хронічного травматичного остеомієліту з корекцією тіреоїдного статусу: Дис. … канд. мед. наук.- Київ, 2000.- 19 с.

3. Никитин Г.Д. Хирургическое лечение остеомиелита / Г.Д.Никитин, А.В.Рак, С.А.Линник и др.- СПб.: Русская графика, 2000.- 287 с.

4. Оноприенко Г.А. Хирургическое лечение больных с хроническим гнойным поражением костей и крупных суставов конечностей / Г.А.Оноприенко, О.Ш.Буачидзе, А.В.Еремин и др.// Хирургия.- 2005.- №8.- С.29-35.

5. Салманова О.Н. Антилизоцимная активность этиологических агентов хронического травматического остеомиелита // Український медичний альманах. – 2004.- №5.- С.135-136.

6. Тамаров С.В. Імунні порушення в хворих на хронічні травматичні остеомієліти / С.В.Тамаров, С.Е.Коляганова // Науковий вісник Ужгородського університету. Сер.: Медицина.- Ужгород, 2003.- Вип.21.- С.204-206.

7. Торгаев Т.Р. О лечении открытых переломов длинных костей и профилактике раневой инфекции / Т.Р.Торгаев, Н.Т.Абдулхаков, Н.А.Ишмухамедов // Ортопедия, травматология и протезирование.- 2004.- №4.- С.84-86.

8. Чубейко В.О. Влияние эндогенной интоксикации на показатель регионарной гемодинамики у больных с хроническим остеомиелитом костей голени // Эфферентная терапия.- 2005.- Т.11, №3.- С.44-48.

9. Шевцов В.И. Клинико-иммунологическое исследование пациентов с последствиями гематогенного остеомиелита в процессе коррекции деформации длинных трубчатых костей методом чрезкостного остеосинтеза / В.И.Шевцов, О.Л.Кармацких // Гений ортопедии: Научно-теоретический и практический журнал.- 2005.- №3.- С.35-38.

10. Шимон В.М. Вплив регіонарної інфузії та низькоінтенсивного лазерного випромінювання на показники ендотоксикозу в лікуванні хронічних остеомієлітів нижніх кінцівок / В.М.Шимон, Р.М.Сливка, В.І.Пантьо // Травма.- 2011.- Т.12, №3.- С.118-120.

11. Cierny G. Adult chronic osteomyelitis / G. Cierny 3rd, J.T. Mader //Orthopedics. — 1984. — 7. — 1557-64.

12. Schmidt H. Komplikationsmanagement der chronischen Knocheninfektion // 17th Workshop Good «Clinical Practice. Septische Chirurgie» (16-17.12.2005). – Langenbeck-Virchow-Haus, Berlin und der Aesculap Akademie.- P.10.

13. Urbaan F. Effects of antibiotics useful in osteomyelitis on the granulocyte-macrophag progenitor cells / F.Urbaan, I.Benko, S.Santa, K.Fekete // Abstracts of the 6th European Trauma Congress.- 2004.- P.92.

14. Waldvogel F.A. Osteomyelitis: areview of clinical features, therapeutic considerations and unusual aspects / F.A. Waldvogel , G. Medoff, M.N. Swartz // N. Engl. J. Med. — 1970. — 282. —198-206; 260-6; 316-22.

СОВРЕМЕННЫЙ ПОХОД К ЛЕЧЕНИЮ ОСТЕОМИЕЛИТА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

Шимон В.М., Кубаш В.И., Шерегий А.А.
Ужгородский национальный университет, медицинский факультет,
кафедра общей хирургии с курсами травматологии, оперативной хирургии и судебной медицины.
88000 Украина, г. Ужгород, ул. Капушанская, 22
тел. +38(031-2)61-62-90.
e-mail: kaftravm@rambler.ru

Введение. *В современной травматологии, в связи с ростом интенсивности травмирующих агентов и увеличением количества хирургических вмешательств при переломах костей, количество гнойных осложнений остается прежним, несмотря на совершенствование методов оперативного лечения. Неудовлетворительные результаты при этом составляют 7,8-29,3%. Медико-биологическая и социальная составляющая этой проблемы является особенно значимой у жителей горных районов с йододефицитом в окружающей среде и в организме. Основным методом лечения посттравматического остеомиелита является радикальное хирургическое вмешательство, но на пути к достижению благоприятного результата необходимо исправить нарушенные гемостатические функции организма, в том числе, йодный обмен. Одним из эффективных безмедикаментозных методов такой коррекции является воздействие лазерного излучения непосредственно на очаг деструкции и на кровь.*

Целью *нашего исследования было улучшение результатов лечения пациентов с горных районов, больных с посттравматическим остеомиелитом на фоне недостаточности йода с использованием действия лазерного излучения на очаг деструкции и на кровяное русло.*

Материалы и методы исследования. *Проведен анализ лечения пациентов с посттравматическим остеомиелитом на клинической базе кафедры общей хирургии с курсом травматологии и ортопедии медицинского факультета УжНУ за 2010-2016 гг. Пациенты были разделены на две группы. Основную группу составили 42 больных в возрасте от 19 до 70 лет, из которых мужчин было 30, женщин - 12. У 29 больных посттравматический остеомиелит диагностирован после переломов костей голени, где открытые переломы были у 24 пациентов. У 8 травмированных остеомиелит был на бедре, в двух травмированных - на предплечьи, в трех - после хирургического вмешательства на плече.*

Контрольную группу составили 40 пациентов. У 33-х из них зафиксирован гематогенный остеомиелит (согласно классификации Waldvogel), остеомиелит, связанный с периферийной сосудистой не-

достаточностью - у 4 пациентов, и остеомиелит, сочетающий все формы - у 2 пациентов. Согласно классификации Cierny - Mader медуллярный остеомиелит диагностирован у 3 пациентов, поверхностный остеомиелит у 7 пациентов, локализованный - у 10 пациентов и диффузный - у 20 пациентов.

Большинство больных обеих групп (82,2%) проживали в местностях, которые получили статус горных и эндемических районов с недостаточностью йода.

Нами были проанализированы изменения уровней трийодтиронина (Т3), тироксина (Т4), тиреотропного гормона (ТТГ) у больных с травматическим остеомиелитом при поступлении и в терминах 3 мес, 6 мес, 12 мес.

В лечении основной группы больных, 42 пациента, с посттравматическим остеомиелитом длинных костей мы использовали ранее разработанные подходы, в составе которых стандартные, общепринятые меры дополнялись методами собственной разработки кафедры общей хирургии УжНУ, института «Травмы»:

- радикальное оперативное вмешательство, направленное на ликвидацию очага остеомиелита - секвестрэктомия (в том числе - с помощью лазерного излучения);

- обработка секвестральной полости и свищевых ходов высокоинтенсивным диодным лазером «Лика-хирург» производства Черкасского предприятия «Фотоника Плюс» (длина волны 980 нм, мощность 10-18 Вт);

- дренирование секвестральной полости с обработкой ее в послеоперационном периоде ультрафиолетовым излучением (длина волны 270-320 нм, мощность 25-30 мВт) с помощью кварц-полимерного световода, введенного через дренаж;

- катетеризацию a. epigastrica inferior с последующим пролонгированным регионарным введением антибактериальных и сосудистых препаратов с помощью инфузоматов «Lineomat», «ВЕДА-2», «ДШВ»;

- лазеротерапия (эндовазальных и местный магнитолазерный воздействие).

В основной группе пациентов, в отличие от контрольной, проводили коррекцию йодного статуса путем назначения йодных препаратов (калия йодида и L-тироксина под наблюдением эндокринолога) после хирургического вмешательства и продолжительностью до 6 месяцев.

В контрольной группе пациенты получали общепринятое лечение посттравматического остеомиелита в следующем объеме: санация очага гнойно-некротического процесса (секвестрэктомия, некрэктомия), дренирование секвестральной полости, антибактериальная, дезинтоксикационная и сосудистая терапия, проводилась внутримышечно и внутривенно путем. Внутриартериальное лазерное облучение крови и лазерное излучение на очаге костной деструкции в контрольной группе не применялись

При анализе результатов лечения оценивали динамику раневого процесса, клиническую и рентгенологическую картину. Учитывали уровень эндотоксикоза, коэффициент интоксикации Кс, лейкоцитарный и лимфоцитарный индексы интоксикации, а также, при наличии, лабораторные показатели йода в организме больных.

***В результате** проведенного лечения наблюдалось ускорение динамики раневого процесса у больных основной группы, что проявлялось в сокращении сроков очищения раны, появлении грануляций и начало эпителизации. Послеоперационные раны заживали вторичным натяжением в течение 14-16 суток.*

***Выводы.** Лечение травматического остеомиелита у пациентов, особенно из горных районов, со сниженным йодным балансом, по нашим наблюдениям, дает положительные результаты только тогда, когда проводится баланс йода до показателей нормы. У пациентов, которые проходили лечение согласно предложенной нами схеме хороших результатов было на 8,4% больше, удовлетворительных - на 12,2% больше, а неудовлетворительных на 5,7% меньше, чем у пациентов контрольной группы.*

***Ключевые слова:** остеомиелит, дефицит йода, секвестральная полость, лазерное излучение.*

MODERN APPROACHES TO THE TREATMENT OF OSTEOMYELITIS USING LASER RADIATION

Shymon V.M., Kubach V.I., Sheregiy A.A.
Uzhgorod National University, Faculty of Medicine, the Department of General Surgery with the courses of traumatology, operative surgery and forensic pathology.
88000 Ukraine, Uzhgorod city, 22 Kapushanska Str.
tel.: +38(031-2)61-62-90
e-mail: kaftravm@rambler.ru

In modern traumatology, due to the increasing intensity of traumatic agents and increase in number of surgical interventions for bone fractures, the number of septic complications remains the same, despite improvements in surgery methods. Unsatisfactory results thus make 7,8-29,3%. Biomedical and social component of the problem is particularly significant for the inhabitants of mountainous areas with iodine deficiency in the environment and in the body. The main treatment for post-traumatic osteomyelitis is radical surgery, but on the way to achieving a favorable result it is necessary to recover the hemostatic body

dysfunctions, including iodine metabolism. One of the most effective non-drug methods of such correction is exposure of laser radiation directly to the lytic lesion and blood.

***The objective** of our study was to improve outcomes of patients from mountainous regions, suffering from posttraumatic osteomyelitis on the background of iodine deficiency by using laser radiation on the lytic lesion and bloodstream.*

***Materials and methods.** We have performed the analysis of treatment of patients with posttraumatic osteomyelitis on a clinical site of the Department of General Surgery with the course of Traumatology and Orthopaedics of Faculty of Medicine of Uzhgorod National University for 2010-2016 years. Patients were divided into two groups. The test group consisted of 42 patients aged 19 to 70 years, 30 of which 30 were males, and 12 of which were females. In 29 patients had diagnosed with post-traumatic osteomyelitis after bone fractures of the lower leg, 24 of which had open fractures. Eight of injured patients had hip osteomyelitis, two injured patients had forearm osteomyelitis, and three patients had osteomyelitis developed after shoulder surgery.*

The control group consisted of 40 patients. 33 of them had hematogenous osteomyelitis (according to Waldvogel classification), osteomyelitis associated with peripheral vascular insufficiency was reported in 4 patients, and osteomyelitis, which combines all forms was reported in 2 patients. According to classification of Cierny – Mader, medullary osteomyelitis was diagnosed in 3 patients, superficial osteomyelitis was reported in 7 patients, 10 patients had localized osteomyelitis, and 20 patients were diagnosed with diffuse osteomyelitis.

Most patients in both groups (82.2%) were living in areas, which had the status of mountain areas or endemic regions with iodine deficiency.

We analyzed the changes in levels of triiodothyronine (T3), thyroxine (T4), thyroid stimulating hormone (TSH) in patients with traumatic osteomyelitis at admission and in terms of 3 months, 6 months, 12 months.

In the treatment of the main group of patients, 42 patients with posttraumatic osteomyelitis of the long bones, we used a previously developed approaches, as part of which the standard, conventional measures were complemented by methods of the own development of the Department of general surgery Zhgorod National university, the Institute of "Trauma":

- radical surgery, aimed at eliminating of the osteomyelitis site of damage – sequestrectomy (in particular, with the help of laser radiation);

- treatment of sequestral cavity and sinus tracts with "Lika-Surgeon" high-intensity diode laser manufactured by Cherkasy enterprise "Photonika Plus" (wavelength of 980 nm, power of 10-18 watts);

- drainage of sequestral cavity with its postoperative treatment by ultraviolet radiation (wavelength of 270-320 nm, power of 25-30 mW) using quartz-polymeric light guide inserted through the drainage;

- catheterization of a. epigastrica inferior followed by prolonged regional administration of antibiotics and vascular drugs via infusion pumps "Lineomat", "VEDA-2", "DSHV";

- laser therapy (endovasal and the local magnetic-laser exposure).

In the test group of patients, in contrast to the control, iodine status correction was performed by prescribing iodine drugs (potassium iodide and L-thyroxine under endocrinologist's supervision) after surgery and for up to 6 months.

Patients of the control group, received the following conventional treatment of post-traumatic osteomyelitis: sanitation of purulonecrotic process nidus (sequestrectomy, necrectomy), sequestral cavity drainage, antibacterial, detoxification and vascular therapy was carried out by intravenous and intramuscular route. Intra-arterial laser irradiation of blood, and laser exposure of bone destruction lesion were not used in the control group.

Analyzing the treatment outcomes, we assessed the wound process dynamics, clinical and radiological picture. The level of endotoxemia, Kc intoxication rate, leukocyte and intoxication ratio, and (if applicable) laboratory parameters of iodine were taken into account.

***As a result** of treatment the acceleration of the wound process dynamics was observed in patients of the test group; it was evidenced by the reduction of period of wound cleansing, the appearance of granulation and initiation of epithelialization. Postoperative wounds healed by secondary intention within 14-16 days.*

***Conclusions.** The treatment of traumatic osteomyelitis in patients, especially those from mountain areas, having the reduced iodine balance, according to our observations, gives positive results only when the iodine balance is brought up to the normal range. There were 8.4% more good results, 12.2% more satisfactory results and 5.7% less unsatisfactory results in patients who have been treated according to the proposed regimen, compared to the control group.*

***Keywords:** osteomyelitis, iodine deficiency, sequestral cavity, laser irradiation.*

УДК 616.711-007.43:616.895.4]-085.03-085.831-085.84

БІНАУРАЛЬНА КОРЕКЦІЯ ПСИХОЛОГІЧНОГО СТАНУ ХВОРИХ З ДИСКОГЕННИМИ ДОРСОПАТІЯМИ

*Чухраєв М.В., **Древіцька О.О., **Буцька Л.В.,
*Левковська В.І., *Данілова О.О.

*Науково-методичний центр «Медінтех»,
04070 м.Київ вул. Почайнинська, 23, к.2;
e-mail: medintech@list.ru; тел.: +38(044)425-91-22.
**Приватний вищий навчальний заклад «Міжрегіональна Академія Управління Персоналом»,
м.Київ, вул.Фрометівська, 2,
тел.: +38(044)490-95-05.

Вступ. *За даними експертів ВООЗ поширеність больових синдромів досягає розмірів пандемії і є серйозною медичною і соціально-економічною проблемою для більшості країн.*

Аналіз вітчизняної та зарубіжної літератури показав, що мануальна терапія, фізіотерапія, тракції хребетного стовпа, а також інші рекомендовані ВООЗ методи лікування больових синдромів повністю не вирішують дану проблему. Хірургічна стабілізація з декомпресією хребта є досить дорогим методом лікування, що застосовується у невеликого числа хворих на дискогенну дорсопатію, найчастіше з ускладненим перебігом захворювання - імовірним виникненням грижі міжхребцевих дисків, стенозу хребетного каналу та ін.

Сучасні вимоги до процесу відновленого лікування і реабілітації хворих на дискогенну дорсопатію обумовлені необхідністю застосування системного, поліфакторного підходу з використанням інноваційних технологій.

У зв'язку з цим ми поставили ***за мету*** *розробку нових, більш ефективних методів консервативного лікування болів у хворих з дискогенними дорсопатіями із застосуванням корекції психологічного стану на основі бінауральної терапії і магнітофотостимуляції.*

Матеріали та методи дослідження. *Для визначення найефективнішого методу лікування дискогенних дорсопатій проводились пілотні дослідження на 30 пацієнтах віком 32-47 років (14 жінок і 16 чоловіків). Критерієм для включення у дослідження була наявність у хворих дискогенної дорсопатії й тривожної депресії по шкалі А.Бека, а також їх інформованої згоди на участь. Пацієнти розподілялись випадковим чином на дві групи по 15 хворих (7 жінок і 8 чоловіків).*

У І групі лікування проводилося методом ультразвукового форезу препарату «Discus compositum» фірми Heel (Німеччина)

Процедури проводилися в стані декомпресії хребта (на кушетці з кутом нахилу 20 градусів відносно горизонту, з фіксацією грудної зони відносно кушетки. Додатково на кушетці були встановлені 8 постійних магнітів з індукцією на поверхні 20 мТл). Процедура проводились за лабільною методикою на зону болі через серветку с препаратом. Тривалість однієї процедури становила 15 хвилин, на курс лікування призначалось 9 процедур, 3 рази на тиждень.

У ІІ групі лікування проводилося аналогічно першій групі з додаванням одночасної корекції психологічного стану хворого на основі бінауральної корекції. Бінауральна корекція психологічного стану хворого проводилась з застосуванням програмно-апаратного комплексу бінауральної психологічної корекції МИТ-БИН (фірма «НМЦ «Медінтех», Україна) на протибольовій частоті звучання 77 Гц для лівого каналу. Частота звука правого каналу встановлювалась як сума частоти лівого каналу і індивідуальної терапевтичної частоти, отриманої в результаті дослідження. Визначення індивідуальної терапевтичної частоти виконувалось по методу Самосюка-Чухраєва. У всіх хворих, які приймали участь в дослідженні, вона становила (9,5±1,1) Гц. Гучність звучання визначається хворим на основі суб'єктивних відчуттів.

Ця ж індивідуальна терапевтична частота була застосована для магнітофотостимуляції з використанням апарату МІТ-11. Максимальна магнітна індукція становила 20 мТл, потужність червоного (довжина хвилі - 0,67 мкм) лазерного випромінювання - 20 мВт, потужність інфрачервоного (0,78 мкм) лазерного випромінювання - 50 мВт. Магніто-лазерний аплікатор з червоним випромінюванням встановлювався на міжбрівну область, а з інфрачервоним - на зону великого потиличного отвору. Під час процедури очі хворого повинні бути закриті. Тривалість однієї процедури - 15 хвилин, на курс лікування - 9 процедур, що проводяться 3 рази на тиждень.

Модель дослідження включала клініко-неврологічну оцінку хворих, визначення інтенсивності болю за шкалою ВАШ до і після лікування. Для оцінки рівня депресивних розладів у хворих, які брали участь в дослідженні використовувалась психометрична таблиця А.Бека.

Результати досліджень *показали позитивну динаміку клінічних проявів у обох групах хворих на дискогенні дорсопатії. Було встановлено, що поєднання місцевого лікування болю на основі ультразвукового форезу пре-*

© Чухраєв М.В., Древіцька О.О., Буцька Л.В., Левковська В.І., Данілова О.О., 2016

парату «Discus compositum» на зону болі в стані декомпресії хребта та корекції депресивного стану на основі поєднання з фотомагнітною стимуляцією кори головного мозку на індивідуально підібраній терапевтичній частоті та бінауральною корекцією психологічного стану на основі запропонованої методики на 49-60% знижуються клінічні прояви болю і майже на 17-43% рівень депресії. Тому в II групі спостерігається більш виражена, ніж в I групі, позитивна динаміка зменшення больового синдрому та рівня депресії.

Висновки. *Визначено, що лікування дискогенної дорсопатії на основі місцевого введення у зону болі препарату «Discus compositum» методом ультразвукового форезу в стані декомпресії хребта знижує рівень суб'єктивної оцінки болю за шкалою ВАШ практично в 2 рази. Додаткова корекція тривожної депресії з застосуванням магнітофотостимуляції на індивідуальній частоті та одночасного звукового впливу на бінауральних ритмах посилює терапевтичний ефект медикаментозного лікування (додатково майже на 10%) і ефективно знижує рівень депресії (додатково майже на 26%).*

Ключові слова: *дискогенна дорсопатія, психологічний стан, бінауральна корекція, фотостимуляція, лазерне випромінювання червоного та інфрачервоного діапазонів спектра.*

Вступ

За даними експертів ВООЗ поширеність больових синдромів досягає розмірів пандемії і є серйозною медичною і соціально-економічною проблемою для більшості країн. Наприклад, в Україні, болі різної локалізації - головна і лицьова біль, невропатії, міофасціальна біль, фіброміалгії, артралгії, вісцеральний біль різної етіології є другою за частотою, після респіраторних захворювань, причиною звернення до лікаря і третьої - госпіталізації. Якщо до цієї проблеми додати і інші, то дійсно, вимальовується своєрідна пандемія болю.

Згідно з визначенням, затвердженим Міжнародною асоціацією по вивченню болю (IASP), «біль - це неприємне відчуття і емоційне переживання, пов'язане з реальним або потенційним пошкодженням тканини або описане термінами такого ушкодження». Біль виконує надзвичайну для організму сигнальну функцію, попереджаючи про зовнішній або внутрішній вплив, що пошкоджує. У той же час у багатьох випадках біль, особливо хронічний, виступає патогенним фактором, будучи основним, а часто і єдиним проявом цілого ряду захворювань, що представляють серйозну небезпеку для організму (Цимбалюк В.І., Сапон Н.А., 2003).

Тривалий хронічний біль стає важким випробуванням як для хворого і його родини, так і для клініцистів. Досить часто у хворих даної групи виникають порушення функції інших органів і постійно погіршується самопочуття, обумовлене болем, що в свою чергу, призводить до розвитку тривожно-депресивних розладів (Самосюк І.З. і співавт., 2015).

Біль, на думку більшості дослідників, завжди забарвлений емоційними переживаннями, і це надає йому індивідуальний характер. Найважливішими факторами, які визначають рівень болю, є емоційно-особистісні особливості суб'єкта, рівень його невротизації, наявність депресивно-іпохондрично-сенестопатичних проявів. Відомо, що антиноцицептивні системи і психічний стан взаємодіють один з одним за рахунок анатомо-функціональних і нейрохімічних зв'язків.

Разом з тим багато питань діагностики та лікування больових синдромів все ще не вирішено. Аналіз вітчизняної та зарубіжної літератури показав, що мануальна терапія, фізіотерапія, тракції хребетного стовпа, а також інші рекомендовані ВООЗ методи лікування больових синдромів повністю не вирішують дану проблему. Хірургічна стабілізація з декомпресією хребта є досить дорогим методом лікування, що застосовується у невеликого числа хворих на дискогенну дорсопатію, найчастіше з ускладненим перебігом захворювання - імовірним виникненням грижі міжхребцевих дисків, стенозу хребетного каналу та ін.

Сучасні вимоги до процесу відновлювального лікування і реабілітації хворих на дискогенну дорсопатію обумовлені необхідністю застосування системного, поліфакторного підходу з використанням інноваційних технологій. Це дозволяє оптимізувати дозування медикаментів, забезпечити фізіологічне відновлення порушеної роботи органів або функціональних систем, виконати корекцію тривожно-депресивного стану хворого, знизити витрати і скоротити строки відновного лікування або реабілітації, а також значно покращити якість життя таких хворих [1-4].

У зв'язку з цим розробка нових, більш ефективних методів консервативного лікування болів у хворих з дискогенними дорсопатіями із застосуванням корекції психологічного стану на основі бінауральної терапії і магнітофотостимуляції було **метою** даної роботи**.**

Матеріали та методи дослідження

Для визначення більш ефективного методу лікування дискогенних дорсопатій проводились пілотні дослідження на 30 хворих віком 32-47 років (14 жінок і 16 чоловіків). Критерієм для включення у досліджувану групу було наявність у хворих дискогенної дорсопатії і тривожної депресії по шкалі А.Бека, а також їх інформованої згоди на участь. Пацієнти розподілялись випад-

ковим чином на дві групи по 15 хворих (7 жінок і 8 чоловіків). Для чистоти експерименту запропонованої методики застосовувались самостійно.

У І групі лікування проводилося методом ультразвукового форезу препарату «Discus compositum» (фірма Heel, Німеччина). Параметри процедури: апарат МИТ-11 (фірма «НМЦ «Медінтех», Україна); частота ультразвукових хвиль - 44 кГц, частота повторення пачок ультразвукових хвиль - 9,4 Гц, амплітуда ультразвукових коливань - 3 мкм. Дозу «Discus compositum» (на одну процедуру 1 ампула - 2,2 мл) безпосередньо перед процедурою наносять на серветку, яку накладали на зону болі. Процедури проводилися в стані декомпресії хребта (на кушетці з кутом нахилу 20 градусів відносно горизонту, з фіксацією грудної зони відносно кушетки. Додатково на кушетці були встановлені 8 постійних магнітів з індукцією на поверхні 20 мТл). Процедура проводились за лабільною методикою на зону болі через серветку с препаратом. Тривалість однієї процедури становила 15 хвилин, на курс лікування призначалось 9 процедур, 3 рази на тиждень.



Рис.1. Проведення процедури лікування.

У ІІ групі лікування проводилося аналогічно першій групі з додаванням одночасної корекції психологічного стану хворого на основі бінауральної корекції на протибольовій частоті 77 Гц (ліва сторона) і сума протибольової і індивідуальної терапевтичної частот (права сторона) та магнітофотостимуляція міжбрівної області та великого потиличного отвору на індивідуальній терапевтичній частоті з використанням червоного та інфрачервоного лазерного випромінювання відповідно.

Бінауральна корекція психологічного стану хворого проводилась з застосуванням програмно-апаратного комплексу бінауральної психологічної корекції МІТ-БИН (фірма «НМЦ «Медінтех», Україна) на протибольовій частоті звучання 77 Гц для лівого каналу. Частота звука правого каналу встановлювалась як сума частоти лівого каналу і індивідуальної терапевтичної частоти, отриманої в результаті дослідження. Визначення індивідуальної терапевтичної частоти виконувалось по методу Самосюка-Чухраєва [5]. У всіх хворих, які приймали участь в дослідженні, вона становила (9,5±1,1) Гц. Гучність звучання визначається хворим на основі суб'єктивних відчуттів.

Ця ж індивідуальна терапевтична частота була застосована для магнітофотостимуляції з використанням апарату МІТ-11. Максимальна магнітна індукція становила 20 мТл, потужність червоного (довжина хвилі - 0,67 мкм) лазерного випромінювання - 20 мВт, потужність інфрачервоного (0,78 мкм) лазерного випромінювання - 50 мВт. Магніто-лазерний аплікатор з червоним випромінюванням встановлювався на міжбрівну область, а з інфрачервоним - на зону великого потиличного отвору. Під час процедури очі хворого закриті. Тривалість однієї процедури - 15 хвилин, на курс лікування - 9 процедур, що проводяться 3 рази на тиждень. Варіант проведення процедур показаний на рисунку 1.

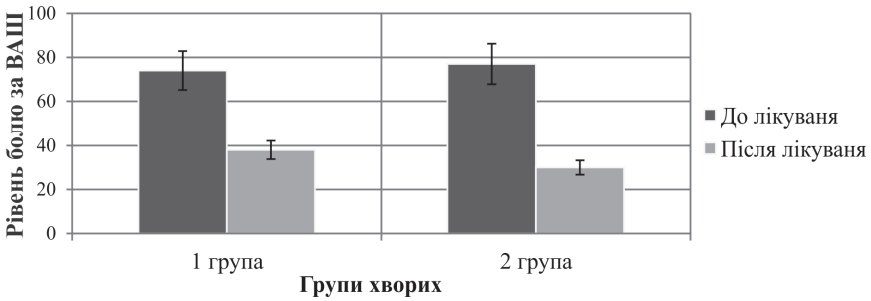


Рис.2. Динаміка зміни больового синдрому по шкалі ВАШ

Модель дослідження включала клініко-неврологічну оцінку хворих, визначення інтенсивності болю за шкалою ВАШ до і після лікування. Для оцінки рівня депресивних розладів у хворих, які брали участь в дослідженні використовувалась психометрична таблиця А.Бека.

Результати та їх обговорення

В результаті застосування запропонованих варіантів лікування суб'єктивне зниження рівня болю і покращення загального стану відмічали всі хворі. При цьому, кращі показники лікування больових синдромів у хворих з дискогенною дорсопатією на фоні тривожної депресії було досягнуто в ІІ групі.

Результати курсового лікування протягом трьох тижнів, які отримані із застосуванням шкали ВАШ і психометричної таблиці А.Бека, наведені на рисунках 2 і 3 відповідно.

До лікування клінічна картина була типовою. Основним симптомом у хворих з дискогенними дорсопатіями був біль і супутні йому депресивні стани.

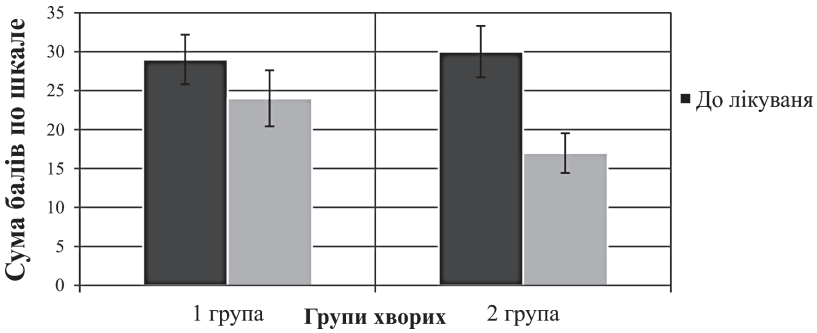


Рис.3. Рівень депресії у хворих (за результатами по таблиці А.Бека)

До початку лікування всі показники, оцінювані за шкалою ВАШ, були однорідні у обох групах хворих.

Результати наших досліджень показали позитивну динаміку клінічних проявів у обох групах хворих на дискогенні дорсопатії. Було встановлено, що поєднання місцевого лікування болю на основі ультразвукового форезу препарату «Discus compositum» на зону болі в стані декомпресії хребта та корекції депресивного стану на основі поєднання фотомагнітної стимуляції кори головного мозку на індивідуально підібраній терапевтичній частоті та бінауральною корекцією психологічного стану на основі запропонованої методики на 49-60% знижуються клінічні прояви болю і майже на 17-43% рівень депресії. Тому в II групі спостерігається більш виражена ніж в I групі позитивна динаміка зменшення больового синдрому та рівня депресії.

Висновки

Визначено, що лікування дискогенної дорсопатії на основі місцевого введення у зону болі препарату «Discus compositum» методом ультразвукового форезу в стані декомпресії хребта знижує рівень суб'єктивної оцінки болю за шкалою ВАШ практично в 2 рази. Додаткова корекція тривожної депресії з застосуванням магнітофотостимуляції на індивідуальній частоті та одночасного звукового впливу на бінауральних ритмах посилює терапевтичний ефект медикаментозного лікування (додатково майже на 10%) і ефективно знижує рівень депресії (додатково майже на 26%).

Актуально подальше вивчення поєднаного застосування ультразвукового форезу протибольових препаратів та психофізіологічних методів корекцій депресивних розладів для підвищення ефективності комплексного лікування дискогенних дорсопатій.

Література

1. Боренстайн Д. Епідеміологія, етіологія, діагностична оцінка та лікування поперекового болю //Международный медицинский журнал.- 2000.- №1.- С.36-43

2. Самосюк И.З. Системно-многоуровневый принцип использования физических факторов для лечения болевых синдромов /И.З.Самосюк, Н.В.Чухраев, Т.М.Зачатко, Н.И.Самосюк //Вестник физиотерапии и курортологии.- 2002.- №3.- С.25-27.

3. Самосюк, И.З. Болевые синдромы» (клиника, диагностика, лекарственные и физические методы терапии)/ Н.И. Самосюк, Н.В. Чухраев, Е.Н. Чухраева //«НМЦ Мединтех». – 2007. – 268 с.

4. Allan B.D. An historical perspective on low back pain and disability / B.D.Allan, G.Waddell /Acta Orthopaedica Scandinavica.– 1989.- Vol.60 (Suppl. 234).- P.1-23.

5. Chuhraev N.V. Psychophysiological correction of anxious depressive disorders in patients dorsopathy / N.V.Chuhraev, A.A.Vladimirov, V.I.Levkovskaya, W.Zukov / Journal of Education, Health and Sport.- 2015/ Vol.5, №6.- P.273-280.

БИНАУРАЛЬНАЯ КОРРЕКЦИЯ ПСИХОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ БОЛЬНЫХ С ДИСКОГЕННОЙ ДОРСОПАТИЕЙ

**Чухраев Н.В., **Древицкая О.О., **Буцкая Л.В.,*
**Левковская В.И., *Данилова О.А.*
**Научно-методический центр «Мединтех»,*
04070 г.Киев ул. Почайнинская, 23, к.2;
e-mail: medintech@list.ru; тел.: +38(044)425-91-22.
***Частное высшее учебное заведение «Межрегиональная Академия Управления Персоналом»,*
г.Киев, ул.Фрометевская, 2,
тел.: +38(044)490-95-05.

По данным экспертов ВООЗ распространенность болевых синдромов достигает размеров пандемии и является серьезной медицинской и социально-экономической проблемой для большинства стран.

Анализ отечественной и зарубежной литературы показал, что мануальная терапия, физиотерапия, тракции позвоночного столба, а также другие рекомендованные ВООЗ методы лечения болевых синдромов полностью не решают данную проблему. Хирургическая стабилизация с декомпрессией позвоночника является достаточно дорогим методом лечения, который применяется у небольшого числа больных с дискогенной дорсопатией, чаще всего с осложненным течением заболевания - вероятным возникновением грыжи межпозвонковых дисков, стеноза позвоночного канала и др.

Современные требования к процессу восстановительного лечения и реабилитации больных с дискогенными дорсопатиями обусловлены необходимостью применения системного, полифакторного подхода с использованием инновационных технологий.

В связи с этим мы поставили ***целью*** *разработку новых, более эффективных методов консервативного лечения болей у больных с дискогенными дорсопатиями с применением психологического состояния на основе бинауральной терапии и магнитофотостимуляции.*

Материалы и методы исследования. *Для определения наиболее эффективного метода лечения дискогенных дорсопатий проводились пилотные исследования на 30 пациентах в возрасте 32-47 лет (14 женщин и 16 мужчин). Критерием для включения в исследование было наличие у больных дискогенной дорсопатии и тревожной депрессии по шкале А.Бека, а также их информированного согласия на участие. Пациенты распределялись случайным образом на две группы по 15 больных (7 женщин и 8 мужчин).*

В I группе лечение проводилось методом ультразвукового форезу препарата «Discus compositum» фирмы Heel (Германия).

Процедуры проводились в состоянии декомпрессии позвоночника (на кушетке с углом наклона 20 градусов относительно горизонта, с фиксацией грудной зоны относительно кушетки. Дополнительно на кушетке были установлены 8 постоянных магнитов с индукцией на поверхности 20 мТл). Процедура проводились по лабильной методике в зону боли через салфетку с препаратом. Продолжительность одной процедуры составляла 15 минут, на курс лечения назначалось 9 процедур 3 раза в неделю.

Во II группе лечение проводилось аналогично первой группе с добавлением одновременной коррекции психологического состояния больного на основе бинауральной коррекции. Бинауральная коррекция психологического состояния больного проводилась с применением программно-аппаратного комплекса бинауральной психологической коррекции МИТ-БИН (фирма «НМЦ «Мединтех», Украина) на противоболевой частоте звучания 77 Гц для левого канала. Частота звука правого канала устанавливалась как сумма частоты левого канала и индивидуальной терапевтической частоты, полученной в результате исследования. Определение индивидуальной терапевтической частоты выполнялось по методу Самосюк-Чухраев. У всех больных, которые принимали участие в исследовании, она составляла (9,5 ± 1,1) Гц. Громкость звучания определяется больным на основе субъективных ощущений.

Эта же индивидуальная терапевтическая частота была применена для магнитофотостимуляции с использованием аппарата МИТ-11. Максимальная магнитная индукция составила 20 мТл, мощность красного (длина волны - 0,67 мкм) лазерного излучения - 20 мВт, мощность инфракрасного (0,78 мкм) лазерного излучения - 50 мВт. Магнито-лазерный аппликатор с красным излучением устанавливался на межбровную область, а с инфракрасным - на зону большого затылочного отверстия. Во время процедуры глаза больного должны быть закрыты. Продолжительность одной процедуры - 15 минут, на курс лечения - 9 процедур, проводятся 3 раза в неделю.

Модель исследования включала клинико-неврологическую оценку больных, определения интенсивности боли по шкале ВАШ до и после лечения. Для оценки уровня депрессивных расстройств у больных, принимавших участие в исследовании, использовалась психометрическая таблица А.Бека.

Результаты исследований *показали положительную динамику клинических проявлений в обеих группах больных с дискогенными дорсопатиями. Было установлено, что сочетание местного лечения боли на основе ультразвукового форез препарата «Discus compositum» на зону боли в состоянии декомпрессии позвоночника и коррекции депрессивного состояния на основе сочетания с фотомагнитной стимуляцией коры головного мозга на индивидуально подобранной терапевтической частоте и бинауральные коррекцией психологического состояния на основе предложенной методики на 49-60% снижаются клинические проявления боли и почти на 17-43% уровень депрессии. Поэтому во II группе наблюдается более выраженная, чем в первой группе, положительная динамика уменьшения болевого синдрома и уровня депрессии.*

Выводы. *Определено, что лечение дискогенной дорсопатии на основе местного введения в зону боли препарата «Discus compositum» методом ультразвукового фореза в состоянии декомпрессии позвоночника снижает уровень субъективной оценки боли по шкале ВАШ практически в 2 раза. Дополнительная коррекция тревожной депрессии с применением магнитофотостимуляции на индивидуальной частоте и одновременного звукового воздействия на бинауральных ритмах усиливает терапевтический эффект медикаментозного лечения (дополнительно почти на 10%) и эффективно снижает уровень депрессии (дополнительно почти на 26%).*

Ключевые слова: *дискогенная дорсопатия, психологическое состояние, бинауральная коррекция, фотостимуляция, лазерное излучение красного и инфракрасного диапазонов спектра.*

BINAURAL CORRECTION OF PSYCHOLOGICAL STATE OF PATIENTS WITH DISCOGENIC DORSOPATHY

*Chukhraev M.V., *Drevitskaia O.O., **Butskaia L.V., Levkovskaia V.I.,*Danilova O.O.*

Pain syndromes of the spine are known for not only older people but also people of young and middle working age. Therefore, issues of diagnosis and treatment of spinal pain syndromes are getting pressing. An analysis of domestic and foreign literature showed that manual therapy, physiotherapy, the spine column tractions, as well as other WHO-recommended methods to treat pain syndromes do not solve the problem completely. Surgical stabilization with spinal decompression is a relatively expensive method for treating, which is used in a small number of patients with discogenic dorsopathy, often in those with a complicated run of the disease, in particular probable intervertebral disc herniae, spinal stenosis, etc.

The up-to-date requirements to the process of remedial treatment and rehabilitation of the patients with discogenic dorsopathy are caused by the need to use a systematic, multifactor approach involving innovative technologies. This allows optimizing the medication doses to ensure the physiological restoration of disturbed organs or functional systems, reducing the costs and cutting the time of the remedial treatment and rehabilitation, as well as to improve significantly the quality of life of such patients.

In this regard, the development of new methods for the conservative treatment of back pain is perspective and topical.

Study objective. *The development of protocols and studying the effectiveness of the psychological state of patients with discogenic dorsopathy based on binaural therapy and photic stimulation.*

Materials and methods *of the study. To determine the most effective protocol of treating the discogenic dorsopathies, the pilot studies were carried out on 30 patients aged 32-47 years (14 women and 16 men). The presence of discogenic dorsopathies and anxious depression according to Beck scale in patients and their informed consent to participate is the study entry criterion. The patients were randomly divided into two groups by 15 patients (7 women and 8 men).*

In the I group the treatment was conducted by the method of ultrasound phoresis of the product 'Discus compositum' of the Heel Company (Germany).

The procedures were carried out in decompression state of the spine column (on a couch at an angle of 10-25 degrees relative to the horizon, or with the use of an additional adjustment) 3 times a week according to a lability technique using it paravertebrally on the discogenic dorsopathy zone. The duration of a single procedure is 15 minutes, a treatment course consists of 9 procedures. Along with phonophoresis, the effect of magnetic field in a therapeutic dose was applied in the pain zone.

In the II group the treatment was performed similarly to the first group with the addition of sound effect simultaneously on the left and right ear on a frequency of binaural rhythms and photic stimulation of the glabellar arcs zones and the foramen magnum on the individual therapeutic frequency using red and infrared laser radiation.

A model of the study included a clinical and neurological evaluation of the patients, determining the pain intensity by the scale of assessing the autonomic nervous system state, quality of life SF-36, VAS before and after the treatment. To evaluate the clinical manifestations, the Fairbank questionnaire of pain intensity was used to assess the level of a depressive disorder – the Beck scale.

The results *of the study showed positive dynamics of clinical manifestations in both groups of patients with discogenic dorsopathy. It was found that a combination of analgesic drug phonophoresis onto the pain zone in combination with magneto-laser stimulation of the cortex on the individually selected therapeutic frequency and with binaural rhythms on the analgesic frequency, the clinical manifestations of pain are decreased by 45-65% and the level of depression by nearly 60%.*

It is determined that the most effective protocol of treating the discogenic dorsopathy is local administration of the product "Discus compositum" into the pain zone by phonophoresis at the decompression state of the spine column. Additional correction of anxious depression with the use of photo-magnetic stimulation on an individual frequency and simultaneous sound effects on binaural rhythms enhances the therapeutic effect of medical treatment, and effectively reduces the level of depression.

Keywords: *discogenic dorsopathy, psychological state, binaural correction, photic stimulation, laser radiation of red and infrared spectral ranges.*

УДК 615.831:615.847.8:615.849.19:616.8-08-035

СУЧАСНІ ПОГЛЯДИ НА МАГНІТОЛАЗЕРНУ І ФОТОМАГНІТНУ ТЕРАПІЮ ТА ЇХ ЗАСТОСУВАННЯ В НЕВРОЛОГІЧНІЙ ПРАКТИЦІ

Федоров С.М.

Національна медична академія післядипломної освіти імені П.Л.Шупика,
кафедра медичної реабілітації, фізіотерапії і спортивної медицини,
вул. Дорогожицька, 9, м. Київ, 04112, Україна,
тел.: +38 (067) 786-42-73,
e-mail:sergnsp@voliacable.com

За останні роки при лікуванні патологій центральної та периферичної нервової системи все більше застосовуються методи фізіотерапії, в яких поєднуються два або більше фізичних факторів при одночасному їх впливі на певну зону тіла. Це обумовлено перевагами поєднаних методів не тільки перед використанням окремого фізичного фактора, а й перед комбінуванням їх між собою та у комплексі з медикаментозним лікуванням. Нажаль, публікації, які присвячені цьому питанню, не дозволяють скласти цілісного уявлення про механізми дії, лікувальні ефекти та методики застосування. І тому ми поставили за мету проаналізувати та узагальнити результати експериментальних і клінічних досліджень, які вже відомі на цей час. Зокрема про використання магнітолазерної та фотомагнітної терапії та їх застосування в неврологічній практиці.

Щодо механізмів дії, існує декілька гіпотез.

Деякі автори вважають, що при одночасному впливі лазерного випромінювання та магнітного поля, крім простої сумації енергій, виникають й інші фізичні явища. Насамперед, це ефект Кікоїна-Носкова, коли освітлення тканини в магнітному полі призводить до виникнення аномального ефекту Зеємана і електронного парамагнітного резонансу.

Інші автори вважають, що під впливом низькоінтенсивного лазерного випромінювання (НІЛВ) в тканинах утворюються вільно заряджені іони (Na^+, K^+ , Ca^{2+} та ін.), що призводить до посилення процесу метаболізму за рахунок активізації мембранних процесів.

На сучасному етапі досягнуто певних успіхів щодо впровадження магнітно-лазерної терапії (МЛТ) в лікувальний процес. Експериментальними та клінічними дослідженнями доведено наявність у магнітного поля та НІЛВ нейропротекторної, гіпотензивної, гіполіпідемічної, антиспастичної, протинабрякової, протизапальної, знеболюючої, антиоксидантної, іммуномодулюючої та репаративної дії. МЛТ відновлює внутрішньоклітинний кальцієвий обмін, регулює гормональний стан організму, покращує функцію зовнішнього дихання, позитивно впливає на реологію крові і гемодинаміку, поліпшує адаптаційні процеси в організмі.

Для проведення МЛТ використовується багато апаратів. І в залежності від типу апарату може бути декілька методик лікування. Вплив здійснюють в зручному для пацієнта положенні (лежачи або сидячи), на оголені зони тіла, контактно за стабільною або мобільною методиками з використанням однієї або декількох зон.

В статті детально звернена увага на методики застосування МЛТ в неврологічній практиці та лікувальних ефектах при хронічному порушенні мозкового кровообігу (дисциркуляторній енцефалопатії), гострому порушенні мозкового кровообігу та хворобі Паркінсона.

На даний час розроблена достатня кількість методик застосування МЛТ при патологіях периферичної нервової системи: невралгії трійчастого нерва; невриті лицьового нерва; нейрорефлекторних синдромах, обумовлених остеохондрозом хребта; полінейропатії.

МЛТ також використовують в комплексному лікуванні нейропатії, початкових порушень мозкового кровообігу, вегето-судинної дистонії.

Ще менша кількість публікацій висвітлює результат поєднаного магнітолазерного впливу на функцію ендотелію. В публікаціях можно знайти клінічні докази того, що підвищення концентрації ендотеліна і зниження NO в плазмі крові після комплексного лікування хворих на дисциркуляторну енцефалопатію за допомогою МЛТ і бальнеолікування відображає посилення вазоконстрикторного ефекту в більшій мірі, ніж після бальнеолікування як монофактора.

Враховуючи, що артеріальна гіпертензія є одним з основних етіологічних факторів розвитку дисциркуляторної енцефалопатії, нами проведені експериментальні дослідження магнітолазерного впливу на дисфункцію ендотелію при артеріальній гіпертензії з використанням червоного і синього лазерного випромінювання низької інтенсивності. Результати засвідчили значну стимуляцію ендогенної продукції NO в організмі щурів основної групи після курсового магнітолазерного впливу, що вказувало на вазодилятуючий ефект. Найбільш ефективним щодо стимуляції ендогенного синтезу оксиду азоту виявився магнітолазерний вплив синім лазерним випромінюванням тривалістю 15 хвилин впродовж кожного з 10 сеансів курсу.

© Федоров С.М., 2016

Отже, літературні джерела та наш клінічний досвід свідчать про те, що використання поєднаних методів фізіотерапії (МЛТ та ФМТ) є перспективним напрямом в сучасній фізіотерапії, який дає цілий ряд переваг. Вищезгадані поєднані методи покращують церебральну гемодинаміку, електрогенез мозку, реологічні показники крові та багато інших важливих показників. Поєднання МЛТ і ФМТ з медикаментозною терапією підвищує ефективність комплексного лікування захворювань нервової системи (можливо, за рахунок синергізму), дозволяючи зменшити дози та кількість фармацевтичних засобів, що призначаються.

Ключові слова: *магнітолазерна терапія, фотомагнітна терапія, неврологічна практика, експериментальні дослідження, клінічні результати, аналіз літератури, власний досвід.*

Вступ

З кожним роком у клінічній медицині при комплексному лікуванні різних захворювань, у тому числі патологій нервової системи, все ширше застосовуються методи фізіотерапії, в яких поєднуються два або більше фізичних фактори при одночасному їх впливі на певну зону тіла при проведенні процедури. Це обумовлено перевагами поєднаних методів не тільки перед використанням одного фізичного фактора, а й перед комбінуванням фізичних методів лікування між собою та з медикаментозним лікуванням. До таких переваг деякі автори відносять підсилення біологічного ефекту фізичних факторів, зменшення звикання до них; зменшення потужності фізичного впливу, тривалості і кількості процедур; зниження лікарського навантаження на хворих; полегшення праці персоналу, який працює із фізіотерапевтичною апаратурою [63].

Публікації, в тому числі оглядові [6, 47], які присвячені використанню поєднаних методів фізіотерапії (магнітолазерної терапії (МЛТ) та фотомагнітної терапії (ФМТ)) у лікуванні захворювань нервової системи, не дозволяють скласти цілісного уявлення про механізми дії, лікувальні ефекти та методики застосування вищезгаданих методів. В них також відсутні відомості про експериментальні дослідження впливу МЛТ та ФМТ на ендотелій судин, що є актуальним при лікуванні цереброваскулярної патології.

Мета огляду: проаналізувати та узагальнити результати експериментальних і клінічних досліджень, які висвітлені в публікаціях про застосування МЛТ та ФМТ в лікуванні патології нервової системи.

В основі поєднаного методу МЛТ лежить одночасний вплив низькоінтенсивного постійного або імпульсного магнітного поля і низькоінтенсивного лазерного випромінювання (НІЛВ) з лікувально-профілактичною і реабілітаційною метою.

Магнитолазерна терапія

Механізми магнітолазерного впливу на організм людини. Механізми дії поєднаного магнітолазерного впливу на організм неоднозначно трактуються у літературі. Відносно цього процесу існує ряд гіпотез.

Одна з них побудована на уявленні про те, що в клітинах і тканинах є власні електромагнітні поля і вільні заряди, які перерозподіляються під впливом лазерного випромінювання. При цьому в першу чергу змінюються електричні явища на поверхні клітин, які визначають характер міжклітинних взаємодій [6, 47].

Деякі автори вважають, що при одночасному впливі лазерного випромінювання та магнітного поля, крім простої сумації енергій, виникають й інші фізичні явища. Насамперед, це ефект Кікоїна-Носкова, коли освітлення тканини в магнітному полі призводить до виникнення аномального ефекту Зеємана і електронного парамагнітного резонансу. При цьому можливе вибіркове поглинання світла речовиною, пов'язане з переходами її електронів між зеємановськими рівнями енергії [6, 47].

Взаємодія магнітного поля та лазерного випромінювання на принципах резонансу (при відповідній частоті зовнішньої їх дії, що активно впливає на деякі елементи атому, іони) отримала назву «резонансних циклотронних частот» [60, 67, 78, 79]. За деякими гіпотезами, якраз частотні характеристики відповідальні за інформаційну сторону взаємодії поєднаних фізичних факторів із організмом, а існування резонансних ефектів забезпечує високу ефективність цієї взаємодії. Іноді вважають, що при застосуванні частотно-модульованих впливів не відбувається швидкої адаптації організму, або окремих його систем, до магнітолазерного впливу [26].

Резонансна частота випромінювання, яке поглинається, залежить від напруженості магнітного поля; серед медиків поширена думка, що останнє сприяє більш глибокому проникненню лазерного випромінювання в тканини і підвищенню чутливості клітин до нього [47].

Ушаков А.А. [64] пояснює гадане збільшення глибини проникнення лазерного випромінювання в біотканини під час дії постійного магнітного поля тим, що останнє начебто орієнтує молекулярні диполі біотканини вздовж силових ліній, покращуючи прозорість середовища.

На думку авторів [44], під впливом НІЛВ в тканинах утворюються вільно заряджені іони (Na^+, K^+, Ca^{2+} та ін.), що призводить до посилення процесу метаболізму за рахунок активізації мембранних

процесів. Енергія кванта інфрачервоного лазерного випромінювання цілком достатня, щоб вплинути на досить слабкі електричні зв'язки в клітині і досягти сприятливого ефекту збудження. Але незалежно від цього спостерігається й паралельний процес рекомбінації іонів, що уповільнює перебіг метаболічних реакцій. З метою активного стримування цього процесу на біологічну тканину діють одночасно НІЛВ і магнітним полем; такий комбінований вплив сприяє поділу вільних заряджених частинок за рахунок виникнення електрорушійної сили, пропорційної напруженості магнітного поля. Одержуваний магнітоелектричний ефект збільшує діелектричну проникність біополімерів, формуючи специфічну поляризацію. Вона, як вважають, сприяє збільшенню глибини проникнення світлового випромінювання і одночасно перешкоджає рекомбінації іонів, збільшуючи таким чином тривалість впливу.

Отже, за багатьма гіпотезами, що існують, в основі механізмів поєднаної дії НІЛВ і магнітного поля лежать складні фізико-хімічні процеси в організмі (перерозподілення іонів, виникнення ефектів поляризації і резонансу та багато інших), які істотно підвищують терапевтичний ефект магнітолазерного впливу у порівнянні з роздільним застосуванням цих двох фізичних факторів.

Поширена думка, що при поєднаних методах лікування глибоко розташованих патологічних вогнищ більш ефективним є застосування лазерного випромінювання ближньої інфрачервоної частини спектра (довжина хвилі 0,8-1,3 мкм). Для цього уявлення існують і об'єктивні причини. По-перше, максимум пропускання шкірними покривами людини електромагнітного випромінювання знаходиться в цьому діапазоні довжини хвиль. По-друге, постійне магнітне поле, колінеарно орієнтуючи диполі вздовж світлової хвилі, може сприяти резонансній взаємодії біологічних структур і підсилювати поглинання інфрачервоного випромінювання [44].

Чутливість організму до магнітолазерного впливу залежить не тільки від характеристик фізичних факторів, а й від стану регулюючих систем організму (нервової, ендокринної) [17, 45].

Впровадження магнітолазерної терапії в лікувальний процес. На сучасному етапі досягнуто певних успіхів щодо впровадження МЛТ в лікувальний процес. Експериментальними та клінічними дослідженнями доведено наявність у магнітного поля та НІЛВ нейропротекторної [78], гіпотензивної [7, 27, 38, 39, 43, 51], гіполіпідемічної [27], антиспастичної [69], протинабрякової [22, 41], протизапальної [4, 7, 14], знеболюючої [8, 35, 57], антиоксидантної [58], імуномодулюючої [25, 28], репаративної [40] дії. МЛТ відновлює внутрішньоклітинний кальцієвий обмін [40], регулює гормональний стан організму [4], покращує функцію зовнішнього дихання [56], позитивно впливає на реологію крові і гемодинаміку [46, 53], поліпшує адаптаційні процеси в організмі [38, 51, 52].

Для проведення МЛТ використовують такі апарати: АМЛТ-01, «Изель», АЛТО-05М, «Млада», «Светоч-1», «Лазурь», «Эрга», АЗОР-2К, МИЛТА, «Мустанг-022 БИО», «Рикта», «Фототрон», «Люзар-МП», «Родник-1», СНАГ, «Айболит», «Сенс», «Рикта-04», «Рикта-Эсмил», МІТ-МТ, МІТ-11, МІТ-1-МЛТ, «Фотоника Плюс» та інші [24, 63].

Методика МЛТ залежить від типу апарату, що використовується для лікування. Вплив здійснюють в зручному для пацієнта положенні (лежачи або сидячи), на оголені зони тіла, контактно за стабільною або мобільною методиками з використанням однієї або декількох зон [61, 63].

Зупинимось на деяких методиках застосування МЛТ в неврологічній практиці та лікувальних ефектах при хронічному порушенні мозкового кровообігу (дисциркуляторній енцефалопатії), гострому порушенні мозкового кровообігу та хворобі Паркінсона.

МЛТ проводиться в постійному або в імпульсному (тобто в частотно-модульованому) режимі. В останньому випадку пропонується використовувати відпрацьовані частотні модуляції з урахуванням основної причини розвитку енцефалопатій та інсультів. Так, при гіпертонічній хворобі застосовується частота модуляції 37,5 Гц, яка чергується із частотою модуляції 10 Гц, а при атеросклерозі - 1,25 Гц [27, 39, 48, 51, 57, 65].

Малєв О.В. [39] запропонував таку методику МЛТ при дисциркуляторній енцефалопатії I-II ступеня на фоні артеріальної гіпертензії: за допомогою апарату МІТ-11 діють на комірцеву зону (проекція спинного мозку C_8-Th_2) паравертебрально (червоне лазерне випромінювання, довжина хвилі 0,67 мкм) та на краніо-цервікальне зчленування (C_1) - інфрачервоним лазерним випромінюванням (0,78 мкм), застосовуючи скануючу частоту (1-10 Гц). Режим впливу - імпульсний, потужність інфрачервоного лазерного випромінювання 20-60 мВт, червоного - 10-50 мВт. Тривалість дії 2-3 хвилини на одну зону, на курс 8-10 процедур, які призначали щодня.

До лікування у пацієнтів спостерігалось переважання симпатикоадреналової активності, яка впливала на гемодинаміку. Після проведеного курсу МЛТ автором [39] відзначено зменшення рівня больового відчуття (сенсорної і аферентної компоненти) у хворих на дисциркуляторну енцефалопатію, зниження кількісних показників вмісту катехоламінів в еритроцитах. Це дозволило оцінити компенсаторні можливості симпатикоа-

дреналової системи та динамічні зміни у відновлювальному процесі.

Нами [65] вивчалась ефективність МЛТ в комплексному лікуванні хворих похилого віку на дисциркуляторну енцефалопатію. За розробленою методикою магнітолазерний вплив проводили за допомогою апарату МІТ-11 на такі зони: проекцію великого потиличного отвору; сегментарну ділянку серця (проекція Th4-Th6 сегментів спинного мозку); сегментарну ділянку нирок і наднирників; литкові м`язи на обох ногах. Параметри процедур: магнітне поле з регульованою індукцією до 50 мТл; потужність червоного лазерного випромінювання - до 15 мВт), інфрачервоного ЛВ - 5-100 мВт. Магнітне поле та лазерне випромінювання модулювалося частотами 37,5 Гц або 10 Гц (через день). Одночасно діяли на 4 зони. Тривалість процедури – 20–30 хвилин, щодня, на курс лікування 10–12 процедур.

За результатами обстеження у більшості хворих після лікування відзначалось статистично достовірне поліпшення загального стану; зменшення головного болю, запаморочення; зниження артеріального тиску; поліпшення скорочувальної здатності міокарда; позитивна динаміка венозного відтоку (за даними ультразвукової допплерографії). Використання МЛТ дозволило скоротити термін перебування в стаціонарі та підвищити ефективність комплексного лікування, оптимізувавши застосування медикаментозних препаратів за рахунок зменшення кількості препаратів та їхніх доз.

Баранова І.В. та співавт. [41] відмітили, що застосування НІЛВ інфрачервоного діапазону та магнітного поля при лікуванні синдрому хронічної венозної дисциркуляції головного мозку не тільки покращує місцевий протизапальний, знеболюючий, протинабряковий ефекти, але і підвищує оксигенацію крові і тканин організму, зменшує перекисне окислення ліпідів в тканинах, поліпшує реологічні показники крові. Крім того, зональна стимуляція зазначеними фізичних факторів шийно-комірцевої ділянки з важливими вегетативними і сегментарними структурами, які безпосередньо приймають участь в інервації венозної системи головного мозку, є дуже важливою в профілактиці прогресування венозної дисциркуляторної енцефалопатії. Автори [41] вважають, що позитивні впливи на судинний тонус і венозний кровообіг більш виражені в кінці курсу лікування (10-12 процедур), що, можливо, обумовлено поєднаним ефектом дії лазерного випромінювання та магнітного поля.

Кантур Т.А. та співавт. [27] для корекції артеріального тиску методом МЛТ застосували апарат «Рикта-04», який генерує імпульсне інфрачервоне лазерне випромінювання з довжиною хвилі 890 нм; воно діє у постійному магнітному полі із величиною магнітної індукції 35 мТл. Запропонована методика визначала зони впливу (паравертебральні точки C_{IV}-C_{VI}, великий потиличний отвір, проекція нирок, проекція печінки), частоту модуляції (в залежності від зони коливалась від 5 Гц до 1000 Гц), тривалість впливу на одну зону (1 хвилина), загальна тривалість процедури (20 хвилин), періодичність сеансів (щодня), курс лікування (10 процедур).

При використанні вищезгаданої методики лікування спостерігалась позитивна динаміка клінічного статусу: знижувалась інтенсивність, тривалість та частота головного болю, зникало головокружіння, стабілізувався артеріальний тиск. Крім регуляції артеріального тиску, встановлено, що при проведенні МЛТ спостерігається гіполіпідемічний ефект, який проявляється у зниженні рівня загального холестерину, ліпопротеїдів низької щільності, індексу атерогенності та у збільшенні рівня ліпопротеїдів високої щільності.

Встановлено, що в основі гіпотензивного ефекту МЛТ лежить достовірне зниження серцевого викиду і підвищення загального периферичного опору, а також значна корекція показників гемодинаміки: підсилення мікроциркуляції та поліпшення реологічних властивостей крові, зниження активності пресорних гуморальних систем регуляції у вигляді зменшення рівня кортизолу, ренін-ангіотензина і альдостерону у плазмі крові [27].

Отже, МЛТ має не тільки гіпотензивну, а й гіполіпідемічну, антиоксидантну дії, що можливо вважати патогенетичним обґрунтуванням її використання для корекції метаболічних порушень при поліморбідних станах.

Ішемічний інсульт. МЛТ з частотною модуляцією лазерного випромінювання та магнітного поля у хворих з ішемічним інсультом в гострому періоді (на 2-3-й день від початку захворювання) призводить до загальної активізації хворих, зменшення загальномозкових симптомів, а з 5-7-го дня - до регресу вогнищевої симптоматики. У 87% хворих, які отримували МЛТ з частотною модуляцією, перебіг ішемічного інсульту був регредієнтним з регресом неврологічної симптоматики, що значно перевершувало аналогічний показник в контрольній групі - 53,7% [29, 52]

Авторами робіт [15, 52, 78] пропонуються різні алгоритми проведення МЛТ з частотною модуляцією лазерного випромінювання та магнітного поля при ішемічному інсульті в залежності від басейну ураження судин. При ішемії в басейні сонних артерій два магнітолазерних термінала одночасно встановлюються на наступні зони: перший - транскраніально на проекцію ішемічного вогнища (лобну, тім’яну та інш.) із

впливом магнітного поля (індукція до 30 мТл) та інфрачервоного лазерного випромінювання (довжина хвилі 0,78 мкм, потужністю до 50 мВт); другий – на проекцію біфуркації сонної артерії на боці вогнища із впливом магнітного поля (до 30 мТл) та червоного лазерного випромінювання (0,67 мкм, потужність до 40 мВт). Стимуляція зазначених зон проводиться одночасно, а самі фізичні фактори (магнітне поле та лазерне випромінювання) модулюються частотою 37,5 Гц (так звана резонансна частота регуляції кальцієвих каналів). Далі проводиться вплив ще на дві зони: на ділянку ока крізь закрите повіко на боці вогнища (індукція магнітного поля - до 30 мТл, потужність червоного лазерного випромінювання - до 40 мВт), а також на проекцію C_8-Th_3 сегментів спинного мозку (індукція магнітного поля - до 30 мТл, потужність інфрачервоного лазерного випромінювання - до 50 мВт). Стимуляція цих зон проводиться також одночасно, частота модуляції - 10 Гц (так важна резонансна частота впливу на калієві канали і мікроциркуляторне русло).

Отже, в одному сеансі використовуються 4 зони із застосуванням двох частот модуляції, загальна тривалість процедури - до 30 хвилин. В перші дні захворювання процедури слід проводити вранці і ввечері. Після 5-7-ї доби з часу виникнення інсульту (покращання загального стану пацієнта, зменшення вогнищевої симптоматики) процедури МЛТ проводять 1 раз на добу.

Якщо ішемія спостерігається у вертебробазилярному басейні, алгоритм проведення процедур МЛТ наступний: спочатку два магнітолазерних термінали (магнітне поле - до 50 мТл, інфрачервоне лазерне випромінювання - до 70 мВт, частотна модуляція 37,5 Гц) встановлюються субокципітально на проекцію *a. vertebralis* з двох боків. Час поєднаного впливу - 7-10 хвилин. Після цього магнітолазерні термінали встановлюються: один на проекцію стовбура мозку (зона великого потиличного отвору), другий - на проекцію C_8- Th_3 сегментів спинного мозку (зона C_7-D_1 хребців). Для обох терміналів індукція магнітного поля – до 50 мТл, потужність червонного або інфрачервоного лазерного випромінювання - до 70 мВт, частота модуляції - 10 Гц, час впливу - 7-10 хвилин. Перші 3 доби МЛТ проводиться двічі на добу, у наступні дні - 1 раз, сумарно до 15 процедур [52, 78].

При проявах вертебробазилярної недостатності під час сеансу збільшували час впливу МЛТ на шийний відділ хребта із залученням комірцевої зони, а при переважанні симптомів цереброваскулярної недостатності - на синокаротидну зону [52].

МЛТ може використовуватись не тільки в гострому періоді ішемічного інсульту (оптимально - в період «терапевтичного вікна»), а також в інші періоди розвитку захворювання [49].

Курсове лікування впливом лазерного випромінювання та магнітним полем з частотами модуляції 37,5 і 10 Гц (в певній часовій послідовності) в більшості випадків покращує церебральну гемодинаміку, навіть при застосуванні в період гострого порушення мозкового кровообігу [53].

Одноразова дія інфрачервоного лазерного випромінювання позитивно впливає на мозковий кровообіг, сприяючи збільшенню пульсового кровонаповнення, зниженню судинного тонусу і нормалізації венозного відтоку. Позитивні зміни церебральної гемодинаміки під впливом МЛТ обумовлені поліпшенням діяльності центральних і периферичних механізмів регуляції судин головного мозку, що веде до поліпшення колатерального кровообігу за рахунок основних гемореологічних показників [73].

При оцінці мозкової гемодинаміки після курсового лікування методом МЛТ з частотною модуляцією лазерного випромінювання та магнітного поля спостерігається збільшення венозного відтоку із порожнини черепу, зниження тонусу судин малого та середнього калібру, а також коефіцієнта асиметрії між мозковими півкулями [21].

МЛТ з частотною модуляцією лазерного випромінювання та магнітного поля в гострому періоді ішемічного інсульта позитивно впливає на реологічні та коагуляційні властивості крові: знижується агрегація еритроцитів і тромбоцитів, збільшується час кровотечі і згортання крові, зменшується вміст фібриногену, збільшується фібринолітична активність, відновлюються реологічні властивості крові і мікроциркуляція, покращується загальний стан пацієнтів. Застосування цього фізіотерапевтичного методу в комплексі з медикаментозним лікуванням більш позитивно впливало на показники гомеостазу порівняно з однією фармакотерапією [78].

Вивчення впливу МЛТ на біоелектричну активність головного мозку та церебральну гемодинаміку при ішемічному інсульті проводила Даценко І.В. [15]. Було встановлено, що МЛТ в ранній відновний період ішемічного інсульту викликає гармонізацію структури біоелектричної активності головного мозку, збільшуючи середню частоту та інтенсивність альфа-ритму, зменшуючи питому вагу повільних ритмів в інтактній та ураженій півкулях. Виявлені півкульні особливості поєднаного впливу на електрогенез мозку та мозкову гемодинаміку. У хворих з локалізацією ішемічного вогнища в лівій півкулі

МЛТ справляє більш виражений вплив на біоелектричну активність головного мозку та церебральну гемодинаміку (покращує показники в інтракраніальних судинах каротидного басейну), ніж у хворих з локалізацією вогнища ураження в правій півкулі.

Хвороба Паркінсона. Буренок Ю.А. та співавт. [5] запропонували спосіб лікування хвороби Паркінсона із використанням МЛТ. Методика передбачала вплив магнітолазерними терміналами, які генерували червоне та інфрачервоне лазерне випромінювання з магнітним полем, одночасно на дві зони (проекцію біфуркації сонної артерії та зону великого потиличного отвору). Потужність лазерного випромінювання - 15-40 мВт, індукція магнітного поля - 15-20 мТл, частота модуляції - 9,4 Гц. Тривалість процедури - 10 хвилин, курс лікування - 10 сеансів. Клінічне поліпшення після курсу МЛТ у пацієнтів на хворобу Паркінсона корелювало із зниженням інтенсивності повільних ритмів на електроенцефалограмі.

Таким чином, при застосуванні поєднаного магнітолазерного впливу в лікуванні гострих та хронічних порушень мозкового кровообігу автори багатьох досліджень відмічають поліпшення загального стану пацієнтів, регрес неврологічної симптоматики, покращання церебральної гемодинаміки, венозного відтоку, електрогенезу мозку, скорочувальної здатності міокарда, реологічних показників крові. При проведенні процедур МЛТ спостерігають такі лікувальні ефекти: нейропротекторний, гіпотензивний, гіполіпідемічний, антиоксидантний, венотонізуючий, антиспастичний. Методика застосування включає такі параметри: щільність потоку потужності лазерного або світлодіодного випромінювання - 5-10 мВт/см^2; індукція магнітного поля - 10-50 мТл; частота модуляції - 1-99 Гц; тривалість впливу на одну зону - 5-10 хвилин; загальна тривалість процедури - 10-30 хвилин; курс лікування - 8-15 процедур; періодичність процедур - щодня або через день. При необхідності повторний курс лікування призначають через 2-4 тижні.

Дисциркуляторна енцефалопатія. Сучасні експериментальні та клінічні дослідження показують, що дисфункція ендотелію є важливою патогенетичною ланкою у розвитку патології нервової системи, в тому числі цереброваскулярної (дисциркуляторної) енцефалопатії [9, 36, 59]. Сьогодні відомі тільки поодинокі та несистематизовані дослідження результатів роздільного впливу НІЛВ і магнітного поля на функцію ендотелію при нервових та серцево-судинних захворюваннях [1, 2, 10, 33, 34]. Доведено, що роздільний вплив вищезгаданих фізичних факторів на ендотелій судин однонаправлений і проявляється у підвищенні активності NO синтетази і синтезу оксиду азоту (NO) [74, 75, 76, 77].

Ще менша кількість публікацій висвітлює результат поєднаного магнітолазерного впливу на функцію ендотелію. Автори клінічного дослідження [42] показали, що підвищення функції ендотелію і зниження концентрації NO в плазмі крові після комплексного лікування хворих на дисциркуляторну енцефалопатію за допомогою МЛТ і бальнеолікування відображає посилення вазоконстрикторного ефекту в більшій мірі, ніж після бальнеолікування як монофактора.

Враховуючи, що артеріальна гіпертензія є одним із основних етіологічних факторів розвитку дисциркуляторній енцефалопатії, нами проведені експериментальні дослідження магнітолазерного впливу на дисфункцію ендотелію при артеріальній гіпертензії з використанням червоного і синього лазерного випромінювання низької інтенсивності. Результати засвідчили значну стимуляцію ендогенної продукції NO в організмі щурів основної групи після курсового магнітолазерного впливу, що вказувало на вазодилатуючий ефект. Найбільш ефективним щодо стимуляції ендогенного синтезу оксиду азоту виявився магнітолазерний вплив синім лазерним випромінюванням тривалістю 15 хвилин впродовж кожного з 10 сеансів курсу.

Авторами зроблено також висновок про ефективне поєднання методу МЛТ з застосуванням препаратів, які підвищують активність власної антиоксидантної системи організму, а також інгібіторів аргінази та донорів NO для корекції дисфункції ендотелію і системного артеріального тиску при гіпертензії [66].

Отже, результати експериментальних та клінічних досліджень магнітолазерного впливу на ендотелій судин показали неоднозначність висновків. Одними авторами виявлено вазоконстрикторний ефект, тоді як іншими - вазодилатуючий. Це вказує на необхідність продовження пошуку у напрямі оптимізації параметрів МЛТ з метою регуляції функції ендотелія в процесі лікування, що в подальшому сприятиме зменшенню ендотеліальної дисфункції у хворих на неврологічну патологію.

На даний час розроблена достатня кількість методик застосування МЛТ при патологіях периферичної нервової системи: невралгії трійчастого нерва; невриті лицьового нерва; нейрорефлекторних синдромах, обумовлених остеохондрозом хребта; полінейропатії [3, 16, 57, 70, 71, 72].

Включення МЛТ за допомогою апарату МІТ-1-МЛТ в комплексне лікування неврологічних синдромів поперекового остеохондрозу за локальною і багаторівневою методиками сприяє

регресу больового синдрому, позитивним змінам у клінічній картині захворювання, справляє сано- і патогенетичний впливи. Це підтверджуються поліпшенням клініко-неврологічного статусу, функціонального стану нейромоторного апарату, периферичного кровообігу [57, 72].

МЛТ також використовують в комплексному лікуванні нейропатії, початкових порушень мозкового кровообігу, вегето-судинної дистонії [63, 68].

У нейрохірургічній практиці є досвід застосування МЛТ насамперед при післятравматичних енцефалопатіях, черепно-мозкових травмах. Експериментальні та клінічні дослідження [23] показали позитивний ефект магнітолазерного впливу на метаболічні процеси в головному мозку, його гемодинаміку та водно-іонний обмін, які порушуються внаслідок черепно-мозкових травм.

Дозування магнітолазерної терапії. При проведенні МЛТ у лікарів часто виникають питання щодо індивідуального дозування ЛВ, відслідковування реакцій організму на магнітолазерний вплив та індивідуальної чутливості до цього методу фізіотерапевтичного лікування. За класичну вважається методика розрахунку індивідуальної дози лазерного випромінювання за формулою, що запропонована у [50].

Зубкова С.М. [24] при МЛТ пропонує визначати індивідуальну біодозу для інфрачервоного лазерного випромінювання. Біодоза - доза променистої енергії (найменша тривалість освітлення), в результаті якої виникає ультрафіолетова еритема (стійке почервоніння шкіри). В основу цього методу покладено таке явище, як фотореактивація, яка полягає в здатності довгохвильового електромагнітного випромінювання усувати дефекти, що викликані більш короткохвильовим випромінюванням. В якості короткохвильового випромінювання використовують ультрафіолетове із довжиною хвилі 0,32-0,35 мкм, яке викликає еритемну реакцію шкіри. Після усунення еритеми визначають мінімальну фотореактивуючу дозу при впливі на шкіру довгохвильового випромінювання з довжиною хвиль 0,44-0,89 мкм. Цей спосіб може використовуватись для визначення індивідуальної біодози при усіх захворюваннях, де показано призначення МЛТ.

Інформативним показником стану організму до лікування і, відповідно, реакції на зовнішній магнітолазерний вплив є індекс Гаркаві, який дорівнює відношенню вмісту в крові лімфоцитів до кількості сегментоядерних нейтрофілів. В нормі він знаходиться в межах 0,36-0,4. При передозуванні (переактивації) зовнішнього впливу індекс збільшується до 0,8-0,9, а при стресі і патології - зменшується (<0,3) [11, 12, 13, 24].

Залеська Г.А. [20] пропонує визначати індивідуальну чутливість пацієнтів до зовнішнього впливу НІЛВ за рівнем насичення гемоглобіну еритроцитів киснем.

Таким чином, визначення індивідуальної біодози, індексу Гаркаві та індивідуальної чутливості до фізичних факторів, можливо, оптимізує методику проведення сеансів МЛТ.

Фотомагнітна терапія

ФМТ – метод поєднаного застосування некогерентого світла і магнітного поля. У вищезгаданому методі використовують видиме та інфрачервоне випромінювання з різною довжиною хвилі та з частотою, а також постійне або імпульсне магнітне поле.

За даними різних авторів, магнітне поле та світло мають цілий ряд однакових терапевтичних ефектів, а також подібний вплив на різні системи організму. Дехто з науковців вважає, що при поєднаному застосуванні цих фізичних факторів можливе виникнення магнітофотоелектричного ефекту, за якого в тканинах виникає наведена електрорушійна сила, яка впливає на їх фізико-хімічні властивості. Існують гіпотези, за якими зовнішнє магнітне поле сприяє глибшому проникненню оптичного випромінювання в тканини, зменшенню відбивання світла на межі поділу середовищ і поліпшенню його поглинання тканинами. За іншими гіпотетичними уявленнями, під впливом магнітного поля в тканинах виникає розщеплення енергетичних рівнів і спектральних ліній атомних систем, внаслідок чого останні отримують додаткову енергію (ефект Зеємана). Теоретики вважають, що розщеплення спектральних ліній в умовах ФМТ зможе розширити сприйняття речовиною або клітиною оптичного випромінювання, що може суттєво позначитись на механізмі поглинання і дії світла на організм. Все це пояснює доцільність подальших досліджень поєднаного впливу світла і магнітного поля та їхнього терапевтичного ефекту [62, 63].

Як свідчать більшість наявних публікацій, ФМТ підсилює регіонарний кровообіг і мікроциркуляцію, зменшує спазм судин, покращує макро- і мікрореологію крові, стимулює еритропоез, зменшує агрегацію тромбоцитів, підвищує кисневу ємність крові, модулює функції клітин імунної системи, змінює гормональний статус організму, покращує лімфатичний дренаж тканин, підвищує тонус і резервні можливості організму [31, 54, 55, 63].

Лікувальні ефекти ФМТ: протизапальний, знеболюючий, гіпотензивний, репаративний, антиспастичний, дезінтоксикаційний, імунокоригуючий, антигіпоксичний [18, 19, 30, 31, 55].

У сучасній апаратурі для ФМТ в якості джерел некогерентного світла зазвичай використовуються світлодіоди. Назвемо найбільш відому апаратуру для ФМТ. Це прилади серії «Геска» («Геска - 1 МАГ»; «Геска – 2 МАГ), які мають світлодіодні джерела червоного (довжина хвилі 600±16 нм) та інфрачервоного (840-930 нм) випромінювання, а також постійні магніти з індукцією МП 20-50 мТл.

Прилади серії МІТ застосовують світлодіодне випромінювання - червоне (довжина хвилі 630 нм), синє (470 нм), інфрачервоне (780 нм), а також низькочастотне магнітне поле (індукція 25-30 мТл).

Прилад «ФотоСПОК» оснащений джерелами низькочастотного імпульсного магнітного поля (індукція до 25±5 мТл) і поляризованого світла видимого (довжини хвилі 460-480, 500-540, 580-600, 610-680 нм) і інфрачервоного (920-960 нм) діапазонів спектру [32, 37, 48, 62, 63].

Прилади Коробова серії «Барва» мають світлодіодні джерела випромінювання – видимого (з довжиною хвилі від 400 до 660 нм) та інфрачервоного (840-940 нм); джерело постійного магнітного поля дає індукцію 10 мТл. Багаторічний досвід використання гнучких фотомагнітних матриць Коробова А.- Коробова В. «Барва-Флекс/ФМ-24» показав їх високу ефективність у лікуванні та профілактиці захворювань нервової системи – вегето-судинної дистонії, інсульту, невралгії, остеохондрозу та ін. - шляхом фотомагнітного впливу на локальні області тіла людини [30]. На думку авторів, використання негнучких фотомагнітних матриць Коробова А. - Коробова В. «Барва-ФМ/24» в клініках, поліклініках, санаторіях, а також самими пацієнтами в домашніх умовах буде настільки ж ефективно, як і використання гнучких фотомагнітних матриць. При цьому експлуатаційні характеристики (надійність, зручність, комфортність проведення процедури, довговічність) негнучких фотомагнітних матриць значно вищі, ніж гнучких.

Протипоказання для проведення МЛТ та ФМТ однакові: онкологічні захворювання, вагітність, печінкова та ниркова недостатність в стадії декомпенсації, судомні стани, системні захворювання крові, декомпенсовані стани при серцево-судинній і ендокринній патології, гарячкові стани нез'ясованої етіології [63].

Висновки

Отже, літературні джерела та наш клінічний досвід свідчать про те, що використання поєднаних методів фізіотерапії (МЛТ та ФМТ) є перспективним напрямом в сучасній фізіотерапії, який дає цілий ряд переваг. Вищезгадані поєднані методи покращують церебральну гемодинаміку, електрогенез мозку, реологічні показники крові та багато інших важливих показників. Поєднання МЛТ і ФМТ з медикаментозною терапією підвищує ефективність комплексного лікування захворювань нервової системи (можливо, за рахунок синергізму), дозволяючи зменшити дози та кількість фармацевтичних засобів, що призначаються.

Література

1. Абрамович С.Г. Возможности физиотерапевтической коррекции вазомоторной функции эндотелия и микроциркуляции у больных артериальной гипертонией пожилого возраста / С.Г.Абрамович, Е.О.Коровина, И.А.Бердникова, Е.Н.Янчуковская // Физиотерапия, бальнеология и реабилитация.- 2009.- №4.- С.16-18.

2. Абрамович С.Г. Применение лечебных физических факторов у больных гипертонической болезнью пожилого возраста / С.Г.Абрамович, Е.О.Коровина // Сибирский медицинский журнал.– 2008.– Т.79, №4.– С.5–8.

3. Бандура Н.З. Применение магнито-лазерного аппарата «Милта» для лечения неврита лицевого нерва / Н.З.Бандура, В.В.Лосицкая, Л.Н.Карпова // Материалы XLIV Международной научно-практической конференции «Применение лазеров в медицине и биологии» (г. Харьков, 26-28.05.2016 г.).– Харьков, 2016.- С.15.

4. Брилль Г.Е. Влияние медикаментозной и магнитолазерной терапии на гормональный статус женщин с хроническим кольпитом и цервицитом в сочетании с сальпингоофоритом / Г.Е.Брилль, О.В.Тишкина // Материалы XXXVII Международной научно-практической конференции «Применение лазеров в медицине и биологии» (г. Хельсинки, Финляндия, 24–29.08.2012 г.).- Харьков, 2012.– С.18–20.

5. Буренок Ю.А. Эффективность магнитолазерной терапии у пациентов с болезнью Паркинсона: результаты клинико-электроэнцефалографического исследования / Ю.А.Буренок, В.В.Гаркавенко, Н.М.Березецкая и др. // Український медичний часопис.- 2004.- №5.- С.54-60.

6. Буренок Ю.А. Применение магнитных полей и магнитолазерной терапии в неврологической практике / Ю.А.Буренок, И.Н.Карабань, М.Н.Матяш и др. //Физиотерапия, бальнеология и реабилитация.-2005.- №3.- С.33-38.

7. Васильева Л.В. Магнитолазерная терапия в комплексном лечении хронической обструктивной болезни легких в сочетании с артериальной гипертензией / Л.В.Васильева, М.С.Овсянникова, И.М.Черницын // Материалы XXXVII Международной научно-практической конференции «Применение лазеров в медицине и биологии» (г. Хельсинки, Финляндия, 24–29.08.2012 г.).- Харьков, 2012.– С.20–22.

8. Васильева Л.В. Применение магнитолазеротерапии в комплексном лечении больных остеоартрозом / Л.В.Васильева, М.Н.Латышева // Вестник новых медицинских технологий.– 2010.- Т.XVII, №2.- С.169–171.

9. Волошин П.В. Эндотелиальная дисфункция при цереброваскулярной патологии / П.В.Волошин, В.А.Малахов, А.Н.Завгородняя.- Харьков, 2006.- 92с.

10. Газданова А.А. Влияние лазерной терапии на функцию эндотелия, микроциркуляцию и некоторые показатели гемореологии у больных стабильной стенокардией: Автореф. дисс. канд. мед. наук.– Владикавказ, 2009.- 22 с.

11. Гаркави Л.Х. Магнитные поля, адаптационные реакции и самоорганизация живых систем / Л.Х.Гаркави, Е.Б.Квакина, А.И.Шихлярова // Биофизика.- 1999.- Т.41, №4.- С.898-905.

12. Гаркави Л.Х. Антистрессорные реакции и активационная терапия. Реакция активации как путь к здоровью через процессы самоорганизации. Часть 1 / Л.Х.Гаркави, Е.Б.Квакина, Т.С.Кузьменко, А.И.Шихлярова.- Екатеринбург: Филантроп, 2002.- 196 с.

13. Гаркави Л.Х. Антистрессорные реакции и активационная терапия. Реакция активации как путь к здоровью через процессы самоорганизации. Часть 2 /Л.Х.Гаркави, Е.Б.Квакина, Т.С.Кузьменко, А.И.Шихлярова.- Екатеринбург: Филантроп, 2003.- 336 с.

14. Гильмутдинова Л.Т. Сочетанное применение сульфидных ванн и магнитолазерной терапии у больных с дерматозами / Л.Т.Гильмутдинова, А.В.Киселева, Д.Р.Исаева, Б.Р.Гильмутдинов // Медицинский вестник Башкортостана.- 2013.- Т.8, №6.- С.132-134.

15. Даценко І.В. Вплив магнітолазерної та медикаментозної терапії на функціональний стан ЦНС у хворих похилого віку, що перенесли ішемічний інсульт: Автореф. дис... канд. мед. наук.- Київ, 2009.- 22 с.

16. Древицкая О.О. Применение магнито-лазерной и бинауральной терапии в лечении дискогенных дорсопатий / О.О.Древицкая, О.А.Данилова // Материалы XLIV Международной научно-практической конференции «Применение лазеров в медицине и биологии» (г. Харьков, 26-28.05.2016 г.).– Харьков, 2016.- С.31–33.

17. Жакун І.Б. Вплив магнітотерапії на загальні неспецифічні адаптаційні реакції пацієнтів залежно від тонусу вегетативної нервової системи / І.Б.Жакун, О.М.Радченко // Український медичний часопис.- 2005.- №3.- С.60-63.

18. Журавлева Л.В. Эффективность применения аппаратов Коробова при лечении воспалительных заболеваний суставов / Л.В.Журавлева, В.А.Федоров, Н.К.Александрова и др. // Материалы XXXX Международной научно-практической конференции «Применение лазеров в медицине и биологии» (г. Ялта, 2–5.10.2013 г.).- Харьков, 2013.– С.39–40.

19. Журавльова Л.В. Ефективність фотомагнітної терапії при лікуванні остеоартрозу / Л.В.Журавльова, В.О.Федоров, Коробов А.М. та ін. // Материалы XLIV Международной научно-практической конференции «Применение лазеров в медицине и биологии» (г. Харьков, 26-28.05.2016 г.).- Харьков, 2016.- С.36–38.

20. Залесская Г.А. Фотомодификация крови терапевтическими дозами низкоинтенсивного оптического излучения: индивидуальная чувствительность пациентов // Материалы XXXVIII Международной научно-практической конференции «Применение лазеров в медицине и биологии» (г. Ялта, 3–6.10.2012 г.).– Харьков, 2012.- С.104–106.

21. Золотухина Е.И. Коррекция с помощью физических факторов регуляции сердечно-сосудистой деятельности у больных ишемической болезнью сердца и артериальной гипертензией / Е.И.Золотухина, В.С.Улащик, В.Н.Филипович // Функциональные системы организма в норме и при патологии: Сборник научных трудов / Под. ред. В.С.Улащика, А.Г.Чумака.- Минск: РИВШ, 2008.- С.254-258.

22. Зубкова Е.В. Состояние водно-ионного обмена при магнитолазерной терапии легкой черепно-мозговой травмы в эксперименте / Е.В.Зубкова, И.З.Самосюк, О.Ф.Пономарева, Н.И.Самосюк // Український неврологічний журнал.- 2007.- №1.- С.65-71.

23. Зубкова О.В. Можливості магнітолазерної терапії в комплексному лікуванні хворих із струсом головного мозку в гострому періоді / О.В.Зубкова, І.З.Самосюк, О.В.Поліщук та ін. // Лікарська справа.- 2012.- №5.- С.106-111.

24. Зубкова С.М. Биофизические основы лазерной терапии // Физиотерапия, бальнеология и реабилитация.- 2009.- №1.- С.3-9.

25. Зубкова С.М. Регуляторные возможности физиотерапевтических воздействий // Физиотерапия, бальнеология и реабилитация.– 2012.- №4.– С.3-8.

26. Зубкова С.М. Физиологические основы биорезонансной физиотерапии // Физиотерапия, бальнеология и реабилитация.– 2013.- №1.– С.3-10.

27. Кантур Т.А. Магнитолазерная терапия в восстановительном лечении больных артериальной гипертензией / Т.А.Кантур, М.В.Антонюк, Е.М.Иванов // Физиотерапия, бальнеология и реабилитация.- 2009.- №4.- С.19-21.

28. Кармановская С.А. Эффективность использования реабилитационных методов в комплексном лечении профессиональных артрозов / С.А.Кармановская, Л.А.Шпагина, В.А.Дробышев // Мир науки, культуры, образования.- 2014.- №2.- С.343-346.

29. Кирьянова В.В. Новые возможности современной физиотерапии в нейрореабилитации // Физиотерапия, бальнеология и реабилитация.- 2013.- №5.- С.42-44.

30. Коробов А.М. Универсальная фотонно-магнитная матрица Коробова А.-Коробова В. «Барва-Флекс/ФМ 24» / А.М.Коробов, В.А.Коробов, Д.А.Коробов, А.Н.Макогон // Материалы XLIV Международной научно-практической конференции «Применение лазеров в медицине и биологии», (г. Харьков, 26-28.05.2016 г.).– Харьков, 2016.- С.173–176.

31. Коробов А.М. Фотонно-магнитные матрицы Коробова А.-Коробова В. «Барва-Флекс/ФМ 24» / А.М.Коробов, В.А.Коробов // Фотобиология и фотомедицина.– 2012.- Т.9, №1,2.– С.132–142.

32. Коробов А.М. Фототерапевтические аппараты Коробова серии «Барва» / А.М.Коробов, В.А.Коробов, Т.А.Лесная.- Харьков: Контраст, 2010.- 176 с.

33. Кочетков А.В. Лазерная терапия в неврологии / А.В.Кочетков, С.В.Москвин, А.Н.Карнеев.– М.–Тверь: Триада, 2012.– 360 с.

34. Лапшина Л.А. Эндотелиальная дисфункция при начальных стадиях артериальной гипертензии и способы ее немедикаментозной коррекции / Л.А.Лапшина, В.И.Молодан, О.С.Шевченко, В.Д.Немцова // Украинский терапевтический журнал.- 2001.- №4.- С.39-42.

35. Латышева М.Н. Применение магнитолазерной терапии в лечении больных с остеоартрозом / М.Н.Латышева, В.М.Усков // Материалы XXXVII Международной научно-практической конференции «Применение лазеров в медицине и биологии» (г. Хельсинки, Финляндия, 24-29.08.2012 г.).- Харьков, 2012.- С.32–33.

36. Левадна А.В. Функціональний стан судинного ендотелію у хворих на дисциркуляторну енцефалопатію,

що обумовлена стенозуючим ураженням внутрішньої сонної артерії // Український медичний альманах.- 2008.- Т.11, №4.- С.87-88.

37. Леонов Б.И. Низкоинтенсивная резонансная физиотерапия. Способы и средства / Б.И.Леонов, И.З.Самосюк, Н.В.Чухраев, Ю.А.Артюхов.- Киев: Мединтех, 2006.- 148 с.

38. Лечебное применение аппаратов магнито-инфракрасной лазерной терапии «Рикта»: Пособие для врачей / Под ред. Г.Н.Пономаренко.- М.: «Милта-ПКП ГИТ, 2003.- 164 с.

39. Малєв О.В. Зміни стану симпатико-адреналової регуляції у процесі санаторно-курортного лікування хворих на дисциркуляторну енцефалопатію // Медична реабілітація, курортологія, фізіотерапія.- 2010.- №3.- С.14-16.

40. Овсянникова М.С. Клиническая эффективность применения магнитолазерной терапии в комплексном лечении хронической обструктивной болезни легких в сочетании с гипертонической болезнью / М.С.Овсянникова, Л.В.Васильева, А.В.Крючкова // Вестник новых медицинских технологий.–2012.- Т.XIX, №2.- С.373–374.

41. Патент 64037 Україна, МПК, A61N2/00. Спосіб комплексного лікування синдрому хронічної венозної дисциркуляції головного мозку / І.В.Баранова, Н.І.Самосюк.- №201104451; заявл. 11.04.2011; опубл. 25.10. 2011., Бюл.№20.- 6 с.

42. Поберская В.А. Оценка эндотелиальной дисфункции в процессе санаторно-курортного лечения пациентов с дисциркуляторной энцефалопатией / В.А.Поберская, А.В.Малев // Медична гідрологія та реабілітація.- 2010.- Т.8, №3.- С.53-55.

43. Пономаренко Г.Н. Общая физиотерапия: Учебник.- М.: ГЭОТАР-Медиа, 2014.- 368с.

44. Потапчук А.М. Сучасна фізіотерапія та діагностика в стоматології: Навчальний посібник / А.М.Потапчук, П.П.Добра, В.В.Русин, О.Ю.Рівіс.– Ужгород.: ФОП Бреза А.Е., 2012.- 450 с.

45. Радченко О.М. Загальні неспецифічні адаптаційні реакції у хворих з негоспітальною пневмонією // Український медичний часопис.- 2003.- №3.- С.116-118.

46. Раскина Е.Е. Магнитолазерная терапия как способ восстановления реологии крови у детей с инфекционным токсикозом / Е.Е. Раскина, Ю.В.Черенков, А.Г.Шахсуварян, И.Ю.Попова // Современные наукоемкие технологии.- 2009.- №6.- С.50-51.

47. Самосюк И.З. Использование магнитных полей и магнитолазерной терапии в неврологической практике / И.З.Самосюк, Ю.А.Буренок, И.Н.Карабань // Український медичний часопис.- 2004.- №2.- С.88-95.

48. Самосюк И.З. Руководство по применению аппарата для магнито-квантовой резонансной терапии МТН-МРТ / И.З.Самосюк, Н.В.Чухраев.– Киев: Мединтех, 2004.– 264 с.

49. Самосюк И.З. Транскраниальные методы физиотерапии в медицинской реабилитации постинсультных больных / И.З.Самосюк, Н.И.Самосюк, С.Н.Федоров // Практична ангіологія.- 2010.- №5-6.- С.59-66.

50. Самосюк И.З. Лазеротерапия и лазеропунктура в клинической и курортной практике / И.З.Самосюк, В.П.Лисенюк, М.В.Лобода.– Киев: Здоров'я, 1997.- 240 с.

51. Самосюк І.З. Магнітолазерна терапія в медичній реабілітації хворих старших вікових груп з артеріальною гіпертензією та серцевою недостатністю / І.З.Самосюк, Т.М.Зачатко, А.В.Ткаліна та ін. // Матеріали науково-практичної конференції з нагоди 25-річчя Київського міського шпиталю інвалідів Великої Вітчизняної війни (м. Київ, 29-30.05.2008 р.).- Київ, 2008.- С.37–38.

52. Самосюк І.З. Використання частотно-модульованої магнітолазерної терапії в комплексному лікуванні ішемічного інсульту в гострому періоді: Методичні рекомендації / І.З.Самосюк, Ю.І.Головченко, М.Є.Поліщук та ін.- Київ, 2002.- 21 с.

53. Самосюк Н.І. Вплив частотно–модульованої магнітолазерної терапії на гемореологічні показники крові у хворих на гострий ішемічний інсульт // Збірка наукових робіт співробітників КМАПО імені П.Л.Шупика.- 2002.- Вип.11, кн.3.- С.510–511.

54. Симонова Л.И. Эффективность применения фото-магнитных матриц при экспериментальных лучевых дерматитах / Л.И.Симонова, В.В.Гертман, Л.В.Белогурова // Материалы XXXVIII Международной научно-практической конференции «Применение лазеров в медицине и биологии» (г. Ялта, 3–6.10.2012 г.).- Харьков, 2012.– С.90–92.

55. Симонова-Пушкарь Л.И. Перспективы фотомагнитной терапии для профилактики и лечения лучевых реакций кожи при лучевой терапии рака молочной железы / Л.И.Симонова, В.З.Гертман, Л.В.Белогурова, Г.В.Кулинич // Материалы XXXVII Международной научно-практической конференции «Применение лазеров в медицине и биологии» (г. Хельсинки, Финляндия, 24-29.08.2012 г.).- Харьков, 2012.– С.59–60.

56. Тарасова Л.Г. Магнито-инфракрасное лазерное воздействие в комплексном лечении туберкулеза у детей / Л.Г.Тарасова, Н.С.Черкасов // Вестник новых медицинских технологий.– 2011.-Т.XVIII, №1.- С.88–90.

57. Тещук В.Й. Застосування резонансної магніто-квантової терапії у відновлювальному лікуванні хворих з неврологічними синдромами поперекового остеохондрозу на шпитальному етапі: Автореф. дис….канд. мед. наук.- Одеса, 2007.- 24 с.

58. Токарева Е.Р. Влияние неинвазивной магнитолазерной терапии и ее комбинации с гипоксически-гиперкапническим стимулом на процессы свободнорадикального окисления у больных бронхиальной астмой на этапе курортной реабилитации / Е.Р.Токарева, В.М.Савченко // Медицинская реабилитация, курортология, физиотерапия.- 2011.- №2.- С.7-11.

59. Тріщинська М.А.Стан судинорухової функції ендотелію в пацієнтів з цереброваскулярною патологією різного ступеня тяжкості // Український неврологічний журнал.- 2015.- №3.- С.26-29.

60. Узденский А.Б. О биологическом действии сверхнизкочастотных магнитных полей: резонансные механизмы и их реализация в клетках // Биофизика.- 2000.- Т.45, №5.- С.888-893.

61. Улащик В.С. Общая физиотерапия: Учебник / В.С.Улащик, И.В.Лукомский.- Минск: Книжный Дом, 2008.- 512 с.

62. Улащик В. С. Магнитофототерапия: применение аппарата «ФотоСПОК»: Методическое пособие / В.С.Улащик, А.С.Плетнев.- Минск: Институт физиологии НАН Беларуси, 2009.- 32 с.

63. Улащик В.С. О сочетанных методах магнитотерапии // Физиотерапия, бальнеология и реабилитация.- 2010.- №2.- С.3-9.

64. Ушаков А.А. Практическая физиотерапия.- М.: Медицинское информационное агентство, 2009.- 608 с.

65. Федоров С.М. Використання магнітолазерної терапії у відновлювальному лікуванні хворих на дисциркуляторну енцефалопатію // Матеріали Наукового симпозіуму «Відновлювальні та профілактичні технології в клінічній медицині».- Полтава, 2009.- 70 с.

66. Федоров С.М. Магнітолазерний вплив на систему оксиду азоту і скоротливу активність гладеньких м'язів аорти при артеріальній гіпертензії / С.М.Федоров, О.В.Базілюк, А.В.Коцюруба та ін. // Фізіологічний журнал.- 2012.- Т.58, №6.- С.36-47.

67. Циклотронная частота // Физический энциклопедический словарь.– М.: Советская энциклопедия, 1984.– 944с, - С 845-846.

68. Частная физиотерапия: Учебное пособие / Под ред. Г.Н.Пономаренко.- М.: Медицина, 2005.- 744 с.

69. Чопорова О.І. Метаболічні та реологічні аспекти стану функції печінки у хворих на туберкульоз легень при комплексному застосуванні глутаргіну і магнітолазеротерапії // Вісник проблем біології і медицини.- 2009.- Вип.4.- С.108-113.

70. Чухраев Н.В. Применение магнитолазерной терапии на санаторно-курортном этапе реабилитации больных дорсалгией / Н.В.Чухраев, О.А.Нагавец // Материалы XLIV Международной научно-практической конференции «Применение лазеров в медицине и биологии» (г. Харьков, 26-28.05.2016 г.).- Харьков, 2016.– С.90–93.

71. Шкробот С.И. До механізму лікувального впливу комбінованого магнітолазерного опромінення у хворих з неврологічними проявами поперекового остеохондрозу // Український вісник психоневрології.- 2001.- №4.- С.45–48.

72. Шмакова И. П. Динамика клинико-электронейромиографических результатов у больных с неврологическими синдромами поясничного остеохондроза под влиянием магнито-лазеротерапии / И.П.Шмакова, В.И.Тещук // Медицинская реабилитация, курортология, физиотерапия.- 2007.- №1.- С.8-12.

73. Asagai Y. Thermographic effects of laser therapy in patients with cerebral palsy. / Y.Asagai, A.Imakire, T.Ohshiro // The Journal of Laser Therapy.- 2000.- Vol.12.- P.114-118.

74. Moriyama Y. In vivo effects of low level laser therapy on inducible nitric oxide synthase / Y.Moriyama, J.Nguyen, M.Akens et al. // Lasers in Surgery and Medicine.- 2009.- Vol.41, №3.- P.227–231

75. Noda Y. Pulsed magnetic fields enhance nitric oxide syntase activity in rat cerebellum / Y.Noda, A.Mori, R.Liburdy et al. // Pathophysiology.– 2000.– Vol.7.– P.127–130.

76. Okano H. Exposure to a moderate intensity static magnetic field enhances the hypothensive effect of a calcium channel blocker in spontaneously hypertensive rats / H.Okano, C.Ohkubo // Biolelectromagnetics.- 2005.- Vol.26.- P.611-623.

77. Okano H. Effects of moderate-intensity static magnetic field an VEGF-A stimulated endothelial capillary tube formation in vivo / H.Okano, R.Onmori, N.Tomita, Y.Ikada // Biolelectromagnetics.- 2006.- Vol.27, №8.- P.628-640.

78. Samosiuk N.I. Magnetolaser therapy in the complex treatment of patients in the acute period of ischemic stroke / N.I.Samosiuk, I.Z.Samosiuk, W.Zukow // Journal of Health Sciences.- 2014.- Vol.4, №10.- P.189-208.

79. Sieron A. Zastosowanie pol magnetycznych w medycynie / A.Sieron, G.Cieslar, A.Kawczyk-Krupka et al.- Bielsko-Biala: Augustana, 2000.- 228 s.

СОВРЕМЕННЫЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ О МАГНИТОЛАЗЕРНОЙ И ФОТОМАГНИТНОЙ ТЕРАПИИ И ИХ ПРИМЕНЕНИИ В НЕВРОЛОГИЧЕСКОЙ ПРАКТИКЕ

Федоров С.Н.
Национальная медицинская академия последипломного образования имени П.Л.Шупика, кафедра медицинской реабилитации, физиотерапии и спортивной медицины,
ул. Дорогожицкая, 9, г. Киев, 04112 Украина
тел.: +38 (067) 786-42-73,
e-mail:sergnsp@voliacable.com

За последние годы при лечении патологий центральной и периферической нервной системы все больше применяются методы физиотерапии, в которых сочетаются два или более физических факторов при одновременном воздействии на определенную зону тела. Это обусловлено преимуществами объединенных методов не только перед использованием отдельного физического фактора, но и перед комбинированием их между собой и в комплексе с медикаментозным лечением. К сожалению, публикации, которые посвящены этому вопросу, не позволяют составить целостного представления о механизмах действия, лечебных эффектах и методиках применения. И поэтому мы поставили цель проанализировать и обобщить результаты экспериментальных и клинических исследований, которые уже известны в настоящее время. В частности об использовании магнитолазерной и фотомагнитной терапии и их применение в неврологической практике.

Относительно механизмов действия, существует несколько гипотез.

Некоторые авторы считают, что при одновременном воздействии лазерного излучения и магнитного поля, кроме простой суммации энергий, возникают и другие физические явления. Прежде всего, это эффект Кикоина-Носкова, когда освечивание ткани в магнитном поле приводит к возникновению аномального эффекта Зеемана и электронного парамагнитного резонанса.

Другие авторы считают, что под влиянием низкоинтенсивного лазерного излучения (НИЛИ) в тканях образуются свободно заряженные ионы (Na +, K +, Ca 2+ и др.), Что приводит к усилению процесса метаболизма за счет активизации мембранных процессов.

На современном этапе достигнуты определенные успехи по внедрению магнитно-лазерной терапии (МЛТ) в лечебный процесс. Экспериментальными и клиническими исследованиями доказано наличие у магнитного поля и НИЛИ нейропротекторного, гипотензивного, гиполипидемического, антиспастического, противоотечного, противовоспалительного, обезболивающего, антиоксидантного, иммуномодулирующего и репаративного действия. МЛТ восстанавливает внутриклеточный кальциевый обмен, регулирует гормональное состояние организма, улучшает функцию внешнего дыхания, положительно влияет на реологию крови и гемодинамику, улучшает адаптационные процессы в организме.

Для проведения МЛТ используется много аппаратов. И в зависимости от типа аппарата может быть несколько методик лечения. Влияние оказывают в удобном для пациента положении (лежа или сидя), на обнаженные зоны тела, контактно по стабильной или мобильной методике с использованием одной или нескольких зон.

В статье подробно обращено внимание на методики применения МЛТ в неврологической практике и лечебные эффекты при хроническом нарушении мозгового кровообращения (дисциркуляторной энцефалопатии), остром нарушении мозгового кровообращения и болезни Паркинсона.

В настоящее время разработано достаточное количество методик применения МЛТ при патологиях нервной системы: невралгии тройничного нерва; неврите лицевого нерва нейрорефлекторных синдромах, обусловленных остеохондрозом позвоночника; полинейропатии.

МЛТ также используют в комплексном лечении нейропатии, начальных нарушениях мозгового кровообращения, вегето-сосудистой дистонии.

Еще меньшее количество публикаций поясняют результат сочетанного магнитолазерного влияния на функцию эндотелия. В публикациях можно найти клинические доказательства того, что повышение концентрации эндотелина и снижение NO в плазме крови после комплексного лечения больных дисциркуляторной энцефалопатией с помощью МЛТ и бальнеолечения отражает усиление вазоконстрикторного эффекта в большей степени, чем после бальнеолечения как монофактора.

Учитывая, что артериальная гипертензия является одним из основных этиологических факторов развития дисциркуляторной энцефалопатии, нами проведены экспериментальные исследования магнитолазерного влияния на дисфункцию эндотелия при артериальной гипертензии с использованием красного и синего лазерного излучения низкой интенсивности. Результаты показали значительную стимуляцию эндогенной продукции NO в организме крыс основной группы после курсового магнитолазерного влияния, что указывало на вазодилятирующий эффект. Наиболее эффективным по стимуляции эндогенного синтеза оксида азота оказалось магнитолазерное влияние синим лазерным излучением длительностью 15 минут в течение каждого из 10 сеансов курса.

Итак, литературные источники и наш клинический опыт свидетельствуют о том, что использование объединенных методов физиотерапии (МЛТ и ФМТ) является перспективным направлением в современной физиотерапии, которое дает целый ряд преимуществ. Вышеупомянутые объединены методы улучшают церебральную гемодинамику, электрогенез мозга, реологические показатели крови и многие другие важные показателей. Сочетание МЛТ и ФМТ с медикаментозной терапией повышает эффективность комплексного лечения заболеваний нервной системы (возможно, за счет синергизма), позволяя уменьшить дозы и количество назначаемых лекарств.

Ключевые слова: *магнитолазерная терапия, фотомагнитная терапия, неврологическая практика, экспериментальные исследования, клинические результаты, анализ литературы, собственный опыт.*

THE MODERN CONCEPT OF MAGNETIC-LASER AND PHOTOMAGNETIC THERAPY AND ITS USE IN NEUROLOGICAL PRACTICE

Fiodorov S.N.
Shupyk National Medical Academy of Postgraduate Education,
The Department of Medical Rehabilitation, Physiotherapy and Sports Medicine
9 Dorohozhytska Str., Kyiv, 04112 Ukraine
тел.: +38 (067) 786-42-73,
e-mail:sergnsp@voliacable.com

Physiotherapy techniques, which combine two or more physical factors with simultaneous exposure to a specific area of the body, have been often used for treatment of central and peripheral nervous systems pathologies over the past few years. This happens due to the advantage of the combined methods not only over a physical factor, but also over combining them between themselves and in complex with drug therapy. Unfortunately, the publications, which are devoted to this issue, do not allow to have a clear understanding on mechanisms of action, therapeutic effects, and application methods. Therefore, we have stated objective to

analyze and summarize the results of experimental and clinical studies, which are already known at this time. In particular, on use of the magnetic-laser and photomagnetic therapy and their use in neurological practice.

Regarding the mechanism of action, there are several hypotheses.

Some authors believe, that in simultaneous exposure to laser radiation and magnetic field, in addition to a simple summation of energy, there are some other physical phenomena. First, this is Kikoin-Noskov effect, when illumination of tissue in magnetic field results in the anomalous Zeeman effect and electron paramagnetic resonance.

Other authors believe that under the influence of low-intensity laser radiation (LILR) free ions (Na +, K +, Ca 2 +, etc.) are formed in tissues, and this leads to increased metabolic process due to membrane processes activation.

At the present stage, the progress has been achieved in implementation of magnetic laser therapy (MLT) in the therapeutic process. Experimental and clinical studies have shown neuroprotective, antihypertensive, lipid-lowering, antispasmodic, decongestant, anti-inflammatory, analgesic, antioxidant, immunomodulatory, and reparative action of magnetic field and LILR. MLT recovers intracellular calcium metabolism, regulates body hormonal state, improves lung function, has a positive effect on blood rheology and hemodynamics, improves body adaptation processes.

Many devices are used for MLT. And depending on the device type there may be several methods of treatment. The patient is exposed being in a comfortable position (lying or sitting) on the uncovered body areas, by contacts under stable or mobile method using one or more zones.

The article drew much attention to the application methods of MLT in neurological practice and therapeutic effects in chronic disorders of cerebral blood flow (vascular encephalopathy), acute ischemic stroke and Parkinson's disease.

There are currently a sufficient number of MLT application techniques in nervous system pathologies: trigeminal neuralgia, neuritis of the facial nerve, neuroreflex syndromes conditioned by osteochondrosis, polyneuropathy.

MLT is also used in treatment of neuropathy, the initial cerebral circulatory disorders, vegetative-vascular dystonia.

Even fewer publications explain the result of the combined effect of magnetic-laser exposure on endothelial function. The publications refer to the clinical evidence that endothelin concentration increase and NO reduction in plasma after a complex treatment of patients with circulatory encephalopathy via MLT and spa treatment reflects increasing of vasoconstrictor effect to a greater extent than after a spa treatment separately.

Considering that hypertension is a major etiologic factor for vascular encephalopathy, we've conducted experimental studies of magnetic-laser effect on endothelial dysfunction in patients with arterial hypertension, with the use of red and blue low-intensity laser radiation. The results showed significant stimulation of endogenous NO production in rats of the test group after course magnetic-lase exposure, indicating on vasodilating effect. Magnetic-lase exposure to blue laser radiation within 15 minutes of each 10 course sessions was the most effective in stimulation of endogenous synthesis of nitric oxide.

Thus, references and our clinical experience evidence that application of the combined physical therapy methods (MLT and FMT) is a promising trend in modern physiotherapy, which gives a number of advantages. The above combined methods improve cerebral hemodynamics, brain electrogenesis, blood rheology, and many other important parameters. Combination of FMT and MLT with drug therapy improves efficiency of complex treatment of nervous system disorders (perhaps due to synergy), allowing dose reduction and decrease of the prescribed drugs number.

Keywords: *magnetic-laser therapy, photomagnetic therapy neurological practice, experimental studies, clinical findings, analysis of references, first-hand experience.*

УДК 617.586:616.379-008.64]-022.7-06-085.831

КОМПЛЕКСНОЕ ЛЕЧЕНИЕ ОСЛОЖНЕННОЙ ХИРУРГИЧЕСКОЙ ИНФЕКЦИИ, ВЫЗВАННОЙ МУЛЬТИРЕЗИСТЕНТНОЙ МИКРОБНОЙ ФЛОРОЙ, У БОЛЬНЫХ С СИНДРОМОМ ДИАБЕТИЧЕСКОЙ СТОПЫ

Бойко В.В.[1], Иванова Ю.В.[1], Мушенко Е.В.[1], Коробов А.М.[2]

[1]ГУ «Институт общей и неотложной хирургии имени В.Т.Зайцева НАМНУ»
61103, г. Харьков, въезд Балакирева, 1. Телефон: (057) 349-41-50
[2]Харьковский национальный университет имени В.Н.Каразина
61022, г. Харьков, Площадь Свободы,4.
e-mail: amkorobov@i.ua

Одним из наиболее тяжелых осложнений сахарного диабета (СД) является формирование синдрома диабетической стопы (СДС), лечение которого требует госпитализации намного чаще, чем другие осложнения СД, вместе взятые: среди госпитализируемых больных СД пациенты с гнойно-некротическими осложнениями СДС (инфекцией, язвой и/или деструкцией глубоких тканей стопы, связанными с неврологическими нарушениями и/или снижением магистрального кровотока в артериях нижних конечностей) составляют 46%.

СДС является весьма дорогостоящим осложнением СД, так как требует длительной госпитализации, лечения и реабилитации больных, ухода и социального обслуживания.

Патогенез развития СДС сложен и связан с несколькими первичными факторами риска, которые включают: нейропатию, ишемию, инфекцию и иммунологические нарушения, на фоне которых могут развиваться тяжелые гнойно-некротические процессы.

Среди патологических процессов одним из ведущих является активация перекисного окисления липидов. Свободные радикалы нарушают деятельность эндотелия, вызывая эндоневрогенную гипоксию и приводя к развитию диабетической полинейропатии (ДПН). В соответствии с сосудистой теорией, микроангиопатия сосудов, снабжающих кровью периферические нервы, является основной причиной ДНП

Один из важных компонентов консервативного лечения гнойно-некротических осложнений СДС является антибактериальная терапия (АБТ). Однако, постоянно растущая антибиотикорезистентность возбудителей требует поиска и внедрения иных методов борьбы с патогенными микроорганизмами. Одним из таких методов является фотодинамическая терапия (ФДТ) - светоиндуцированная химиотерапия, которая подразумевает обязательное наличие трех факторов: двух экзогенных (фотосенсибилизатора и света), а также одного эндогенного – кислорода. При этом фотосенсибилизатор накапливается преимущественно в бактериальных клетках и клетках поврежденных тканей. Развивающий в результате ФДТ оксидантный стресс приводит к повреждению бактериальной клетки и ее смерти в результате апоптоза или некроза.

***Целью** работы явилось улучшение результатов лечения пациентов с СДС путем использования комплексного лечения с включением в программу терапии физических методик лечения – VAC-терапии, светолечения и ФДТ.*

***Материалы и методы.** В исследование включено 25 пациентов обоего пола в возрасте от 48 до 72 лет с нейро-ишемической формой СДС. Лечение назначали по следующей схеме: компенсация СД (перевод на дробную инсулинотерапию); метаболическая терапия (препараты ά-липоевой кислоты, витамины группы В); антикоагулянтная и ангиотропная терапия; АБТ; физические методы лечения; терапия, направленная на лечение остеопороза (препараты кальция).*

Хирургическое лечение гнойно-некротических поражений стоп у больных СД включало: хирургическую обработку раны; дополнительную ее обработку физическими методами; местное лечение гнойного очага современными перевязочными средствами; ранние восстановительные операции.

У 17 пациентов применялись сосудистые вмешательства, показаниями к которым мы считаем ишемию IIБ-IV степени при наличии возможности выполнения реконструктивной операции по сосудистому статусу, а также неэффективность консервативного лечения. Выполнялись чрескожные ангиопластики, в том числе у 2 пациентов со стенотическими поражениями подвздошно-бедренного сегмента.

© Бойко В.В., Иванова Ю.В., Мушенко Е.В., Коробов А.М., 2016

Для светолечения у всех 25 пациентов были использованы фотонные матрицы «Барва-Флекс» А.М.Коробова с красным, зеленым, синим и фиолетовым излучением светодиодов (длины волн 660, 525, 470 и 405 нм, соответственно). Фототерапия проводилась контактным способом непосредственно на раневой дефект после снятия повязок и туалета ран с первых послеоперационных суток.

ФДТ была применена у 10 пациентов. Показанием к назначению фототерапии считали результаты бактериологического исследования, выявлявшие микробную мульти- и полирезистентность к основным классам антибактериальных препаратов.

***Выводы.** Таким образом, в процессе проведения комплексного лечения инфекционных раневых осложнений у больных с СДС заживление ран происходило более качественно и в короткие сроки.*

Предлагаемая методика позволяет повысить эффективность лечения, уменьшить сроки пребывания больных в стационаре и сократить расходы на лечение пациентов с синдромом диабетической стопы, а также снизить количество ампутаций.

***Ключевые слова:** сахарный диабет, синдром диабетической стопы, мультирезистентная микробная флора, светолечение, фотодинамическая терапия.*

Актуальность темы

Одним из наиболее тяжелых осложнений сахарного диабета (СД) является формирование синдрома диабетической стопы (СДС), лечение которого требует госпитализации намного чаще, чем другие осложнения СД, вместе взятые. Среди госпитализируемых больных СД пациенты с гнойно-некротическими осложнениями СДС (инфекцией, язвой и/или деструкцией глубоких тканей стопы, связанными с неврологическими нарушениями и/или снижением магистрального кровотока в артериях нижних конечностей) составляют 46% [50]. При распространенности СДС в среднем 4-10% от числа больных СД [55], на этих больных приходится 40-60% всех ампутаций нижних конечностей нетравматического характера. В этой связи в ряде стран выполняются программы профилактики ампутаций вследствие диабетической гангрены, имеющие целью снижение их частоты на 50% [24, 35].

В 85% случаев ампутациям, связанным с СД, предшествуют язвенные дефекты стоп; в 50-70% случаев непосредственной причиной ампутаций является гангрена, в 20-50% - наличие инфекции. Чаще всего имеет место сочетание ишемии и инфекции [53]. Гангренозное поражение стопы в 30-50% и более случаев завершается высокой ампутацией конечности. Более 50% этих пациентов подвергаются контралатеральной ампутации в течение 4 лет, а пятилетняя выживаемость составляет не более 25% [2, 3, 5, 6, 12].

СДС является весьма дорогостоящим осложнением СД, так как требует длительной госпитализации, лечения и реабилитации больных, ухода и социального обслуживания. Например, в США в настоящее время ежегодные затраты на лечение язвенных поражений стоп у больных СД составляют 5,4 млрд. долларов [29].

Патогенез развития СДС сложен и связан с несколькими первичными факторами риска, которые включают: нейропатию, ишемию, инфекцию и иммунологические нарушения, на фоне которых могут развиваться тяжелые гнойно-некротические процессы [13]. Ведущими среди факторов риска гнойно-некротических осложнений СДС являются нейропатия - 78% и деформация стопы - 63%, затем отек стопы - 37%, ишемия - 35% и гиперкератоз - 30% [1, 31].

Среди патологических процессов одним из ведущих является активация перекисного окисления липидов. Свободные радикалы нарушают деятельность эндотелия, вызывая эндоневрогенную гипоксию и приводя к развитию диабетической полинейропатии (ДПН) [9, 36, 49]. В соответствии с сосудистой теорией, микроангиопатия сосудов, снабжающих кровью периферические нервы, является основной причиной ДНП [5, 6, 12, 13].

Сосудистые изменения связаны с нарушением образования оксида азота (NO) - нейронального мессенджера в центральной нервной системе и эндотелиального релаксирующего фактора, определяющего вазодилатацию. Уменьшение образования NO приводит к снижению эндоневрального кровотока [34, 48].

Поражение периферических артерий при СДС служит причиной возрастания риска развития инфекции, образования язв, гангрены и в конечном итоге приводит к высокой ампутации [8, 25]. Поражение периферических артерий встречается в 20 раз чаще у больных СД, чем у лиц, не страдающих этим заболеванием [50]. Особенностями атеросклероза при СД являются относительно редкое поражение крупных сосудов и частое поражение артерий среднего и мелкого калибра. Поражение артерий дистальнее подколенной артерии наблюдается у 66% больных с гангреной пальцев стопы в сочетании с СД, и лишь у 17% больных - с аналогичными гангренозными изменениями без диабета [54].

Один из факторов патогенеза атеросклероза у больных СД - нарушение липидного обмена (повышение уровня холестерина, липопротеидов, триглицеридов, снижение уровня липопротеидов

высокой плотности) [42, 43]. Гипергликемия оказывает прямое действие на сосуды за счет гликолизирования белков, способствуя гиперкоагуляции и нарушению функции сосудов в различных органах, а также прогрессированию атеросклероза [30]. Повреждение эндотелия в сочетании с агрегацией тромбоцитов и высвобождением тромбоцитарных и моноцитарных факторов роста приводят к гладкомышечной пролиферации с последующим формированием фиброзных бляшек, позднее замещающихся холестерином и кальцифицирующихся [23, 27].

В свертывающей системе крови у больных СД обнаруживают гиперфибриногенемию и снижение фибринолиза [57]. При гипергликемии тромбоциты характеризуются склонностью к адгезии и спонтанной агрегации, снижающих текучесть крови. В совокупности перечисленные факторы могут приводить к агрегации тромбоцитов с формированием тромбов [16, 46]. Повреждение эндотелия сосудов при СД открывает путь для взаимодействия тромбоцитов с гладкомышечными клетками и коллагеном сосудистой стенки. Кроме того, эндотелиальные клетки у больных СД в значительно меньшей степени синтезируют простациклин, что снижает активность антикоагулянтных свойств крови [14].

Таким образом, в развитие макроангиопатии у больных СД включаются атеросклеротические и коагуляционные патологические механизмы, которые в настоящее время объединены понятием «атеротромбоз». Последний приводит к резкому снижению кровообращения в пораженной конечности, а затем и к развитию критической ишемии.

Антибактериальная терапия (АБТ) - один из важных компонентов консервативного лечения гнойно-некротических осложнений СДС. Неконтролируемая или плохо контролируемая инфекция существенно ухудшает прогноз сохранения конечности или самой жизни. Даже непатогенные микроорганизмы могут быть причиной тяжелого распространенного инфекционного процесса у больных СД [4, 10]. Одной из наиболее сложных задач хирурга при лечении больных с хирургической инфекцией на фоне СД является проведение АБТ с адекватным выбором препаратов, их дозировки, режимом и путем введения.

Глубина поражения, тяжесть заболевания и предшествующий прием антибиотиков оказывают влияние на характер инфекции у больных СД. *S. aureus* и бета-гемолитические стрептококки чаще всего высеваются при инфекционных осложнениях на фоне синдрома диабетической стопы (СДС). Длительно существующие язвы характеризуются смешанной микробной флорой, состоящей из грамположительных кокков (стафилококки, стрептококки, энтерококки), представителей *Enterobacteriaceae*, облигатных анаэробов и в ряде случаев - неферментирующих грамотрицательных бактерий (*Pseudomonasspp., Acinetobacterspp*.). У больных, неоднократно леченных в стационаре антибиотиками широкого спектра действия и подвергавшихся оперативным вмешательствам, нередко высеваются полирезистентные штаммы возбудителей, в частности, метициллинрезистентные стафилококки.

При назначении АБТ препараты должны быть активны в отношении наиболее вирулентных патогенов: *S. aureus*, бета-гемолитических стрептококков, энтеробактерий и некоторых анаэробов. У пациентов с распространенным целлюлитом на фоне поверхностной язвы, особенно при условии, что ранее применялись антибиотики широкого спектра, высока вероятность полимикробной этиологии инфекции. Также нельзя не учитывать устойчивость микробной флоры к антибиотикам, что особенно характерно для грамотрицательных бактерий и/или стафилококков. Поэтому предпочтительно назначение антибиотиков с широким спектром действия, активных не только против аэробов, но и анаэробов [11, 19,20, 22].

В связи с распространением метициллинрезистентных штаммов стафилококков целесообразно включать в протоколы лечения СДС препараты с выраженной активностью против MRSA. До последнего времени «золотым стандартом» лечения СДС, вызванных стафилококком, были ванкомицин и рифампицин. Однако в последние годы при лечении тяжелой инфекции мягких тканей, вызванной грамположительной микробной флорой, и стафилококкового сепсиса все шире применяется препарат класса оксазолидинонов – линезолид [15, 40, 44]. Доказана его эффективность в отношении резистентной микробной флоры [17, 28]. Если возбудители инфекции включают грамотрицательные микроорганизмы, клинически показано назначение комбинированной АБТ.

Постоянно растущая антибиотикорезистентность возбудителей требует поиска и внедрения иных методов борьбы с патогенными микроорганизмами. Одним из таких методов является фотодинамическая терапия (ФДТ) - светоиндуцированная химиотерапия, которая подразумевает обязательное наличие трех факторов: двух экзогенных (фотосенсибилизатора и света), а также одного эндогенного – кислорода. При этом фотосенсибилизатор накапливается преимущественно в бактериальных клетках и клетках поврежденных тканей. Развивающий в результате ФДТ оксидантный стресс приводит к повреждению бактериальной клетки и ее смерти в результате апоптоза или не-

кроза. В последние годы возросла роль в лечении больных СДС физических методов терапии – фотолечения и ФДТ [32, 39, 41]. Разработаны и внедрены в клиническую практику алгоритмы лечения, включающие в себя ФДТ [51, 52].

Целью работы явилось улучшение результатов лечения пациентов с СДС путем использования комплексного лечения с включением в программу терапии физических методик лечения – VAC-терапии, светолечения и ФДТ.

Материалы и методы

В исследование включено 25 пациентов обоего пола в возрасте от 48 до 72 лет с нейро-ишемической формой СДС. Лечение назначали по следующей схеме: компенсация СД (перевод на дробную инсулинотерапию); метаболическая терапия (препараты ά-липоевой кислоты, витамины группы В); антикоагулянтная и ангиотропная терапия; АБТ; физические методы лечения; терапия, направленная на лечение остеопороза (препараты кальция).

Смешанная (анаэробно-аэробная) инфекция диагностирована у 19 (76%) больных, только аэробная - у 6 (24%). Наиболее часто из факультативно-анаэробных микроорганизмов в ассоциациях встречались *S. aureus* - у 56% больных, *S. epidermidis* - у 16%; из неспорогенных анаэробов - *B. fragilis* у 20%, *Peptococcusspp.* - у 16% и *Fusobacteriumspp.* - у 12% пациентов. В одном случае роста микрофлоры не обнаружено, что может быть связано с длительным проведением АБТ в предыдущих лечебных учреждениях.

В случае идентификации грамположительной флоры считали высоким риск роли MRSA в этиологии заболевания, в связи с чем в качестве АБТ применяли линезолид (600 мг с интервалом 12 часов, путь введения – внутривенный) в сочетании с антианаэробом с учетом проведения в последующем ступенчатой терапии линезолидом. В случаях идентификации смешанной флоры линезолид комбинировали с меропенемом или эртапенемом и антианаэробом. Продолжительность АБТ у больных с осложненным СДС составляла в среднем 10-14 дней - до появления отчетливого клинического эффекта и снижения уровня микробной контаминации в ране. Для оценки эффективности проводимой АБТ использовали данные бактериологических исследований раневого отделяемого.

Хирургическое лечение гнойно-некротических поражений стоп у больных СД включало: хирургическую обработку раны; дополнительную ее обработку физическими методами; местное лечение гнойного очага современными перевязочными средствами; ранние восстановительные операции. Хирургическая тактика следовала диагностическому алгоритму, направленному на определение формы СДС, выявление локализации и распространенности гнойно-некротического процесса, а также возможных признаков генерализации инфекции.

Основной целью хирургического лечения гнойно-некротических проявлений СДС является сохранение конечности и жизни больного. Неправильно выбранная тактика может привести к утрате конечности и даже к летальному исходу. Хирургические вмешательства при гнойно-некротических процессах на стопе в настоящее время не являются этапом подготовки к ампутации конечности на уровне бедра или голени. Они имеют самостоятельное значение, направлены на сохранение опорной функции нижней конечности и наиболее эффективны при отсутствии выраженного отека конечности, ликвидации ишемии стопы, стабилизации общего состояния пациента, коррекции углеводного обмена и проведении адекватной АБТ.

Только после восстановления физиологических механизмов раневого процесса, обеспечивающих отграничение некрозов, очищения раневой поверхности, а также активизации процессов репарации в ране возникают условия для успешного выполнения восстановительных операций, являющихся обязательным компонентом хирургического лечения СДС. Устранение дефекта стопы должно осуществляться на фоне компенсации общего состояния пациента, устранения инфекционного процесса и купирования ишемии конечности.

Условием закрытия ран считали их очищение, отсутствие признаков перифокального воспаления, адекватность сопоставления краев раны. Шести пациентам выполнены аутодермопластики, четырем – ксенотрансплантация свиной кожи, трем наложены вторичные швы. У остальных больных раны заживали вторичным натяжением.

У 17 пациентов применялись сосудистые вмешательства, показаниями к которым мы считаем ишемию IIБ-IV степени при наличии возможности выполнения реконструктивной операции по сосудистому статусу, а также неэффективность консервативного лечения. Выполнялись чрескожные ангиопластики, в том числе у 2 пациентов со стенотическими поражениями подвздошно-бедренного сегмента.

Необходимо отметить, что необходимым условием успешной антибактериальной терапии является обеспечение адекватного оттока гнойно-некротического отделяемого. При этом у больных с СДС отмечается сложная конфигурация ран, наличие гнойных затеков и карманов. В связи с этим для обеспечения адекватного оттока раневого отделяемого, помимо адекватной хирургической обработки ран и их дренирования, у 5 пациентов в течение 7-10 суток применялась VAC (vacuum-assistedclosure) терапия.

Для светолечения у всех 25 пациентов были использованы гибкие фотонные матрицы Коробова А.-Коробова В. «Барва-Флекс/24Ф» с красным, зеленым, синим и фиолетовым излучением светодиодов (длины волн 660 нм, 525 нм, 470 нм и 405 нм, соответственно) в зависимости от превалирования патологических изменений. Матрицы содержали 24 светодиода, расположенные эквидистантно с шагом 20 мм друг от друга. Мощность излучения каждого светодиода варьировалась в пределах 2-5 мВт. Фототерапия проводилась контактным способом непосредственно на раневой дефект после снятия повязок и туалета ран с первых послеоперационных суток. При выраженном гнойно-некротическом процессе лечение начинали с воздействия красным светом с последующим переходом на синий и/или зеленый свет. При выраженном отеке конечности и перифокальном воспалении на первом этапе использовали синий и/или фиолетовый свет с последующим переходом на зеленый или красный свет. Время облучения во всех случаях – 20 минут. Среднее число ежедневных сеансов светолечения - 7–10. Критериями прекращения фототерапии считали очищение ран, уменьшение или отсутствие перифокального воспаления, отека конечности, появление четкой тенденции к заживлению ран.

ФДТ была применена у 10 пациентов. Показанием к назначению ФДТ являлись результаты бактериологического исследования на наличие микробной флоры полирезистентной к основным классам антибактериальных препаратов. После туалета ран во время перевязки, удаления нежизнеспособных тканей на рану равномерно распылялся раствор фотосенсибилизатора, в качестве которого был использован водный раствор димегина с концентрацией 0,35%. Димегин характеризуется длительной элиминацией из организма, что удлиняет его бактерицидный эффект в ране. При этом обработанную фотосенсибилизатором раневую поверхность изолировали от контакта со светом. Через 20 минут раневая поверхность облучалась контактным способом в течение 15-20 мин при помощи гибких фотонных матриц Коробова А.-Коробова В. «Барва-Флекс/24Ф» с длиной волны излучения светодиодов 470 нм или 405 нм (синим и фиолетовым светом).

Результаты

Использование комплексного подхода лечения больных с СДС, включавшего в себя хирургическую обработку ран, комплексное консервативное лечение, а также использование физических методов лечения (VAC-терапии, фототерапии и фотодинамической терапии) позволило существенно улучшить результаты лечения. На 10-14-е сутки проведения подобного лечения у всех исследуемых больных отмечался отчетливый клинический эффект и снижение уровня микробной контаминации в ране до 10^3 микробных тел в 1 г ткани, что соответствует критериям «чистой» раны. После очищения ран дальнейшее их лечение проводили под повязками с препаратами, обеспечивающими высокий антимикробный эффект непосредственно в ране.

Ни в одном случае смены режима АБТ и отмены препарата не потребовалось.

Сроки комплексного лечения составляли 7-10 суток в зависимости от состояния ран. На фоне проводимого лечения с использованием физических методов к 2-3-м суткам уменьшался перифокальный отек, к 5-7-м суткам существенно улучшалось качество грануляций и степень эпителизации ран. Площадь поверхности ран до начала лечения составила в среднем 391,3±100,42 $см^2$, к 5-7-м суткам - 364,7±44,21 и к 10-12-м суткам лечения - 63,95±20,2 $см^2$ ($P<0,01$). Скорость заживления ран к 5-7-м суткам лечения составила 1,58±0,44, к 10-12-м суткам - 4,72±0,63 ($P<0,01$). Полное заживление ран отмечено у 20 больных к 14-21 суткам, еще у 5 больных происходило в сроки до 30 суток от начала комплексного лечения.

Таблица 1

Динамика лабораторных показателей у пациентов с СДС (M±m)

Показатель	До начала лечения	После начала лечения, сутки		
		3-и	5-е	7-е
Лейкоциты	11,5±0,5	8,7±0,6	7,2±0,9	6,8±0,7
Лекоцитарный индекс интоксикации	4,0±0,16	3,27±0,2	2,5±0,4	1,2±0,4
СОЭ	18,0±2,1	20,4±0,1	32,5±0,1	27,4±0,1

Эффективность лечения объективно отражалась динамикой лабораторных показателей (лейкоцитоз, лейкоцитарный индекс интоксикации и скорость оседания эритроцитов) – см. табл. 1.

В исследуемой группе пациентов удалось избежать высоких ампутаций конечностей.

Выводы

Таким образом, в процессе проведения комплексного лечения инфекционных раневых осложнений у больных с синдромом диабетической стопы при адекватной стартовой антибактериальной терапии с учетом возможного характера возбудителя в сочетании с физическими методами лечения (VAC-терапия, светолечение и ФДТ) заживление ран происходит более качественно и в короткие сроки. В более ранние сроки наблюдается улучшение характеристик заживления ран, что создает благоприятные условия для закрытия дефектов. Стимуляция апоптоза фибробластов приводит к формированию «мягкого» рубца, что особенно важно при локализации повреждений в зоне суставов.

Предлагаемая методика позволяет повысить эффективность лечения, уменьшить сроки пребывания больных в стационаре и сократить расходы на лечение пациентов с синдромом диабетической стопы, а также снизить количество ампутаций.

Література

1. Аметов А.С. Диабетическаяполинейропатия: настоящее и будущее / А.С.Аметов, И.А.Строков// Российский медицинский вестник.- 2001.- №1.- С.35-40.
2. Балаболкин М.И. Диабетология.- М.: Медицина, 2000.- 672 с.
3. Батрашов В.А. Пути снижения уровня ампутации нижних конечностей у больных сахарным диабетом / В.А.Батрашов, Г.Е.Митрошин, В.В.Крашутский и др. // Сборник научных статей конференции «Современные аспекты диагностики, лечения, профилактики поражений нижних конечностей у больных сахарным диабетом».- М., 1996.- С.29-38.
4. Брискин Б.С. Антибактериальная терапия гнойных осложнений синдрома диабетической стопы / Б.С.Брискин, В.В.Лебедев, Л.В.Токарева и др. // Инфекции в хирургии.- 2008.- Т.6, №1.- С.36-39.
5. Брискин Б.С. Осложненный синдром диабетической стопы: патогенез, диагностика и лечение в пожилом и старческом возрасте / Б.С.Брискин, А.В.Прошин// Клиническая геронтология.- 2004.- Т.10, №1.- С.33-40.
6. Брискин Б.С. Выбор антибактериальной терапии у больных с осложненным синдромом стопы диабетика / Б.С.Брискин, А.В.Прошин, В.В.Лебедев и др. // Consiliummedicum.- 2004.-№1.- С.24-29.
7. Буданов С.В. Линезолид - новый антибактериальный препарат группы оксазолидинов: значение в контроле распространения и при лечении множественноустойчивой грамположительной инфекции / С.В.Буданов, Л.Б.Смирнова // Антибиотики и химиотерапия.-2002.- Т.47, №7.- С.38-42.
8. Галстян Г.Р. Хронические осложнения сахарного диабета: этиопатогенез, клиника, лечение // РМЖ: Эндокринология.- 2002.- Т.10, №27.- С.1266-1271.
9. Гурьева И.В. Диабетическая стопа. Возможно ли эффективное предотвращение? / И.В.Гурьева, Я.И.Котухова, Т.А.Мелешкевич// РМЖ: Эндокринология.- 2001.- Т.9, №24.- С.1122-1125.
10. Дедов И.И. Синдром диабетической стопы (Клиника, диагностика, лечение и профилактика) / И.И.Дедов, М.Б.Анциферов, Г.Р.Галстян, А.Ю.Токмакова.- М.: Медицина, 1998.- 143 с.
11. Илюкевич Г.В. Линезолид (зивокс) - новый шаг в антибактериальной терапии грамположительных инфекций/ Г.В. Илюкевич // Медицинские новости.-2003, № 3.-С. 48-51.
12. Светухин А.М. Гнойно-некротические формы синдрома диабетической стопы / А.М.Светухин, А.Б.Земляной//Consiliummedicum.- 2002.- Т.4, №10.- С.537-544.
13. Светухин А.М. Антибактериальная терапия в комплексном хирургическом лечении больных с синдромом диабетической стопы / А.М.Светухин, А.Б.Земляной, Г.Н.Изотова, М.В.Павлова// Клиническая микробиология и антимикробная химиотерапия.- 1999.- Т.1, №1.- С.38-40.
14. Сидоренко Б.А. Дисфункция эндотелия в патогенезе атеросклероза и его осложнений / Б.А.Сидоренко, Д.А.Затейщиков // Кремлевская медицина.- 1999.- №2.- С.13-15.
15. Сидоренко С.В. Тенденции в распространении антибиотикорезистентности среди грамположительных микроорганизмов и перспективы ее преодоления // Клиническая фармакология и терапия.- 2006.- Т.15, №2.- С.7-13.
16. Токмакова А.Ю. Антикоагулянты в терапии диабетической макроангиопатии/ А.Ю.Токмакова, Д.Н.Староверова, М.Б.Анциферов//Consiliummedicum.- 2002.- Т.4, №10.- С.535-536.
17. Хачатрян Н.Н. Опыт использования линезолида при лечении хирургической инфекции кожи и мягких тканей у ВИЧ-инфицированных / Н.Н.Хачатрян, И.М.Дизенгоф, Г.Г.Смирнов и др. // Consiliummedicum.- 2008, № 1.-С.49-52.
18. Хачатрян Н.Н. Особенности антибактериальной терапии хирургических инфекций кожи и мягких тканей / Н.Н.Хачатрян, И.М.Дизенгоф, Г.Г.Смирнов и др. // Хирургия.- 2011.- №1.- С.34-37.
19. 41. Хирургические инфекции кожи и мягких тканей. Российские национальные рекомендации / Под ред. В.С.Савельева.- М.: ПК Блок Ноут, 2009.- 92 с.
20. Яковлев В.П. Антибиотикотерапия бактериальных инфекций // Анналы хирургическойгепатологии.- 2008.- Т.13, №1.- С.12-15.
21. Adler A.L. Hyperglycemia and other potentially modifiable risk factors for peripheral vascular disease in type 2 diabetes / A.L.Adler, R.J.Stevens, A.Neil et al. // J. Diabetes Care.- 2002.- Vol.25, №5.- P.894-899.
22. Ambrosch A. Diabetic foot infections: microbiological aspects, current and future antibiotic therapy focusing on methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* / A.Ambrosch, S.Haefner, E.Jude et al. // Intern. Wound Journal.- 2011.- Vol.8, №6.- P.567–577.
23. Arora S. Cutaneous microcirculation in the neuropatic diabetic foot improves significantly but not completely after successful lower extremity revascularization / S.Arora, F.Pomposelli, F.W.LoGerfo, A.Veves // J. Vasc. Surg.- 2002.- Vol.35, №3.- P.501-505.
24. Boyko E.J. Infection and diabetes / E.J.Boyko, B.A.Lipsky // Diabetes in America / Ed. Harris.- Bethesda, MD: National Institutes of Health, 1995.- P.485-489.
25. Carmody B.J. Progesterone inhibits human infragenicular arterial smooth muscle cell proliferation induced by high glucose and insulin concentrations /

B.J.Carmody, S.Arora, M.C.Wakefield, M.Weber // J. Vasc. Surg.- 2002.- Vol.36, №4.- P.833-838.

26. Colwell J. Atherosclerosis and trombosis in diabetes mellitus. New aspects of patogenesis / J.Colwell, T.Lyons, R.Klein et al. // Levin and O'Neal's The Diabetic Foot / Eds. Bowker J.H., Pfeifer M.A.- St. Louis, 2001.- P.65-109.

27. Diabetic angiopathy / Ed. Tooke J.E., London, U.K., Arnold Publishers, 1999.- 304 p.

28. Dryden M.S. Linezolid pharmacokinetics and pharmacodynamics in clinical treatment // J. Antimicrob. Chemother.- 2011.- Vol.66, Suppl.4.- P.7-15.

29. Eckmann C. Treatment of complicated skin and soft-tissue infections caused by resistant bacteria: value of linezolid, tigecycline, daptomycin, and vancomycin / C.Eckmann, M.Dryden // Eur. J. Med. Res.- 2010.- Vol.15.- P.554-563.

30. Garcia Trade L.J. Diabetes mellitus as an hypercoagulable state: its relationship with fibrin fragments and vascular damage / L.J.Garcia Trade, H. de la Calle, I.Alava et al. // Thromb. Res.- 1997.- Vol.47.- P.533-540.

31. Kamal K. The pathobiology of diabetes mellitus: Implications for surgeons / K.Kamal, R.Powell, B.Sumpio // J. Amer. Coll. Surg.- 1996.- Vol.183.- P.271-289.

32. Kashef N. Photodynamic inactivation of drug-resistant bacteria isolated from diabetic foot ulcers / N. Kashef, G. EsmaeeliDjavid, M. Siroosy [et al.] //Iran J Microbiol. – 2011. - №3(1). – P. 36-41.

33. Kihara M. Impaired vasoreactivity to nitric oxide in experimental diabetic neuropathy / M.Kihara, P.A.Low // Experimental Neurology.- 1995.- Vol.132.- P.180-185.

34. Knox R.C. Diabetic foot disease / R.C.Knox, W.Dutch, P.Blume et al. // Intern. J. Angiol.- 2000.- Vol.9.- P.1-6.

35. Low P.A. The roles of oxidative stress and antioxidant treatment in experimental diabetic neuropathy / P.A.Low, K.K.Nickander, H.J.Tritschler // Diabetes.- 1997.- Vol.46, Suppl.2.- P.38-42.

36. Luscher T.F. Biology of the endothelium / T.F.Luscher, M.Barton // Clin. Cardiol.- 1997.- Vol.20, №11, Suppl.2.- P.3-10.

37. Manfredi R. Update on the appropriate use of linezolid in clinical practice // Ther. Clin. Risk. Manag.- 2006.- Vol.2, №4.- P.455-464.

38. Mannucci E. Photodynamic topical antimicrobial therapy for infected foot ulcers in patients with diabetes: a randomized, double-blind, placebo-controlled study--the D.A.N.T.E (Diabetic ulcer Antimicrobial New Topical treatment Evaluation) study./E. Mannucci, S. Genovese, M. Monami., G. Navalesi [et al.] // ActaDiabetol.- 2014. - №51(3). – P. 435-440.

39. Mokaddas E.M. A 4-year prospective study of septicemia in pediatric surgical patients at a tertiary care teaching hospital in Kuwait / E.M.Mokaddas, S.A.Shetty, A.A.Abdullah et al. // J. Pediatric Surg.- 2011.- Vol.46, №4.- P.679-684.

40. Morley S. Phase IIa randomized, placebo-controlled study of antimicrobial photodynamic therapy in bacterially colonized, chronic leg ulcers and diabetic foot ulcers: a new approach to antimicrobial therapy /S. Morley, J. Griffiths, G. Philips [et al.] //Br J Dermatol. – 2013. - №168(3). – P. 617-624.

41. Reiber G.E. Lower extremity foot ulcer and amputations in diabetes / Reiber G.E., Boyko E.J., Smith D.G.- In: Diabetes in America / Eds. Harris M.I., Cowie C., Stern M.P.- Bethesda, MD: National Institute of Health, 1995.- P.409-428.

42. Reiber G.E. Risk factors for amputation in patients with diabetes mellitus: a case control study / Reiber G.E., Pecoraro R.E., Koepsell T.D. // Ann. Intern. Med.- 1992.- Vol.117.- P.97-105.

43. Senneville E. Effectiveness and tolerability of prolonged linezolid treatment for chronic osteomyelitis: A retrospective study / E.Senneville, L.Legout, M.Valette et al. // Clinical Therapeutics.- 2006.- Vol.28, №8.- P.1155-1163.

44. Sharpe J.N. Clinical and economic outcomes of oral linezolid versus intravenous vancomycin in the treatment of MRSA-complicated, lower-extremity skin and soft-tissue infections caused by methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* / J.N.Sharpe, E.H.Shively, H.C.Polk Jr.// The Amer. J. of Surg.- 2005.- Vol.189.- P.425-428.

45. Sowers J.R. Plasma antithrombin III and trombin generation time: correlation with hemoglobin Ai and fasting serum glucose in young diabetic women / J.R.Sowers, M.L.Tuck, D.K.Sowers // Diab. Care.- 1980.- Vol.3.- P.655-658.

46. Stevens D.L. Linezolid versus Vancomycin for the treatment of methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* infections / D.L.Stevens, D.Herr, H.Lampiris et al. // Clinical Infectious Diseases.- 2002.- Vol.34.-P.1481-1490.

47. 18. Stevens M.J. Nitric oxide as a potential bridge between the metabolic and vascular hypotheses of diabetic neuropathy // Diab. Med.- 1995.- Vol.12, №8.- P.292-295.

48. Tesfaye S. Vascular factors in diabetic neuropathy / S.Tesfaye, R.Malik, J.D.Ward // Diabetologia.- 1994.- Vol.37, №9.- P.847-854.

49. Thomas P.K. Clinical features and investigation of diabetic somatic peripheral neuropathy // Clin. Neurosci.- 1997.- Vol.4, №6.- P.341-345.

50. Tardivo JP. Development of the Tardivo Algorithm to Predict Amputation Risk of Diabetic Foot / JP. Tardivo, MS. Baptista, JA. Correa JA [et al.] // PLoS One. – 2015. - №10(8):e0135707. doi: 10.1371/journal.pone.0135707. eCollection 2015.

51. Tardivo JP. Treatment of osteomyelitis in the feet of diabetic patients by photodynamic antimicrobial chemotherapy / JP. Tardivo, MS. Baptista // PhotomedLaserSurg. – 2009.- №27(1). – P.145-150.

52. Van Damme H. Amputations in diabetic patients: a plea for footsparing surgery / H.VanDamme, M.Rorive, Martens De Noorthout BM et al. // ActaChir. Belg.- 2001/- Vol.101.- Supl.3.- P.123-129.

53. Vincent A.M. Oxidative stress and programmed cell death in diabetic neuropathy / A.M.Vincent, M.Brownlee, J.W.Russell // J. Ann. N. Y. Acad. Sci.- 2002.- Vol.959.- P.368-383.

54. Vinik A.I. Prevention of the complications of diabetes / A.I.Vinik, E.Vinik / Amer. J. Manag. Care.- 2003.- Vol.9, №3).- P.63-80.

55. Weigelt J. Linezolid versus Vancomycin in treatment of complicated skin and soft tissue infections / J.Weigelt, K.Itani, D.Stevens et al. // Antimicrob. Agents and Chemother.- 2005.- Vol.49, №6.- P.2260-2266.

56. Zimny S. Early detection of microcirculatory impairment in diabetic patients with foot at risk / S.Zimny, F.Dessel, M.Ehren / Diab. Care.- 2001.- Vol.24.- P.1810-1844.

КОМПЛЕСНЕ ЛІКУВАННЯ УСКЛАДНЕНЬ ХІРУРГІЧНОЇ ІНФЕКЦІЇ, ЩО СПРИЧИНЕНО МУЛЬТИРЕЗИСТЕНТНОЮ МІКРОБНОЮ ФЛОРОЮ У ХВОРИХ НА СИНДРОМ ДІАБЕТИЧНОЇ СТОПИ

Бойко В.В.[1], Іванова Ю.В.[1], Мушенко Є.В.[1], Коробов А.М.[2]
[1]ДУ «Інститут загальної та невідкладної хірургії ім. В.Т. Зайцева НАМН України»
61103, м. Харків, в'їзд Балакірєва,1
[2] Харківський національний університет ім. В.М. Каразіна
61022, м. Харків, Площа Свободи, 4
e-mail: amkorobov@i.ua

Одним з найбільш важких ускладнень цукрового діабету (ЦД) є формування синдрому діабетичної стопи (СДС), лікування якого вимагає госпіталізації набагато частіше, ніж інші ускладнення ЦД, разом узяті: серед госпіталізованих хворих на ЦД пацієнти з гнійно-некротичними ускладненнями СДС (інфекцією, виразкою і/або деструкцією глибоких тканин стопи, пов'язаними з неврологічними порушеннями і/або зниженням магістрального кровотоку в артеріях нижніх кінцівках) складають 46%.

СДС є досить дорогим ускладненням ЦД, бо вимагає тривалої госпіталізації, лікування та реабілітації хворих, догляду та соціального обслуговування.

Патогенез розвитку СДС складний і пов'язаний з декількома первинними факторами ризику, які включають: нейропатію, ішемію, інфекцію і імунологічні порушення, на тлі яких можуть розвиватися важкі гнійно-некротичні процеси.

Серед патологічних процесів одним з провідних є активація перекисного окислення ліпідів. Вільні радикали порушують діяльність ендотелію, викликаючи ендоневрогенну гіпоксію і приводячи до розвитку діабетичної полінейропатії (ДПН). Згідно з судинною теорією, мікроангіопатія судин, що постачають кров до периферичних нервів, є основною причиною ДНП

Один з важливих компонентів консервативного лікування гнійно-некротичних ускладнень СДС є антибактеріальна терапія (АБТ). Однак, постійно зростаюча антибіотикорезистентнсть збудників вимагає пошуку і впровадження інших методів боротьби з патогенними мікроорганізмами. Одним з таких методів є фотодинамічна терапія (ФДТ) - світлоіндуцирована хіміотерапія, яка має на увазі обов'язкову наявність трьох чинників: двох екзогенних (фотосенсибілізатора і світла), а також одного ендогенного - кисню. При цьому фотосенсибілізатор накопичується переважно в бактеріальних клітинах і клітинах пошкоджених тканин. Розвиваючий в результаті ФДТ оксидантний стрес призводить до пошкодження бактеріальної клітини та її гибелі в результаті апоптозу або некрозу.

***Метою** роботи стало поліпшення результатів лікування пацієнтів з СДС шляхом використання комплексного лікування з включенням в програму терапії фізичних методик лікування - VAC-терапії, світлолікування і ФДТ.*

***Матеріали та методи.** У дослідження включено 25 пацієнтів обох статей у віці від 48 до 72 років з нейро-ішемічною формою СДС. Лікування призначали за такою схемою: компенсація ЦД (переведення на дробову інсулінотерапію); метаболічна терапія (препарати ά-ліпоєвої кислоти, вітаміни групи В); антикоагулянтна і ангіотропна терапія; АБТ; фізичні методи лікування; терапія, яка спрямована на лікування остеопорозу (препарати кальцію).*

Хірургічне лікування гнійно-некротичних уражень стоп у хворих на ЦД включало: хірургічну обробку рани; додаткову її обробку фізичними методами; місцеве лікування гнійного вогнища сучасними перев'язувальними засобами; ранні відновлювальні операції.

У 17 пацієнтів застосовувалися судинні втручання, показаннями до яких ми вважаємо ішемію IIБ-IV ступеня при наявності можливості виконання реконструктивної операції по судинному статусу, а також неефективність консервативного лікування. Виконувалися черезшкірні ангіопластики, в тому числі у 2 пацієнтів зі стенотичними ураженнями клубово-стегнового сегмента.

Для світлолікування у всіх 25 пацієнтів були використані фотонні матриці «Барва-Флекс» А.М.Коробова з червоним, зеленим, синім і фіолетовим випромінюванням світлодіодів (довжини хвиль 660 нм, 525 нм, 470 нм і 405 нм, відповідно). Фототерапія проводилась контактним способом безпосередньо на рановий дефект після зняття пов'язок і туалету ран з перших післяопераційних діб.

ФДТ була застосована у 10 пацієнтів. Показанням до призначення фототерапії вважали результати бактеріологічного дослідження, що виявляють мікробну мульти- і полірезистентність до основних класів антибактеріальних препаратів.

***Висновки.** Таким чином, в процесі проведення комплексного лікування інфекційних ранових ускладнень у хворих з СДС загоєння ран відбувалося більш якісно і в короткі терміни.*

Запропонована методика дозволяє підвищити ефективність лікування, зменшити терміни перебування хворих в стаціонарі і скоротити витрати на лікування пацієнтів з синдромом діабетичної стопи, а також знизити кількість ампутацій.

***Ключові слова:** цукровий діабет, синдром діабетичної стопи, мультирезистентна мікробна флора світлолікування, фотодинамічна терапія.*

COMBINED THERAPY OF COMPLICATED SURGICAL INFECTIONS CAUSED BY MULTI-DRUG RESISTANT MICROFLORA IN PATIENTS WITH DIABETIC FOOT

Boyko V.V.[1], Ivanova Y.V.[1], Mushenko Y.V.[1], Korobov A.M.[2]
[1]Public Institution «Institute of General and Emergency Surgery named after V.T. Zaytsev under NAMSU»
61103, Kharkiv, 1 Balakireva vyizd. Phone: (057) 349-41-50
[2]V.N. Karazin Kharkiv National University,
6 Svobody Sq., Kharkiv, 61022, Ukraine.

One of the most severe complications of diabetes mellitus (DM) is formation of diabetic foot (DF), the treatment of which requires hospitalization are much more often, than other diabetes complications together: among hospitalized patients with diabetes, there are 46% of patients with purulo-necrotic complications of DF (infection, ulcer and/ or feet deep tissue destruction associated with neurological disorders and /or reduction of blood flow in the main lower limb artery).

DF is a costly complication of diabetes, as it requires prolonged hospitalization, patients' treatment and rehabilitation, care and social services.

The pathogenesis of DF if complex and associated with several primary risk factors, which include: neuropathy, ischemia, infection and immunological disorders, on the background of which severe purulent necrotic processes may develop.

Activation of lipid peroxidation is one of the leading pathological processes. Free radicals disrupt the activity of endothelium, causing endoneurogenic hypoxia and leading to the development of diabetic polyneuropathy (DPN). In accordance with the vascular theory, microangiopathy of vessels supplying blood to peripheral nerves, is the main cause of DNP.

One of the important components of conservative treatment of purulent necrotic complications of DF is antibacterial therapy (ABT). However, ever-increasing antibiotic resistance of pathogens requires search and implementation of various methods for management of pathogens. One such methods is photodynamic therapy (PDT) – light-induced chemotherapy, which implies three obligatory factors: two exogenous (photosensitizer and light), and am endogenous factor – oxygen. Thus, photosensitizer is prevalently accumulated in bacterial cells and cells of damaged tissues. Oxidative stress, developed as a result of PDT, results in damage of the bacterial cell and its death due to apoptosis or necrosis.

The ***objective*** *of the paper work was to improve the results of treatment of patients with DF through the combined therapy with the inclusion of physical treatment methods to the therapy regimen – VAC-therapy, light therapy and PDT.*

Materials and methods. *The study included 25 patients of both sexes aged from 48 to 72 years of neuro-ischemic form of DF. Treatment was prescribed as follows: DM compensation (use of divided insulin therapy); metabolic therapy (drugs of alpha-lipoic acid, B vitamins); anticoagulant and angiotropic therapy; ABT; physical methods of treatment; therapy aimed at the treatment of osteoporosis (calcium-based drugs).*

Surgical treatment of purulent necrotic feet lesions in patients with DM included: surgical debridement; its debridement by physical methods; local treatment of purulent focus with modern dressings; early recovery operations.

Vascular intervention was conducted in 17 patients, the supposed indications for was ischemia of IIB-IV degree with the possibility to perform reparative surgery on vascular status, as well as the inefficiency of conservative treatment. Percutaneous angioplasty was performed, including 2 patients with stenotic lesions of iliofemoral segment.

For phototherapy A.M. Korobov's "Barva-Flex" photon matrices with red, green, blue and purple LED light (wavelengths of 660 nm, 525 nm, 470 nm and 405 nm, respectively) were used in all 25 patients. Phototherapy was conducted by contact directly with the wound after removing the bandages and wounds toilet from the first postoperative days.

PDT was applied in 10 patients. The considered indication for phototherapy were the findings of bacteriological tests, identifying microbial and multiresistance and polyresistance to the main classes of antimicrobial drugs.

Conclusions. *Thus, in the course of combined treatment of infectious wound complications in patients with DF, wound healing was more efficient and took shorter term.*

The proposed method allows improving the treatment efficiency, reduction of hospitalization, and reduction of expenses for treatment of patients with diabetic foot, as well as reduction of the number of amputations.

Keywords: *diabetes mellitus, diabetic foot, multiresistant microbial flora, light therapy, photodynamic therapy.*

УДК: 616.13/.14-06-08:617-022:616.13/.14-001.45

ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ ФОТОДИНАМИЧЕСКОЙ ТЕРАПИИ В КОМПЛЕКСЕ ЛЕЧЕНИЯ ПОСТРАДАВШИХ С МИННО-ВЗРЫВНЫМИ И ОСКОЛОЧНЫМИ РАНЕНИЯМИ ПРИ ИНФЕКЦИОННЫХ ОСЛОЖНЕНИЯХ ПОВРЕЖДЕНИЙ МАГИСТРАЛЬНЫХ СОСУДОВ

Иванова Ю.В., Прасол В.А., Мушенко Е.В., Климова Е.М.

ГУ «Институт общей и неотложной хирургии имени В.Т.Зайцева НАМНУ», г. Харьков
61018, г. Харьков, въезд Балакирева, 1
dr_mushenko@mail.ru

Введение. *Огнестрельные и минно-взрывные травмы характеризуются обширностью площади ран и значительным поражением тканей. Инфекционные осложнения минно-взрывных ранений встречаются у 25% пострадавших и являются частой причиной смерти. За период АТО на востоке Украины у 208 раненых (1,6%) были диагностированы ранения магистральных сосудов конечностей. При этом инфекционные осложнения развились у 30% пострадавших. Хирургическая обработка ран и антибактериальная терапия являются основными компонентами профилактики генерализации раневой инфекции. Вместе с тем, последние годы ознаменованы постоянно растущей антибиотикорезистентностью раневой микробной флоры. В связи с этим особую актуальность приобретает поиск методов немедикаментозной борьбы с возбудителями раневых инфекций, одними из которых является фототерапия (ФТ) и фотодинамическая терапия (ФДТ).*

Цель работы. *Улучшение результатов лечения гнойных осложнений у раненых с повреждением магистральных сосудов конечностей путем применения рациональной хирургической тактики, а также использования в комплексе лечения физических методов воздействия на очаги поражения, в частности, ФТ и ФДТ.*

Материалы и методы. *В работе приведены данные по результатам лечения 9 пострадавших с минно-взрывными, огнестрельными и осколочными ранениями с повреждением магистральных сосудов конечностей, находившихся на лечении в ГУ «ИОНХ имени В.Т. Зайцева НАМНУ». В комплекс лечения больных, помимо оказания специализированной ангиохирургической помощи, были включены ФТ и ФДТ. Для лечения пострадавших были использованы фотонные матрицы Коробова «Барва-Флекс» с длинами волн излучения 660 нм, 525 нм, 470 нм, 405 нм. В качестве фотосенсибилизатора использован димегин. ФТ в процессе лечения применена у всех пострадавших, ФДТ – у 3 пострадавших с выявленной полирезистентной раневой микробной флорой.*

Результаты. *Сроки лечения зависели от состояния ран. На фоне проводимого лечения к 2-3-м суткам уменьшался перифокальный отек, к 5-7-м суткам существенно улучшались качество грануляций и степень эпителизации ран. Площадь поверхности ран до начала лечения составила в среднем 391,3± 100,42 см2, к 10-12-м суткам лечения – 63,95±20,2 см2 ($p<0,01$). Скорость заживления ран к 5-7-м суткам лечения составила 1,58±0,44%, к 10-12-м суткам – 4,72±0,63% ($p<0,01$). Результаты бактериального исследования показывали снижение антибиотикорезистентности патогенной микробной флоры на фоне ФТ, а также значительный бактерицидный эффект ФДТ.*

Обсуждение. *При традиционном лечении минно-взрывных и осколочных ранений без повреждения сосудов средние сроки заживления ран составили 14-17 суток. В работах отечественных и зарубежных авторов показана возможность использования антибактериальной ФДТ для лечения антибиотикорезистентных инфекций, в частности, использования излучения синего диапазона спектра (470 нм) после фотомодификации ран при боевой травме. Использование предлагаемого подхода позволило ускорить темпы заживления ран, сократить сроки очищения ран, что позволяет подготовить раны к закрытию, и соответственно, сократить сроки заживления ран на 21,4%.*

Выводы. *Антибактериальный эффект ФДТ снижает риск несостоятельности сосудистого анастомоза и развития аррозивного кровотечения, что существенно влияет на летальность и количество вторичных ампутаций. Применение разработанного подхода рекомендовано у пациентов с мультирезистентной раневой микробной флорой, особенно проблемной группы «ESKAPE».*

Ключевые слова: *минно-взрывная травма, ранения сосудов, хирургическое лечение, раневая инфекция, фототерапия, фотодинамическая терапия.*

© Иванова Ю.В., Прасол В.А., Мушенко Е.В., Климова Е.М., 2016

Введение

Огнестрельные и минно-взрывные повреждения характеризуются обширностью площади ран, контузией и размозжением тканей, кровотечениями, а также наличием инородных тел и загрязнений, приводящих к инфицированию. Некротические ткани являются питательной средой для размножения микроорганизмов, развития раневой инфекции. Отек тканей приводит к расстройствам микроциркуляции, гипоксии, способствуя угнетению фагоцитоза [3, 4, 7, 15].

По данным различных авторов, инфекционные осложнения минно-взрывных и осколочных ранений и травм встречаются у 25% пострадавших и нередко являются причиной смерти [6, 9]. В этой связи ранняя хирургическая обработка – иссечение некрозов в пределах здоровых, нормально снабжаемых кровью тканей – важный фактор профилактики раневой инфекции [9, 10].

Антибактериальная терапия раневой инфекции, основанная на характере предполагаемого возбудителя, не отменяет ранней хирургической обработки. Профилактика и максимально раннее хирургическое лечение имеют ведущее значение в лечении пострадавших и способствуют предотвращению генерализации инфекции. Результаты лечения минно-взрывных повреждений значительно ухудшаются при наличии сопутствующих заболеваний, особенно сахарного диабета, гипотрофии, расстройств метаболизма [5, 8, 14].

За период проведения АТО на востоке Украины с 2014 по 2015 гг. из 13037 раненых и травмированных (среди них 5842 раненых) у 208 (1,6%) были диагностированы ранения магистральных сосудов. Ранения кровеносных сосудов головы и шеи были у 3,2%, верхних конечностей – у 38,5%, нижних конечностей – у 56,6%, груди – у 0,6%, таза и живота – у 1,2% пострадавших [13].

Одним из основных компонентов снижения количества санитарных потерь, а также возвращения бойцов в строй является этапность и преемственность оказания медицинской помощи. Современная военно-медицинская доктрина Украины подразумевает 6 этапов оказания медицинской помощи [1]:

- ✓ Базовый (первая медицинская помощь на поле боя);
- ✓ Уровень 1 – первая врачебная помощь (мед. рота, пункт усиления);
- ✓ Уровень 2 - квалифицированная хирургическая помощь (мобильный госпиталь);
- ✓ Уровень 3 (территориальная госпитальная база) – многопрофильный госпиталь (специализированная хирургическая помощь);
- ✓ Уровень 4 (специализированное лечение) – военно-медицинский клинический центр, национальный военно-медицинский клинический центр, специализированные научно-исследовательские институты;
- ✓ Уровень 5 – реабилитация.

Сводные данные о характере оперативных вмешательств при повреждении сосудов, полученные на основании анализа результатов оказания медицинской помощи пострадавшим за период проведения АТО в 2014-2015 гг., проведенный специалистами Главного военного госпиталя, представлены в таблице 1 [13].

Таблица 1

Характер оперативных вмешательств на сосудах.

Название операции	Количество операций	%
Вазоррафия	21	7,1
Аутовенозное протезирование	142	48,3
Аутовенозная пластика дефекта	11	3,7
Аллопротезирование	14	4,8
Перевязка сосуда в ране	11	3,7
Операции на сосудах по поводу поздних осложнений ранений	27	9,2
Ампутация по первичным показаниям	21	7,1
Ампутация по вторичным показаниям	47	16,1
Всего	294	100

Таблица 2

Частота ампутаций в зависимости от сроков поступления раненых на этап специализированной ангиохирургической помощи

Время до поступления (часы)	Количество пострадавших (%)	Количество ампутаций (%)
До 3	4,7	-
От 3 до 6	25,4	4,1
От 6 до 12	48,5	15,3
От 12 до 24	7,3	44,5
Свыше 24	14,1	25,5

Вместе с тем данных о спектре возбудителей инфекции представлено не было.

Следует отметить, что вторичные ампутации выполнялись у пострадавших на фоне тяжелой постгеморрагической анемии при наличии сочетанных и комбинированных повреждений; в 2 случаях имел место краш-синдром. У всех этих пострадавших отмечено позднее поступление в медицинские учреждения по различным причинам (табл. 2) [13].

Частота местных гнойно-воспалительных осложнений высока и составляет 25-30%, что объясняется характером повреждений и повреждающего агента, ишемией тканей, наличием обширных гематом, развитием ишемически-реперфузионного синдрома.

Успех оказания ангиохирургической помощи напрямую зависит от развития инфекционных осложнений. Поэтому профилактика и лечение инфекционных осложнений ранений должна осуществляться на всех этапах медицинской эвакуации.

Раненые с острыми формами раневой инфекции не подлежат дальнейшей эвакуации до устранения осложнений.

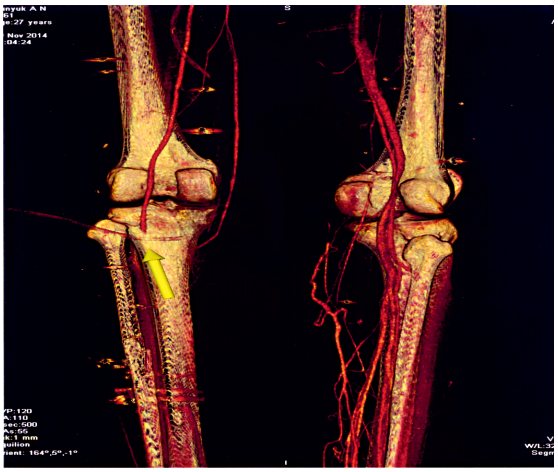


Рис. 1. Компьютерное-томографическое исследование в ангиорежиме. Повреждение подколенной артерии

При этом антибиотикотерапия или антибиотикопрофилактика является важнейшим звеном патогенетического лечения как в пред-, так и в послеоперационном периоде. Однако последние годы ознаменованы постоянно растущей антибиотикорезистентностью, а также отсутствием принципиально новых классов антибактериальных препаратов, что требует поиска новых и усовершенствования существующих методов борьбы с патогенной микробной флорой. Проведенные исследования А.М.Коробова и соавторов показали положительное влияние фототерапии (ФТ) при различных заболеваниях, в т.ч. при травмах [11]. При этом основные эффекты воздействия света на организм реализуются за счет реактивации супероксиддимутазы с образованием свободного кислорода; подавления митохондриальной дисфункции и нормализации клеточного дыхания, приводящие к улучшению биоэнергетического потенциала клеток; интенсификации пролифераций клеток. Реализация этих эффектов на субклеточном и клеточном уровнях приводят к следующим клиническим эффектам: регенераторному, иммуномодулирующему, противовоспалительному, противоотечному, десенсибилизирующему, болеутоляющему, бактерицидному. Кроме того, в работах Ф.Е. Шина и соавторов [17] в эксперименте показана возможность применения фотодинамической терапии (ФДТ) при огнестрельных ранах. При этом положительные результаты лечения объяснялись выраженным бактерицидным эффектом ФДТ.

Исходя из вышесказанного, **целью** работы явилось улучшение результатов лечения гнойных осложнений у раненых с повреждением магистральных сосудов конечностей путем рациональной хирургической тактики, а также использования в комплексе лечения физических методов воздействия на очаги поражения, в частности, ФТ и ФДТ.

Материалы и методы

За период проведения АТО в клинике ГУ «Институт общей и неотложной хирургии имени В.Т.Зайцева НАМНУ» (ИОНХ) оказана специализированная помощь 9 пострадавшим с минно-взрывными, огнестрельными и осколочными ранениями с повреждением магистральных артерий.

Из 9 раненых 8 были мужского пола. Возраст пострадавших варьировал от 23 до 58 лет (средний возраст 34,2±3,7 лет). У пяти раненых (55,6%) были осколочные ранения, у одного (11,1%) - ранения пулевые, у трех (33,3%) - минно-взрывная травма. В двух случаях (22,2%) наблюдались одиночные ранения, в семи (77,8 %) - множественные. Сочетанные и комбинированные ранения были у пяти пострадавших (55,6%).

Характер сосудистой травмы был следующим: у пяти пострадавших (55,6%) наблюдались повреждения магистральных артерий нижних конечностей, у двух (22,2%) - повреждения вен, у двух (22,2%) – посттравматические аневризмы подключичных артерий.

Помощь, оказанная на предыдущих этапах медицинской эвакуации, была следующей. На *первом* этапе оказания медицинской помощи жгут накладывался 4 пострадавшим. На *втором и третьем* этапах осуществлялся контроль жгута; одной пострадавшей выполнено временное шунтирование общей подвздошной артерии, остальным пострадавшим временный гемостаз



Рис. 2. Посттравматическая аневризма подключичной артерии

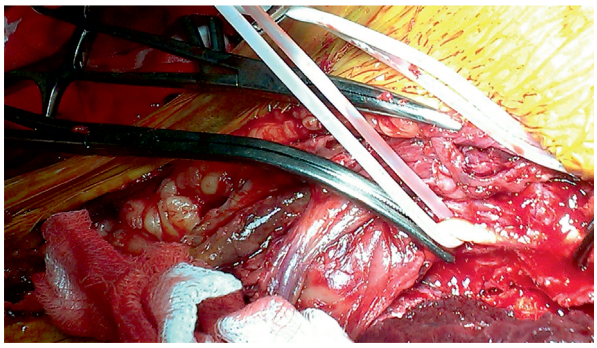


Рис. 3. Посттравматическая аневризма подключичной артерии. Этап операции

осуществлялся путем наложения гемостатических повязок. Внеочаговый металлоостеосинтез выполнен трем пострадавшим. Операции на органах брюшной полости выполнялись в двух случаях, в одном случае выполнено дренирование плевральной полости по Бюлау.

При поступлении в клинику ИОНХ общее состояние оценивалась у семи пострадавших как удовлетворительное, у двух – как тяжелое, у одного – как крайне тяжелое.

Двум пострадавшим с изолированными повреждениями магистральных вен выполнена их перевязка. Четырем пострадавшим с повреждениями магистральных артерий нижних конечностей (рис. 1) выполнялись аутовенозные шунтирования (у трех – бедренно-подколенные шунтирования, у одной – подвздошно-бедренное). Одному пострадавшему с явлениями продолжающегося кровотечения из подколенной артерии после ее ревизии в связи с признаками необратимой ишемии выполнена ампутация на уровне бедра.

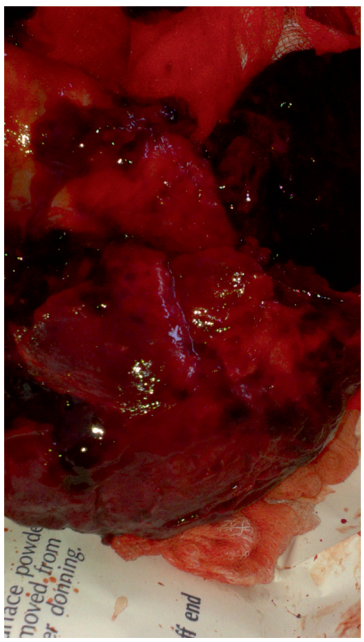


Рис. 4. Посттравматическая аневризма подключичной артерии

Пострадавшим с посттравматическими аневризмами подключичных артерий выполнялись резекции аневризм с аллопротезированием (рис. 2-4).

Наряду со стандартными методами консервативного и хирургического лечения, в комплекс терапии всех пострадавших, находившихся в клинике, были включены эффективные физические методы, в том числе ФТ, ФДТ.

Течение послеоперационного периода у двух пострадавших осложнилось развитием гнойно-воспалительных процессов мягких тканей (рис. 5).

ФТ была использована в комплексе лечения у всех 9 пострадавших, находившихся на лечении в клинике. Для лечения пострадавших были использованы фотонные матрицы Коробова «Барва-Флекс» с длинами волн излучения светодиодов 660 нм, 525 нм, 470 нм, 405 нм. Это соответствовало красному, зеленому, синему и фиолетовому диапазонам спектра, каждый из которых оказывает различные лечебные эффекты. Использование излучения синего спектрального диапазона (470 нм) позволяло получить мощный анальгетический эффект. Применение фотонных матриц со светодиодами, излучающими в зеленой области спектра (525 нм), на первом этапе лечения открытых ран обеспечивало увеличение количество лейкоцитов в зоне раневого процесса в 6-10 раз и сокращало, тем самым, сроки очищения ран на 2-3 дня. Использование в дальнейшем фотонных матриц со светодиодами, излучающими в красном диапазоне спектра (660 нм), обеспечивало увеличение скорости заживления ран за счет интенсификации регенеративных процессов.

Фотонные матрицы со светодиодами, излучающими в фиолетовой области спектра (405 нм), использовались для проведения ФДТ, поскольку спектральная полоса их излучения совпадает с самой интенсивной полосой поглощения (полосой Соре) фотосенсибилизатора димегина.

Во всех фотонных матрицах, используемых в работе, мощность излучения каждого светодиода находилась в пределах 1,5-2,5 мВт, а полоса излучения по уровню 0,5 от максимальной интенсивности находилась в пределах 25-35 нм.

Светодиоды на фотонных матрицах располагались эквидистантно с шагом 20 мм или

40 мм, в зависимости от размеров самих матриц. В работе использовались гибкие матрицы размерами: 200х430 мм и 500х650 мм, а также двухсекционные стационарные камеры размером 440х420х510 мм.

ФТ выполнялась с первых суток поступления в стационар. В зависимости от превалирования патологических изменений использовали различные комбинации матриц: при выраженном гнойно-некротическом процессе лечение начинали с облучения красным светом (рис. 6) с последующим переходом на синий и/или зеленый свет. При выраженном отеке конечности и перифокальном воспалении сначала использовали синий и/или фиолетовый свет с последующим переходом на зеленый (рис. 7) или красный свет. Время воздействия – 20 минут на сеанс. Курс ФТ составлял от 7 до 14 суток.

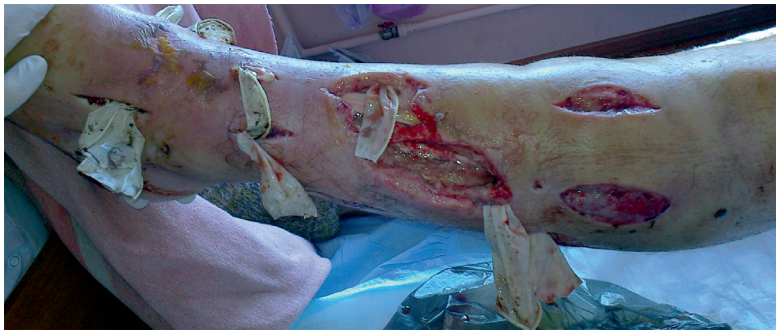


Рис. 5. Эпи- и субфасциальная флегмона стопы и голени

У трех пострадавших применялась ФДТ. Показанием к использованию ФДТ у этих пострадавших явилось наличие полирезистентной раневой микробной флоры и, соответственно, невозможность проведения адекватной антибактериальной терапии. Обоснованием к применению ФДТ у пострадавших явились результаты бактериологического посева раневого отделяемого с определением чувствительности выделенной микробной флоры. При этом у двух пациентов ФДТ применена с третьих послеоперационных суток, еще у одного – с седьмых.

В качестве фотосенсибилизатора нами использован димегин, являющийся производным протопорфирина IX. Этот препарат характеризуется длительной элиминацией из организма, что удлиняет его бактерицидный эффект в ране. Однако выраженная кожная фототоксичность димегина требует его осторожного применения и предотвращения попадания на неповрежденные ткани.

ФДТ включала обработку раны водным раствором димегина с концентрацией 0,35%. Димегин был выбран в качестве фотосенсибилизатора потому, что он имеет несколько полос поглощения в видимой области, и это делает его наиболее универсальным веществом для использования в фотонных технологиях. Салфетка, смоченная раствором димегина, накладывалась на рану и закрывалась светонепроницаемым материалом. Через 20 минут салфетку убирали и проводили облучение раны в течение 15-20 минут фотонными матрицами Коробова «Барва-Флекс» с длинами волн излучения светодиодов 470 нм и 405 нм, что соответствовало синему и фиолетовому свету, и размерами матриц, соответствующими площади ран. При этом излучение с длиной волны 405 нм попадало в полосу Соре – самую интенсивную полосу поглощения димегина. Для проведения сеансов антибактериальной ФДТ использовались гибкие фотонные матрицы размером 180х400 мм.

Сеансы ФДТ проводились ежедневно до полного очищения раны. У двух пациентов продолжительность ФДТ составила 5 суток, у одного – 10 суток.

Микробиологические исследования выполнялись в соответствии с рекомендациями, приведенными в руководстве Биргера М.О. [2].

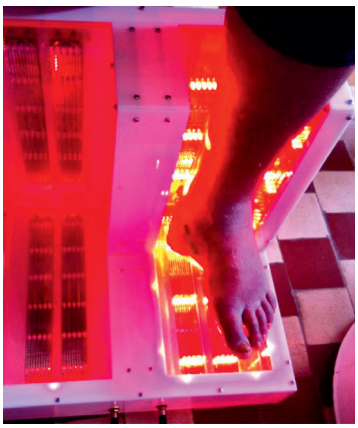


Рис. 6. Облучение красным светом

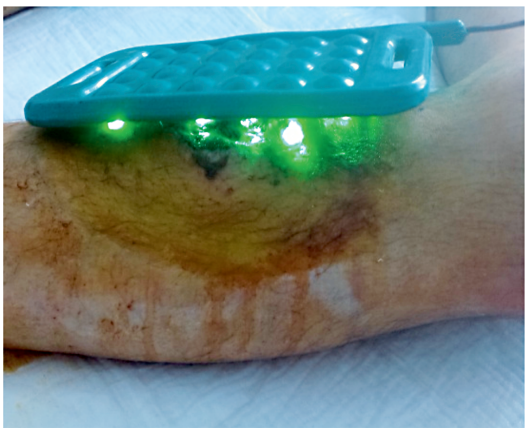


Рис. 7. Облучение зеленым светом

Определение площади поверхности ран выполняли следующим образом: на область раневого дефекта накладывали линейку с минимальной

шкалой в 1 мм и фотографировали с помощью цифрового фотоаппарата Nikon D3200, разрешение изображений, которые получили, составило



Рис 8. Гнойно-некротическая рана стопы. Рана обработана фотосенсибилизатором

1920x1080. При помощи программы морфометрии «SEO Image Lab 2.0» (г. Сумы, Украина) проводили расчет общей площади дефекта, относительной площади некроза, грануляционной ткани и эпителизации.

Скорость заживления ран оценивалась путем расчета величины относительного заживления ран (V), приведенной в Руководстве М.И. Кузина и соавт. [12], которая определялась по формуле $V=S_0-S_t/S_0$, где S_0 – начальная площадь раны в день t.

Исследование белковых фракций сывороточных белков выполняли с помощью электрофореза в полиакриламидном геле (ПААГе) М.В 6000. Треки электрофореграмм обрабатывали с помощью автоматизированной компьютерной программы ImagG, позволяющей качественно и количественно оценить наличие и соотношение патернов белков сыворотки крови.

Результаты.

Сроки лечения зависели от состояния ран. На фоне проводимого лечения к 2-3-м суткам уменьшался перифокальный отек, к 5-7-м суткам существенно улучшались качество грануляций и степень эпителизации ран. Площадь поверхности ран до начала лечения составила в среднем 391,3± 100,42 см2, к 5-7-м суткам – 364,7±44,21 и к 10-12-м суткам лечения – 63,95±20,2 см2 ($p<0,01$) (рис.9). Скорость заживления ран к 5-7-м суткам лечения составила 1,58±0,44%, к 10-12-м суткам – 4,72±0,63% ($p<0,01$) (рис.10).

Результаты микробиологического исследования раневого отделяемого пострадавших, представленные в таблице 3, свидетельствуют о наличии у пострадавших до начала лечения бактериальной контаминации с преобладанием условно-патогенной грамположительной микробной флоры, которая выделялась в основном (84,3%) в монокультуре.

Таблица 3

Результаты микробиологического исследования ран в динамике

Вид микроорганизмов	Число пациентов		
	До лечения	5-7-е сутки	10-12-е сутки
St. aureus	3	-	-
St. haemolit.	2	-	-
Ps. aeruginosa	2	1	-
E. coli	1	-	-
Enterococcus spp.	1	-	-
Acinetobacter spp.	2	1	-
Enterobacter spp.	1	-	-

В ходе проводимого лечения на 5-7-е сутки у 80% пострадавших удалось достигнуть эрадикации раневой микробной флоры, а к 10-12-м

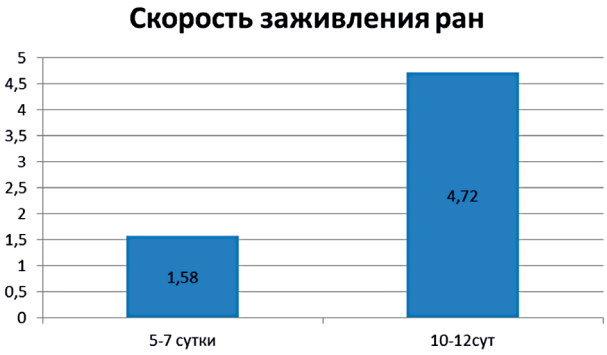


Рис. 9. Площадь поверхности ран на фоне лечения

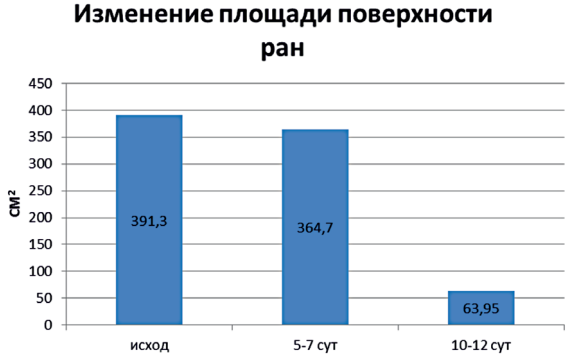


Рис. 10. Скорость заживления ран на фоне лечения

Таблица 4.

Результаты определения чувствительности раневой микробной флоры к различным антибактериальным препаратам, идентифицированной у пострадавших до начала лечения

Лекарственный препарат	Область торможения роста, мм				
	St. aureus	St. haemolit.	Ps. aeruginosa	E. coli	Acinetobacter spp
Оксациллин	0	0	0	0	0
Левомицетин	0	0	0	0	0
Далацин	0	18,1±	0	0	0
Гентамицин	0	0	0	0	0
Амикацин	0	0	16,2±	18,8±	0
Цефазолин	0	0	0	0	0
Офлоксацин	0	0	0	0	0
Сульбактомакс	21,3±	0	0	0	18,8±
Цефоперазон	0	0		0	0
Цефалексин	0	0	0	0	0
Цефтазидим	0	0	0	0	0
Цефепим	18,8±	0	8,7±	0	0
Полимиксин	0	0	0	0	0
Меронем	0	20,8±	14,4±	16,7±	20,8±
Имипенем	0	16,2±	16,7±	15,6±	10,7±
Эртапенем	0	0	18,6±	19,8±	0
Ванкомицин	20,8±	0	0	0	0
Линезолид	20,2±	20,1±	0	0	0
Тигацил	22,6±	20,5±	0	20,8±	0

суткам после начала лечения эрадикация отмечалась у всех пациентов.

Чувствительность раневой микробной флоры к различным антибактериальным препаратам, идентифицированной у пострадавших, была определена до начала лечения (табл. 4) и на 5-7-е сутки от начала лечения (табл. 5).

Приведенные в таблице 5 данные свидетельствуют о том, что на 5-7-е сутки после начала лечения у 1 больного при микробиологическом исследовании раневого отделяемого идентифицирована *Ps. aeruginosa*, у 1 – *Acinetobacter spp.* При этом отмечено появление чувствительности возбудителей к антибиотикам, к которым до начала лечения возбудители были резистентны (у *Ps. aeruginosa* – к офлоксацину, цефтазидиму, полимиксину; у *Acinetobacter spp*. – к сульбактомаксу).

Закрытие ран считали возможным только

Таблица 5.

Результаты определения чувствительности раневой микробной флоры к различным антибактериальным препаратам у пострадавших на 5-7-е сутки от начала лечения

Лекарственный препарат	Область торможения роста, мм				
	St. aureus	St. haemolit.	Ps. aeruginosa	E. coli	Acinetobacter spp
Ампициллин	-	-	0	-	0
Левомицетин	-	-	0	-	0
Далацин	-	-	0	-	0
Гентамицин	-	-	0	-	0
Амикацин	-	-	20,9±	-	16,8±
Цефазолин	-	-	0	-	0
Офлоксацин	-	-	16,81,5	-	0
Цефотаксим	-	-	0	-	0
Цефоперазон	-	-	0	-	0
Сульбактомакс	-	-	0	-	20,7±
Цефтазидим	-	-	25,8±	-	0
Цефепим	-	-	8,7±	-	0
Полимиксин	-	-	18,2±	-	0
Имипенем	-	-	16,7±	-	10,7±
Меропенем	-	-	14,4±	-	20,8±
Эртапенем	-	-	18,6±	-	0
Ванкомицин	-	-	0	-	0
Линезолид	-	-	0	-	0
Тигацил	-	-	0	-	20,8±



Рис. 11. Ксенотрансплантация кожи



Рис. 12. Этапы кожной пластики

при условии их очищения, отсутствии признаков перифокального воспаления, адекватности сопоставления краев раны. Трем пострадавшим выполнены аутодермопластики, двум – ксенотрансплантация свиной кожи (рис. 11), двум – вторичные швы (рис. 12).

Результаты анализа электрофореграмм патернов сывороточных белков, содержащих низкомолекулярные преальбуминовые фракции ингибиторных и адаптерных белков показали, что на стадии регенерации низкомолекулярные адаптерные белки и ингибиторы деструкции коллагена способствуют заживлению раны без образования выраженных келоидных рубцов, что особенно важно при локализации повреждений в области суставов (рис. 13).

Обсуждение.

Хирургическое лечение и реабилитация пострадавших с минно-взрывными и осколочными ранениями конечностей представляет собой достаточно сложную и окончательно не решенную проблему. С одной стороны, тяжелый характер повреждений, наличие множественных, сочетанных и комбинированных травм, а с другой – трудности в своевременной эвакуации и микробная контаминация ран, присоединение госпитальной флоры приводят к высокому проценту как ранних, так и поздних ампутаций. Сопутствующая сосудистая травма усугубляет тяжесть течения посттравматического периода, а развивающийся ишемически-реперфузионный синдром даже при своевременной хирургической коррекции повреждений значительно удлиняет сроки заживления ран. Так, в работе Родивилова Б.Б. показано, что при традиционном лечении минно-взрывных и осколочных ранений без повреждения сосудов средние сроки заживления ран составили 14-17 суток [16]. В работе коллектива авторов [20] показана существенная роль группы «проблемных» мультирезистентных организмов «ESKAPE» в развитии раневых осложнений при минно-взрывной травме. В других работах показана возможность использования антибактериальной ФДТ для лечения антибиотикорезистентных инфекций, в частности, использования синего света после фотомодификации ран при боевой травме [18,19]. Улучшение кровотока в тканях, повышение иммунореактивности тканей, противовоспалительный и противоотечный эффекты показаны в работе А.М. Коробова и соавт. [11], что также подтверждается результатами наших исследований.

Необходимо отметить, что при микробном повреждении тканей происходит индукция антигенспецифических реакций в ответ на эндотоксины и компоненты мембраны, которые высвобождаются при разрушении микроорганизма.

В инфицированных ранах при воспалении происходит взаимодействие антигенов и антител в межклеточном матриксе. Антигенами являются образующиеся при воспалении фрагменты коллагена, фибриногена и иммунные комплексы. В очагах повреждения также высвобождаются гидролитические ферменты и метаболиты арахидоновой кислоты (простагландины), возрастает инфильтрация лимфоцитами, макрофагами. Функция антигенпрезентирующих макрофагов сопровождается бурным окислительным метаболизмом, который происходит с образованием свободных кислородных радикалов. Миграция макрофагов в очаг воспаления приводит к высвобождению металлопротеиназ (МПП).

В индукции развития и ингибирования воспалительных реакций участвуют цитокины и низкомолекулярные адаптерные белки. Важнейшим активатором деструкции ткани является ИЛ-1 и МПП. Металлопротеиназы участвуют в ремоделировании межклеточного матрикса.

На рисунке 14 представлены основные компоненты клеточного и межклеточного метаболизма, которые участвуют в деградации и ремоделировании, а также процессах регенерации соединитель-

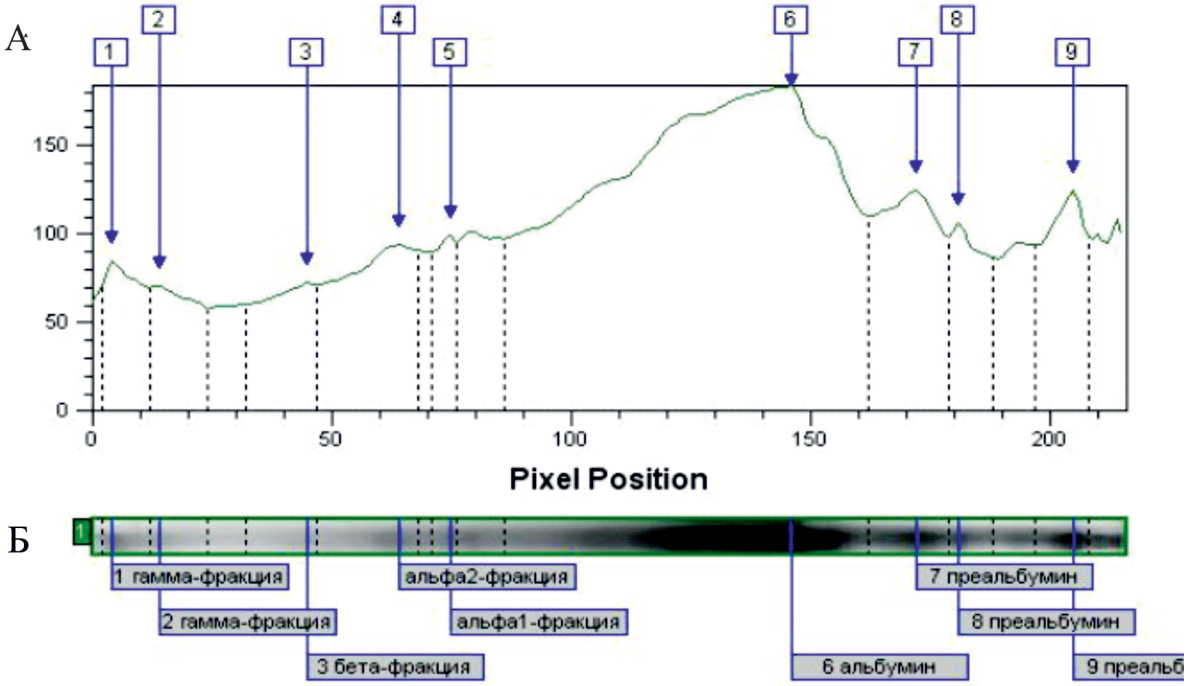


Рис. 13. А - Результаты электрофореза сывороточных белков в полиакриламидном геле (ПААГ) пострадавшего С., 36 л.
Б – электрофореграмма белков, на которой видны дополнительные преальбуминовые фракции регуляторных адаптерных белков того же пострадавшего

ной ткани. Под действием цитокинов и факторов роста макрофаги и фибробласты в соединительной ткани продуцируют протеолитические ферменты (МПП), которые влияют на миграцию, деградацию, мобилизацию факторов роста и ангиогенез.

При этом ФТ индуцирует синтез белков (тенасцин TN-C и тромбоспондин TSP-2), которые являются ингибиторами металлопротеиназ и предотвращают избыточную деструкцию, а также пролиферацию соединительнотканных клеток.

Использование комплексного лечения пострадавших, включавшего ангиохирургическую коррекцию сосудистых повреждений минно-взрывных и осколочных повреждений конечности на этапе оказания специализированной помощи наряду с применением ФТ и ФДТ позволяет

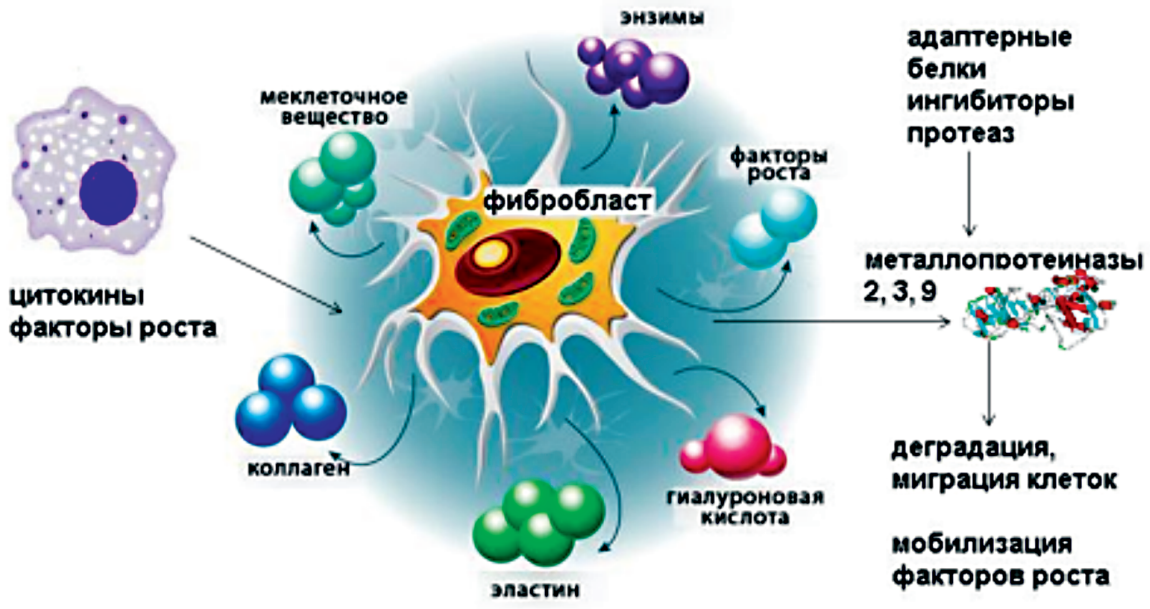


Рис.14. Взаимодействие клеточных факторов и медиаторов, участвующих в воспалении, повреждении тканей и клеточном метаболизме, обеспечивающих регенерацию и ремоделирование межклеточного матрикса в соединительной ткани

ускорить темпы заживления ран, сократить сроки их очищения, что дает возможность подготовить раны к закрытию, и соответственно, сократить сроки заживления ран на 21,4%.

Выводы

1. Применение ФТ и ФДТ для лечения пострадавших с минно-взрывными травмами конечностей и повреждениями магистральных артерий позволили добиться сокращения сроков очищения ран за счет выраженного антибактериального действия, противоотечного и противовоспалительного эффектов облучения.

2. Восстановления кровотока с помощью ФТ позволяет ускорить темпы заживления ран благодаря улучшению микроциркуляции в поврежденной конечности. Это особенно важно при повреждении магистральных сосудов и развитии ишемически-реперфузионного синдрома.

3. Антибактериальный эффект ФДТ снижает риск несостоятельности сосудистого анастомоза и развития аррозивного кровотечения, что существенно влияет на летальность и количество вторичных ампутаций.

4. Использование в комплексном лечении фототерапии позволяет формировать более мягкий рубец за счет стимуляции выработки белков-ингибиторов металлопротеиназ, которые предотвращают избыточную деструкцию, а также пролиферацию соединительнотканных клеток

5. Применение разработанного подхода рекомендовано у пациентов с мультирезистентной раневой микробной флорой, особенно проблемной группы «ESKAPE».

Литература

1. Белый В.Я. Очерки хирургии боевой травмы живота / В.Я. Белый, Я.Л. Заруцкий, А.И. Желтоножко, С.А.Асланян - Киев, 2016. - 211 с.

2. Биргер М.О. Справочник по микробиологическим и вирусологическим методам исследования / Биргер М.О. – М.: Медицина, 1967. – 267 с.

3. Бойко В.В. Политравма: Руководство для врачей. В 2-х томах / В.В.Бойко, П.Н.Замятин.- Харьков: Фактор, 2011.- 859 с.

4. Бойко В.В. Политравма: Руководство для врачей. В 4-х томах / В.В.Бойко, П.Н.Замятин.- Харьков-Черновцы, 2009.- 1267 с.

5. Быков И.О. Организационные аспекты медицинского обеспечения войск в локальных вооруженных конфликтах / И.О.Быков, В.И.Хрупкий, И.А.Зубков // Медицина катастроф.- 2000.- №4.- С.25-32.

6. Военно-полевая хирургия: Учебник / Под ред. Е.К.Гуманенко.- 2-е издание.- ГЭОТАР-Медиа, 2008.- 768 с.

7. Военно-полевая хирургия: Учебник / Под ред. Н.А.Ефименко.- М.: Медицина, 2002.- 528 с.

8. Генина Э.А. Методы биофотоники: Фототерапия. – Саратов: Новый ветер, 2012. – 119 с.: ил.

9. Грицанов А.И. Взрывные поражения мирного и военного времени - общемедицинская проблема / А.И.Грицанов, В.М.Шаповалов // Актуальные проблемы современной тяжелой травмы: Тезисы докладов Всероссийской научой конференции.- СПб., 2001.- С.34-35.

10. Гуманенко Е.К. Тенденции развития военно-полевой хирургии в вооруженных конфликтах второй половины XX века / Е.К.Гуманенко, И.М.Самохвалов, А.А.Трусов // Военно-медицинский журнал.- 2001.- Т.322, №10.- С.15-22.

11. Коробов А.М. Фототерапевтичні апарати Коробова А. – Коробова В. серії «Барва». / А.М.Коробов, В.А. Коробов, Т.О.Лісна – Харків: 2015. – 186 с.

12. Кузин М.И. Раны и раневая инфекция: Руководство для врачей. Издание второе, переработанное и дополненное / М.И. Кузин, Б.М. Костюченко - М.: Медицина, 1990. – 592 с.

13. Кукуруз Я.С. Вогнепальні поранення магістральних судин кінцівок / Я.С. Кукуруз, В.В. Гачковський, В.М. Роговський // Збірник наукових праць ІІ-ї всеукраїнської науково-практичної конференції з міжнародною участю “Політравма – сучасна концепція надання медичної допомоги” . Київ, 2015.- С. 98-101.

14. Миннулин И.П. Лечение огнестрельных взрывных ранений / И.П.Миннулин, Д.М.Суровикин.- СПб., 2001.- 198 с.

15. Нечаев Э.А. Взрывные поражения: Руководство для врачей и студентов / Под ред. Э.А.Нечаева / Э.А.Нечаев, А.И.Грицанов, И.П.Миннулин и др.- СПб.: Фолиант, 2002.- 656 с.

16. Родивилов Б. Б. Применение аллогенных фибробластов в комплексном лечении огнестрельных ран : автореф. дис. на соискание учен. степени канд. мед. Наук : спец. 14.00.27 «Хирургия» / Б.Б. Родилов. – М., 2007. - 19 с.

17. Фотодинамическая терапия в лечении огнестрельных ран мягких тканей / Ф.Е. Шин, П.И. Толстых, И.Ю. Кулешов [и др.] // Российский биотерапевтический журнал. – 2007. – Т.7, №4. – С. 16-19.

18. Antibacterial photodynamic therapy: overview of a promising approach to fight antibiotic-resistant bacterial infections / Yao Liu , Rong Qin , Sebastian A. J. Zaat [et al.] // Journal of Clinical and Translational Research. – 2015. – №1(3). – P. 140-167.

19. Antimicrobial Blue Light Therapy for Multidrug-Resistant Acinetobacter baumannii Infection in a Mouse Burn Model: Implications for Prophylaxisand Treatment of Combat-related Wound Infections / Yunsong Zhang, Yingbo Zhu, Asheesh Gupta [et al.] // The Journal of Infectious Diseases. – 2014. - №209. – P.1963–1971.

20. Cole MR. Recycling antibiotics into gumbos: A new combination strategy to combat multi-drugresistant bacteria / Cole MR, Hobden JA, Warner IM. // Molecules. – 2015. –№20. – P. 6466-6487.

THE EXPERIENCE OF USING OF PHOTODYNAMIC THERAPY IN COMPLEX TREATMENT OF INJURED WITH PURULENT COMPLICATIONS OF GREAT VESSELS DAMAGES DUE TO MINE-BLAST AND SHRAPNEL WOUNDS

Ivanova Yu.V., Prasol V.A. Mushenko E.V., Klimova E.M.
GI "V.T. Zaycev Institute of General and Urgent Surgery of NAMS of Ukraine"

Introduction. *Gunshot and mine-blast traumas are characterized with large size of wound squares and significant damage of tissues. Purulent complications of gunshot wounds occur in 25% of injured and lead to higher mortality. The damages of great vessels of limbs were diagnosed in 208 injured (1.6%) during military conflict in Eastern Ukraine. Purulent complications occurred in 30% of injured. The main components of preventing of wound infection spreading are surgical debridement of wounds and antibacterial therapy. The increasing multidrug antibiotic resistance of wound microflora is observed during last years. The research of methods of nonmedical ways of fighting with wound infection contagiums seems to be very actual. Phototherapy and photodynamic therapy are one of them.*

The ***goal*** *of research. To improve the results of treatment of purulent complications in injured with great vessels damages be mean of using of rational surgical tactics and using such methods of physical treatment as phototherapy and photodynamic therapy in complex treatment of wounded.*

Materials and methods. *The research is based on analysis of results of treatment of 9 patients with mine-blast, gunshot and shrapnel injures and great vessels damages of limbs, that were treated in GI "V.T. Zaycev Institute of General and Urgent Surgery of NAMS of Ukraine". Specialized angiosurgical treatment, phototherapy and photodynamic therapy were used for complex treatment. Korobov's photonic matrixes "Barva-flex" with wave lengths 660 nm, 470 nm, 525 nm and 405 nm were used for treatment of injured. Dimegin was used for photosensibilization. Phototherapy was used for treatment of all wounded, while photodynamic therapy was used in 3 patients with multidrug resistant wound microflora.*

Results*. The terms of treatment depended on wound condition. The decreasing of perifocal edema was observed to 2-3day after onset of suggested treatment, while the quality of granulations and stage of epithelisation were improved significantly to 5-7 day. The square of wound's surface was 391,3100,42 sm^2 on the average before treatment and decreased to 63,95± 100,42 sm2 on the average before treatment and decreased to 63,95±20,2 sm2 to 10-12 days from onset of treatment ($p<0,01$). The speed of wound healing was 1,58±0,44 on 5-7 day from onset of treatment and 4,72±0,63 to 10-12 day ($p<0,01$) The results of bacterial examination showed the decreasing of antibiotic resistance of pathogenic microflora when phototherapy was used. Significant bactericidal effect of photodynamic therapy was also established.*

Discussion. *The average terms of wound healing in injured without great vessels damage were 14-17 days if traditional treatment was used. The possibility of using of photodynamic therapy for antibiotic resistant infections and blue light irradiation of wounds after photomodification in patients with combat trauma were shown by domestic and foreign authors. The using of suggested approach allowed to increase the time of wound healing, to decrease wound cleaning, the allows to prepare wound for closing, and to decrease the terms of wound healing on 21,4%, respectively.*

Conclusion. *The antibacterial effect of photodynamic therapy decreases risk of vessel anastomosis' incompetence and arrosive bleeding appearance, that influence significantly on mortality and quantity of secondary amputations. The using of suggested approach is recommended in injured with multidrug resistant wound microflora, especially if problem group "ESKAPE" is present.*

Keywords: *mine-blast trauma, vessels injury, surgical treatment, wound infection, phototherapy, photodynamic therapy.*

ДОСВІД ВИКОРИСТАННЯ ФОТОДИНАМІЧНОЇ ТЕРАПІЇ У КОМПЛЕКСІ ЛІКУВАННЯ ПОСТРАЖДАЛИХ З МІННО-ВИБУХОВИМИ ТА ОСКОЛКОВИМИ ПОРАНЕННЯМИ ПРИ ІНФЕКЦІЙНИХ УСКЛАДНЕННЯХ ПОШКОДЖЕНЬ МАГІСТРАЛЬНИХ СУДИН

Іванова Ю.В., Прасол В.О., Мушенко Є.В., Клімова О.М.
ДУ «Інститут загальної та невідкладної хірургії ім. В.Т. Зайцева НАМН України»

Вступ. *Вогнепальні та мінно-вибухові травми характеризуються поширеністю площі ран та значним ураженням тканин. Інфекційні ускладнення мінно-вибухових поранень зустрічаються у 25%*

постраждалих та стають частою причиною смерті останніх. За час АТО на сході України у 208 поранених (1,6%) були діагностовано поранення магістральних судин кінцівок. При цьому інфекційні ускладнення виникли у 30% постраждалих. Хірургічна обробка ран та антибактеріальна терапія є основними компонентами генералізації ранової інфекції. Разом з тим, останні роки ознаменувалися постійним зростанням антибіотикорезистентності ранової мікрофлори. У зв'язку з цим особливу актуальність здобуває пошук методів немедикаментозної боротьби зі збудниками ранової інфекції, одними з яких є фототерапія та фотодинамічна терапія.

Мета роботи. *Поліпшення результатів лікування гнійних ускладнень у поранених з пошкодженням магістральних судин кінцівок шляхом застосування раціональної хірургічної тактики, а також використання у комплексі лікування постраждалих фізичних методів впливу на вогнища ураження, зокрема фототерапії та фотодинамічної терапії.*

Матеріали та методи. *Робота базується на оцінці результатів лікування 9 постраждалих з мінно-вибуховими, вогнепальними та осколковими пораненнями з ушкодженнями магістральних судин кінцівок, що знаходились на лікуванні у ДУ «Інститут загальної та невідкладної хірургії імені В.Т. Зайцева НАМН України». У комплексі лікування хворих, крім надання спеціалізованої хірургічної допомоги, були використані фототерапія та фотодинамічна терапія. Для лікування постраждалих були використані фотонні матриці Коробова «Барва-Флекс» з довжиною хвилі 660нм, 470 нм, 525 нм та 405 нм. У якості фотосенсибілізатора використовували димегін. Фототерапія у процесі лікування використана у всіх постраждавших, фотодинамічна терапія – у 3 постраждалих, у було виявлено полірезистентну ранову мікрофлору.*

Результати. *Терміни лікування залежали від стану ран. У результаті лікування, що проводилось, до 2-3 доби зменшувався періфокальний набряк, а до 5-7 доби – значно поліпшувалась якість грануляцій та ступінь епітелізації ран. Площа поверхні ран до початку лікування дорівнювала у середньому 391,3±100,42 см2, а до 10-12 доби лікування - 63,95±20,2 см2 ($p<0,01$). Швидкість загоєння ран до 5-7 доби лікування склала 1,58±0,44, а до 10-12 доби - 4,72±0,63 ($p<0,01$). Результати бактеріального дослідження виявили зниження антибіотикорезистентності патогенної мікрофлори на тлі використання фототерапії, а також суттєвий бактерицидний ефект фотодинамічної терапії.*

Обговорення. *При традиційному лікуванні мінно-вибухових та осколкових поранень без ушкодження судин середні терміни загоєння ран склали 14-17 діб. У роботах вітчизняних та закордонних авторів показано можливість використання антибактеріальної фотодинамічної терапії для лікування антибіотикорезистентних інфекцій, зокрема використання синього світла після фотомодифікації ран при бойовій травмі. Використання запропонованого підходу дозволило пришвидшити темпи загоєння ран, зменшити терміни очищення ран, що дозволяє підготувати рани до закриття,та зменшити терміни загоєння ран на 21,4%, відповідно.*

Висновки. *Антибактеріальний ефект фотодинамічної терапії зменшує ризик неспроможності судинного анастомозу та розвитку арозивної кровотечі, що суттєво впливає на летальність та кількість вторинних ампутацій. Використання розробленого підхода рекомендовано у пацієнтів з мультирезистентною мікрофлорою, особливо проблемної групи «ESKAPE».*

Ключові слова: *мінно-вибухова травма, поранення судин, хірургічне лікування, ранова інфекція, фототерапія, фотодинамічна терапія.*

РЕДАКЦІЙНА СТАТТЯ

КЛІНІЧНА ФОТОМЕДИЦИНА

ФОТОБІОЛОГІЯ ТА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ФОТОМЕДИЦИНА

ФІЗИКО-ТЕХНІЧНІ ОСНОВИ ФОТОБІОЛОГІЇ ТА ФОТОМЕДИЦИНИ

КОРОТКІ ПОВІДОМЛЕННЯ

РЕФЕРАТИ ПУБЛІКАЦІЙ З ФОТОМЕДИЦИНИ

Кизилова Н.Н., Коробов А.М.
МЕХАНИЗМЫ ВЛИЯНИЯ НИЗКОИНТЕНСИВНОГО ОПТИЧЕСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ НА СИСТЕМУ МИКРОЦИРКУЛЯЦИИ (ОБЗОР)

Цибулін О.С., Якименко І.Л., Сидорик Є.П.
ЗАХИСНИЙ ЕФЕКТ КВАЗІМОНОХРОМАТИЧНОГО ЧЕРВОНОГО СВІТЛА ВІД ОКСИДАТИВНОЇ ДІЇ НАДВИСОКОЧАСТОТНОГО ЕЛЕКТРОМАГНІТНОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ

УДК 615.831

МЕХАНИЗМЫ ВЛИЯНИЯ НИЗКОИНТЕНСИВНОГО ОПТИЧЕСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ НА СИСТЕМУ МИКРОЦИРКУЛЯЦИИ (ОБЗОР)

Кизилова Н.Н., Коробов А.М.

НИ лаборатория квантовой биологии
и квантовой медицины ХНУ имени В.Н.Каразина,
майдан Свободы, 6, Харьков, 61022, Украина,
тел.: +38(067)731-14-31, тел./факс: +38(057)707-51-91
e-mail: amkorobov@i.ua

В работе представлен обзор эффектов и механизмов действия низкоинтенсивного оптического излучения лазеров и светодиодов на молекулярном, клеточном, тканевом и организменном уровнях.

Известно, что все процессы, протекающие в живых организмах на любом уровне их организации связаны с переносом и превращением энергии. Причем, в абсолютном большинстве этих процессов первичным источником энергии является свет. Действие оптического излучения на растения и животных многообразны и связаны с соответствующими специфическими светочувствительными молекулами, изменением их конформации и физиологической активности, что приводит к изменению метаболизма на клеточном уровне. Действие света связано также с метаболическими сигнальными сетями, которые вызывают реакцию на уровне ткани и организма в целом.

В настоящее время оптическое излучение широко используется в традиционной медицине в качестве составляющей комплекса лечебных и реабилитационных мероприятий, в физиотерапии и в ветеринарии, в частности, при лечении инфекционных заболеваний, болезней кожи, сухожилий, связок, суставов, пролежней, заболеваний дыхательных путей, постраневых процессов, нарушений роста и развития, в лечении гипербилирубинемии. В последнее время огромное внимание уделяется терапевтическому использованию неразрушающего и нетоксичного НИОИ лазеров (low level energy lasers, LLEL) и светодиодов (light-emitting diodes, LED).

Низкоинтенсивное оптическое излучение (НИОИ) ускоряет заживление ран, оказывает противовоспалительное и болеутоляющее действие, в том числе в качестве постоперативного анальгетика, оказывает защитное действие на клетки, препятствует их гибели от цитотоксических факторов. Интенсификация системы микроциркуляции под действием оптического излучения может являться ключевым механизмом заживления ран и уменьшения боли. Цитопротекторное действие НИОИ разных длин волн и доз на клетки в культуре было показано в целом ряде работ, в том числе на клетки, обработанные ядами: цианидом, тетродотоксином, ротеноном и MPP+. Цитопротекторное действие НИОИ и снижение апоптоза было зафиксировано в нейронах, обработанных бета-амилоидами.

В последние годы возрастает интерес к терапевтическому использованию неповреждающих неинвазивных методов, практически не имеющих негативного последействия и противопоказаний, к числу которых относится излучение светодиодов (LED). В этом случае механизмы действия фотонов связывают с клеточными и субклеточными рецепторами, фотоиндуцированное увеличение или снижение активности которых приводит к каскаду реакций на клеточном и тканевом, а затем и на организменном уровне

Можно выделить следующие установленные механизмы действия НИОИ на тканевом уровне:

1) Фотохимические – энергия оптического излучения поглощается светочувствительными молекулами, а затем передается на молекулярном уровне другим молекулам и молекулярным структурам, которые участвуют в сигнализации и регуляции метаболических процессов. Наибольший эффект для каждой светочувствительной молекулы оказывает облучение с диапазоном волн, соответствующих максимуму ее поглощения.

2) Фототермические – светоиндуцированная гиперемия тканей (light-induced hyperthermia), термические динамические реакции (thermic dynamic reactions), а при больших интенсивностях – светоиндуцированное испарение (photovaporisation), избирательный термолизис (selective

© Кизилова Н.Н., Коробов А.М., 2016

photothermolysis), коагуляция (light-induced coagulation) и слияние тканей (tissue fusion).

3) Фотомеханические – химическая и термическая абляция (chemical and thermal photoablation), фрагментация (photofragmentation) и разрушение (photodisruption).

4) Фотофизические – пироэлектрический эффект (pyroelectricity)

Выбор оптимального спектрального диапазона, оптимальной дозы и режима облучения является одним из самых важных вопросов низкоинтенсивной фототерапии. В настоящее время объективной информации о механизмах, закономерностях и результатах воздействия НИОИ на ткани и клетки недостаточно для разработки и внедрения конкретных (строго регламентированных) клинических методик, поэтому фототерапия проводится в дополнение к стандартным терапевтическим и реабилитационным мероприятиям.

В статье также подробно описано распространение оптического излучения в биологических тканях как анизотропных многослойных материалах на примере математических моделей.

Ключевые слова: *система микроциркуляции крови, низкоинтенсивное оптическое излучение, эффекты и механизмы действия, математические модели.*

Введение

Все процессы, протекающие в живых организмах на любом уровне их организации – молекулярном, клеточном, тканевом, организменном, – связаны с переносом и превращением энергии. Причем, в абсолютном большинстве этих процессов первичным источником энергии является свет. Живые организмы используют энергию фотонов как для создания вещества, получения информации об окружающей среде, так и для формирования сигналов управления их поведением.

Так, в процессе фотосинтеза световая энергия используется растениями и фотосинтезирующими бактериями для образования органических веществ из углекислого газа и воды с помощью светочувствительных веществ – хлорофилла, бактериохлорофилла и каротиноидов [29].

Витамин D_3 (холекальциферол) синтезируется в коже человека под действием ультрафиолетовых (УФ) лучей. Под действием УФ излучения в коже активируется синтез меланина и серотонина и угнетается синтез протеогликанов, гиалуроновой кислоты и церамидов – веществ, предохраняющих кожу от трансэпидермальной потери воды и способствующих удержанию влаги.

Инфракрасное (ИК) излучение стимулирует образование биологически активных веществ – гистамина, ацетилхолина, брадикинина, которые, в том числе, регулируют скорость кровотока.

Главным информационным каналом у животных и человека, безусловно, являются органы зрения. В зрительном аппарате человека и животных энергия поглощенных фотонов видимого диапазона спектра преобразуется в сигналы, поставляющие в головной мозг информацию об окружаюшей среде.

Кроме этого, в коже, слизистых оболочках, гипоталамусе и спинном мозге имеются терморецепторы, чувствительные к ИК излучению (терморецепторы в спинном мозге реагируют на увеличение температуры протекающей крови). Терморецепторы передают импульсы по афферентным путям в центры терморегуляции в гипоталамусе, откуда сигналы возвращаются по эфферентным путям и расширяют кровеносные сосуды, увеличивают кровоток и интенсивность микроциркуляции, потоотделение и теплоперенос.

Растения также обладают фоторецепторными системами, которые отслеживают освещенность и непрерывно приспосабливают свои светозависимые физиологические процессы, в том числе рост и развитие, к световым условиям [69].

Поглощение световой энергии вызывает изменение конформации фоторецептора и изменение его активности (биохимических и биофизических свойств). В настоящее время известно более 20 белков, взаимодействующих с фоторецепторами, которые могут передавать сигнал и вызывать реакции на клеточном и тканевом уровне [54], однако в деталях механизмы передачи фоторецепторами светового сигнала неизвестны [31]. Механизмы взаимоотношения фоторецепторов разных классов также неизвестны. Наличие киназных доменов в фоторецепторных белках позволяет предполагать участие фосфорилирования в реакции на оптическое излучение. У Arabidopsis, помимо трех основных типов фоторецепторов, были обнаружены фоторецепторы синего света ZTL, FKF1 и LKP2, которые, возможно, участвуют в регуляции суточных ритмов и фотопериодичности цветения, контролируя зависимую от синего света деградацию белков [41, 72]. Интенсивное освещение вызывает у растений экспрессию генов, набор которых во многом является общим с набором генов, экспрессия которых наблюдается при водном стрессе [31], поэтому реакция растений на световой стресс может частично заключаться в общей реакции на стресс, а частично – со специфически фотоиндуцированным действием.

Непосредственно на свет могут реагировать и хроматофоры – специализированные пигмент-

содержащие и светоотражающие клетки покровных тканей, обеспечивающие терморегуляцию и маскирующую защитную окраску животного. Такие клетки имеются у земноводных, рыб, рептилий, ракообразных и головоногих [29].

Также к информационным фотобиологическим процессам можно отнести фототаксис, фотокинез, фототропизм и фотоморфогенез.

Особое положение в фотобиологических процессах занимают фотореактивация, фотопротекция и фотодинамический эффект.

Таким образом, действия оптического излучения на растения и животных многообразны и связаны с соответствующими специфическими светочувствительными молекулами, изменением их конформации и физиологической активности, что приводит к изменению метаболизма на клеточном уровне [31]. Действие света связано также с метаболическими сигнальными сетями, которые вызывают реакцию на уровне ткани и организма в целом [24, 25].

Целью данного обзора является анализ публикаций, посвященных изучению воздействия оптического излучения на систему микроциркуляции крови и лимфы животных и человека и связанные с ним изменения физиологических процессов на уровне тканей и физиологических систем, в частности, лечебное воздействие на организм человека и животных.

Система микроциркуляции включает в себя движение крови и лимфы по мельчайшим артериям и венам (артериолам и венулам), капиллярам и артериовенозным шунтам – сосудам, обеспечивающим прямое поступление крови из артерий в вены по пути наименьшего гидравлического сопротивления, что играет важную роль для терморегуляции. Система микроциркуляции обеспечивает снабжение ткани или органа кислородом и питательными веществами, вывод углекислоты и продуктов метаболизма, регуляцию артериального давления гомеостаз тканей [10]. Интенсификация микроциркуляции медикаментозным путем или с помощью физиотерапевтических процедур лежит в основе лечения многих заболеваний [16, 28, 32].

Однако при диабете увеличенный кровоток через шунты считается одной из причин нейропатического изъязвления и развития синдрома диабетической стопы [143].

Воздействие оптического излучения на клетки и организмы

Лечебное действие света на организм человека известно давно. О гелиотерапии знали древние египтяне, ассирийцы, греки и другие народы, о ней неоднократно упоминается в трудах Гиппократа, однако светотерапия как наука начала формироваться только в XIX веке, после открытия английскими учеными Дж.Дауном и Р. Блунтом (1877 г.) лечебных свойств УФ излучения. В 1903 г. датскому физиотерапевту Н.Финсену была присуждена Нобелевская премия по физиологии и медицине за разработку и широкое внедрение методики лечения, особенно аутоиммунных и кожных заболеваний, с помощью концентрированного светового излучения.

Впоследствии в большом числе экспериментальных работ было показано, что синий свет изменяет биохимический состав крови, улучшает работу сердца и легких, стимулирует иммунную систему, оказывает противомикробное действие. В начале XX века, до открытия антибиотиков, лампы синего света (синие лампы Минина) широко использовались в стоматологии для лечения воспалений десен, а также для обезболивания [12]. На клеточном уровне синий свет стимулирует синтез АТФ, регулирует метаболизм, улучшает функции внешнего дыхания, доставки и утилизации кислорода в клетках, улучшает проведение нервных импульсов [13]. В результате этого на уровне системы микроциркуляции и кровообращения наблюдается снижение вязкости крови, укрепление стенок сосудов, улучшение микроциркуляции и увеличение скорости кровотока в магистральных сосудах. Поглощение фотонов эндогенными фотосенсибилизаторами приводит к появлению фотодинамических эффектов, таких как разрушение билирубина и выведение из организма в виде нетоксических продуктов. Избирательное поглощение синего света липидами низкой плотности приводит к их разрушению иснижению их уровня в крови. При этом запускается генетический механизм регуляции липидного обмена, который приводит к разрушению атеросклеротических бляшек [13].

Оптическое излучение красного и ИК диапазонов улучшает микроциркуляцию крови в мелких сосудах и тканях, повышает скорость окислительно-восстановительных реакций, усиливает регенерацию поврежденных тканей, нормализует водный баланс клеток, обладает выраженным сосудорасширяющим, противовоспалительным, обезболивающим, лимфодренирующим и противоотечным действием, повышает местный и общий иммунитет. ИК излучение с длиной волны 0,76 мкм проникает в ткани на глубину 2–3 см, действует на терморецепторы кожи и по прошествии 2–3 минут вызывает на облученном участке тела гиперемию, сопровождающуюся усилением кровотока и теплоотдачи, тканевого обмена, окислительных процессов и уменьшения содержания воды в тканях. Более сильное прогревание тканей вызывает распад некоторых белковых мо-

лекул с высвобождением биологически активных веществ, что приводит к генерализованной сосудистой реакции в организме, в результате чего учащается сердцебиение и усиливается потоотделение. Инфракрасное облучение больших участков тела животного оказывает хорошее лечебное действие при хронических воспалительных процессах и снижает болевую реакцию. Было показано, что именно снятие сосудистого спазма и интенсификация микроциркуляции лежит в основе лечебного действия оптического излучения при кожных заболеваниях [43, 155].

Низкоинтенсивное оптическое излучение (НИОИ) ускоряет заживление ран, оказывает противовоспалительное и болеутоляющее действие, в том числе в качестве постоперативного анальгетика, оказывает защитное действие на клетки, препятствует их гибели от цитотоксических факторов [34, 59, 76, 113, 139]. Интенсификация системы микроциркуляции под действием оптического излучения может являться ключевым механизмом заживления ран [122] и уменьшения боли [123]. Цитопротекторное действие НИОИ разных длин волн и доз на клетки в культуре было показано в целом ряде работ, в том числе на клетки, обработанные ядами: цианидом [86], тетродотоксином [154], ротеноном и MPP+ [156]. Цитопротекторное действие НИОИ и снижение апоптоза было зафиксировано в нейронах, обработанных бета-амилоидами [157, 158].

Несмотря на хорошую воспроизводимость многих эффектов действия НИОИ на клетки, на организм человека, домашних и экспериментальных животных, механизмы действия на клеточном уровне остаются не вполне ясными. При разработке клинических методик длины волн и режимы экспозиции, способствующие оптимизации лечения, подбираются методом проб и ошибок, а говорить о количественных оценках ожидаемого эффекта и контроле процесса лечения, например, заживления ран, пока не приходится [110].

В настоящее время оптическое излучение широко используется в традиционной медицине в качестве составляющей комплекса лечебных и реабилитационных мероприятий, в физиотерапии и в ветеринарии, в частности, при лечении инфекционных заболеваний, болезней кожи, сухожилий, связок, суставов, пролежней, заболеваний дыхательных путей, постраневых процессов, нарушений роста и развития, в лечении гипербилирубинемии [1, 2, 7, 17, 19, 21, 71].

В последнее время огромное внимание уделяется терапевтическому использованию неразрушающего и нетоксичного НИОИ лазеров (low level energy lasers, LLEL) и светодиодов (light-emitting diodes, LED). Использование LLEL в терапии восходит к работе [96], в которой была показана, а впоследствии подтверждена в работах [97,98], возможность ускорения регенерации мышц и заживления ран под действием излучения рубинового лазера с плотностью энергии J=1 Дж/см^2.

В настоящее время под НИОИ понимают воздействие излучения мощностью P=10^{-3} – 10^{-1} Вт, с длиной волны λ =300–10600 нм, частотой пульсаций от f=0 (непрерывное) до f=5 кГц, длительностью пульсаций t=1–500 мс, межпульсовым интервалом t=1–500 мс, общим временем воздействия T=10–3000 с, плотностью мощности Ps=0.01–10 Вт/см^2 и суммарной дозой (мощность время облучения/площадь облучения) J=0.01–100 Дж/см^2 [127]. В качестве рабочего тела лазеров используются инертные газы, включая гелий-неон (λ =632.8 нм), аргон (λ =488 нм и 514 нм) и криптон (λ =521 нм, 530 нм, 568 нм и 647 нм), а также рубиновый лазер (λ =694 нм), полупроводниковые лазерные диоды из арсенида галлия (GaAs; λ =904 нм), арсенид алюминия-галлия (GaAlAs; λ =820 нм и 830 нм) [30, 44]. Такой разброс параметров используемых видов воздействия делает невозможной какую-либо стандартизацию условий проведения экспериментов, а также разработку, валидацию и внедрение соответствующих терапевтических методик [48, 118].

Общим для методик, использующих вышеуказанные параметры излучения, является незначительное увеличение температуры облучаемого биообъекта (ниже изменений температуры, к которым чувствительны терморецепторы тканей или соответствующие молекулярные рецепторы клеток), то есть практическое отсутствие термического воздействия, и вовлеченность исключительно фотохимических и фотофизических механизмов действия [52, 127].

В последние годы возрастает интерес к терапевтическому использованию неповреждающих неинвазивных методов, практически не имеющих негативного последействия и противопоказаний, к числу которых относится излучение светодиодов (LED) [15, 66, 93, 147]. В этом случае механизмы действия фотонов связывают с клеточными и субклеточными рецепторами, фотоиндуцированное увеличение или снижение активности которых приводит к каскаду реакций на клеточном и тканевом, а затем и на организменном уровне [114]. Воспроизводимые результаты действия LED-светотерапии по совокупности работ разных лабораторий и авторов приведены в табл. 1.

Таким образом, LED-облучение кожи активирует синтез в клетках коллагена и эластина, вызывает увеличение содержания факторов роста, образование внеклеточного матрикса, усиление

Таблица 1

Действие LED-облучения разных цветов на кожу человека и животных [70]

№	Цвет	Длина волны (нм)	Действие
1	Фиолетовый	400–420	Антибактериальное. Лечит псориазы, дерматиты, витилиго
2	Синий	450–470	Антибактериальное. Нормализует работу потовых и сальных желез, облегчает сезонные аффективные расстройства
3	Зеленый	520–550	Успокаивает покрасневшую воспаленную кожу. Устраняет красные угри, эритему, пигментацию кожи и возрастные пятна, сужает капилляры.
4	Желтый и оранжевый	580–620	Подтягивает и тонизирует кожу, разглаживает складки и морщины. Уменьшает солнечную, ожоговую и возрастную пигментацию кожи
5	Красный	640–690	Нормализует клеточный метаболизм, усиливает микроциркуляцию. Стимулирует синтез коллагена клетками и способствует заживлению ран и рассасыванию шрамов.
6	ИК	800–1000	Значительное увеличение микроциркуляции. Сильное ранозаживляющее и разглаживающее действие посредством активации фибробластов и стимуляции синтеза коллагена не только в коже, но и на глубине мышечной ткани. Болеутоляющее и стимулирующее действие на мышцы и суставы.

микроциркуляции [77, 84, 119, 147, 148, 149, 150, 151, 152]. Последний эффект связывают с активацией дыхательной цепи митохондрий за счет фотобиомодулирующего воздействия оптического излучения. Увеличение просвета кровеносных сосудов после светового воздействия подтверждается томограммами [123], а увеличение скорости кровотока – методами допплеровской флоуметрии и капиллярографии [130]. Увеличение интенсивности микроциркуляции приводит к изменениям и системного кровообращения в замкнутой системе циркуляции крови. Синтез коллагена и наличие факторов роста обеспечивает ранозаживляющее действие [7, 33]. Активизация микроциркуляции способствует усилению тканевого обмена и улучшению состояния при воспалительных заболеваниях кожи, при диабете [152, 153], заживлении ран и уменьшении боли [123], обеспечивает омолаживающее и разглаживающее действие, что подтверждается измерением модуля упругости кожи до и после экспозиции LED в красном и ИК диапазонах [84]. Анальгезирующее, противовоспалительное и сосудорасширяющее действие НИОИ отмечено также при внутривенном облучении крови LLEL [130]. При этом отмечались также расслабление гладкомышечных клеток артерий за счет улучшения клеточного дыхания и снятие сосудистого спазма, улучшение реологических свойств крови, нормализация соотношения свертывающей и противосвертывающей систем.

Механизмы действия низкоинтенсивного оптического излучения на клетки и ткани

Поглощение фотона молекулой переводит ее в состояние с повышенной энергией (фотовозбуждение). Если частота волны равна естественной частоте колебаний молекулярных структур, наблюдается резонанс со значительным поглощением энергии. Рассеяние энергии имеет место на частотах, не совпадающих с естественными частотами колебаний частиц. Вторичные фотоны, излучаемые фотовозбужденными молекулами, составляют вторичный поток излучения, который распространяется (рассеивается) во всех направлениях и возбуждает другие макромолекулы. Поскольку разнообразие молекул в организме велико, вторичное излучение является широкополосным, некогерентным и неполяризованным. Степень ослабления вторичного излучения значительно меньше, составляет менее чем в 10 раз на каждый 1 см глубины ткани, поэтому вторичное излучение и обеспечивает большую глубину проникновения в ткани. Например, при облучении кожи в УФ и ИК областях спектра преобладает поглощение и доля рассеяния относительно невелика, поэтому оптическое излучение проникает неглубоко, на несколько клеточных слоев. В коротковолновой видимой области спектра существенную роль играют как поглощение, так и рассеяние, а на длинах волн 600–1500 нм рассеяние превалирует над поглощением, и глубина проникновения увеличивается [138, 140, 141].

После фотовозбуждения полученная энергия передается (переизлучается) реагирующему веществу и вызывает фотоиндуцированную химическую реакцию. При этом энергия источника излучения должна соответствовать энергии электронного перехода между орбиталями, в соответствии с квантовой теорией Планка. Когда квант света попадает на молекулу, энергия кванта поглощается одним из электронов, который переходит на новый, энергетически более высокий уровень, а молекула переходит в возбужденное состояние. В зависимости от того, какова энергия поглощенного кванта, электрон может перейти на разные

энергетические уровни. Например, у хлорофилла квант синего света поднимает электрон на второй синглетный уровень, красного света — на первый. Время жизни молекулы хлорофилла в возбужденных синглетных состояниях достаточно коротко: на втором синглетном уровне – 10^{-12} – 10^{-13} с, на первом – 10^{-9} – 10^{-7} с, после чего молекула возвращается в исходное стабильное состояние. При этом энергия, поглощенная молекулой, теряется в виде тепла, флюоресценции или фосфоресценции, передаваясь по цепочке связанных с ней белков. Для других фоторецепторных молекул взаимодействие с квантом света изучено не так детально, как для хлорофилла.

Фотовозбуждение играет основную роль в процессе фотоизомеризации – обратимой внутримолекулярной перегруппировке связей, которая сопровождается значительным изменением структуры и функции молекулы. Фотовозбуждение инициирует перициклические реакции и фотохимические перегруппировки, существенно влияя на метаболизм клетки и ткани. Фотовозбуждение может вызывать светоиндуцированную ксено- и автофлуоресценцию, биохимические реакции, конформационные изменения молекул, регулирующих проницаемость мембран клеток, синтез веществ в органеллах, передачу импульса по нервным волокнам и прочие процессы, важные для регуляции на уровне клеток, тканей и организма в целом. Данные об автофлуоресценции некоторых распространенных в организмах молекул приведены в табл. 2.

На сегодняшний день установлено, что фотовозбуждение, вызванное НИОИ, стимулирует в клетках синтез АТФ, коллагена и мукополисахаридов, влияя таким образом на процессы во всех коллагенсодержащих тканях [110]. Предполагается, что первичными механизмами действия НИОИ на клетки и ткани является абсорбция света в митохондриях или их органеллах, что приводит к ускорению экспрессии генов [116], синтеза АТФ, Ca^{++}, окиси азота NO и активных форм кислорода – ионов, свободных радикалов и перекиси [79], что приводит к модуляции метаболических сигнальных сетей [77, 89, 113]. В результате изменяются клеточный метаболизм, состояние цитоскелета, гомеостаз, индуцируется пролиферация, возрастает выживаемость и подвижность клеток [50, 67, 68, 104, 108, 117, 125, 129, 146]. За счет фотохимических реакций в опухолевых клетках образуется синглетный кислород (singlet oxygen) и высокоактивные радикалы, которые вызывают апоптоз и некроз опухолевых клеток.

Подтвержденный многочисленными экспериментами механизм действия красного и ИК излучения на клетки связан с активацией респираторной цепи митохондрий, которая запускает каскад реакций, приводящих к пролиферации клеток и повышению их резистивности (cytoprotecton) [77, 154]. Фотоакцептором при этом является цитохром с-оксидаза – фермент, который катализирует конечный этап переноса электронов на кислород в процессе окислительного фосфорилирования [78,153]. Сравнение спектра излучения, способствующего клеточной пролиферации, со спектром излучения, поглощенного фотоакцептором, показало, что цитохром с-оксидаза является первичным фоторецептором в диапазоне от красного до ИК диапазонов излучения [77, 78, 79]. Цитохром с-оксидаза представляет собой интегральный мембранный белок, содержащий четыре активных центра,

Таблица 2

Данные об автофлуоресценции некоторых распространенных органических молекул

№	Молекула	Длина волны поглощения (нм)	Длина переизлучаемой волны (нм)	Организмы	Ссылка
1	NAD(P)H (Никотинамидаденин-динуклеотидфосфа́т)	340	450	Все виды	[65]
2	Дитриозин, индоламин	325	400	Животные	[95]
4	Коллаген	270–370	305–450	Животные	[65, 95]
5	Липофусцин	410–470	500–695	Эукариоты	[128]
6	Меланин	340–400	360–560	Животные	[60]
7	Пиридоксин		400	Все виды	[159]
	Ретинол		500	Животные и бактерии	[159]
10	Рибофлавин		550	Все виды	[159]
11	Тирозин	270	305	Все виды	[95]
12	Триптофан	280	300–350	Все виды	
13	Флавин	380–490	520–560	Все виды	
14	Фолиевая кислота		450	Все виды	[159]
15	Хлорофилл, полифенол	465, 665	673, 726	Растения	
16	Холекальциферол		380–460	Животные	[159]

участвующих в окислительно-восстановительных реакциях и обладающий высокой абсорбцией к излучению в области от красного до ИК излучения [46]. Было также показано, что излучение с длинами волн в диапазоне 660–680 нм способствует увеличению переноса электронов в очищенной цитохром с-оксидазе, что интенсифицирует дыхательный цикл и синтез АТФ в митохондриях, а также активность нейронных клеток в культуре [154]. ИК излучение увеличивает продукцию цитохром с-оксидазы в нейронах и повышает ее сниженную активность, вызванную действием ингибиторов метаболизма [58].

Терапевтическое действие НИОИ проявляется в ускоренной пролиферации эпителиальных клеток и фибробластов, активном синтезе ими коллагена и мукополисахаридов, что приводит к увеличению прочности стенок кровеносных сосудов, внешний слой которых содержит волокна коллагена, ускорению заживления микротрещин и переломов, внутренним перестройкам (remodelling) и росту кости [51, 59, 112, 113, 131, 145], ускорению заживления кости после установки титанового импланта [51, 73, 88, 89, 91, 112], ускорению мацерации костной ткани [73, 88], улучшению сращивания костной ткани с имплантом (остеоинтеграция) [49, 56, 73, 88, 109], лечению кожных заболеваний [34]. Наблюдались также восстановление нервной функции, утраченной в результате травмы [100], нормализация гормональной системы, иммунной регуляции организма, что приводит к затуханию воспалительных процессов и заживлению ран.

Воздействие НИОИ ведет к интенсификации микроциркуляции, улучшению лимфооттока и, как следствие, улучшению питания тканей, выводу продуктов метаболизма и распада, уменьшению отечности. В мышцах НИОИ вызывает ускорение регенерации ткани у экспериментальных животных после хирургической травмы [47, 53, 87, 116, 146], по-видимому, за счет роста экспрессии генов, активизации факторов транскрипции MyoD и миогенина, которые, соответственно, индуцируют дифференцировку фибробластов в миобласты и миогенез [116]. У человека воздействие на травмированные мышцы вызывало улучшение метаболизма мышечных клеток, заживление ран, ускоренное восстановление мышцы и снижение ее утомляемости, что подтверждалось снижением концентрации биомаркеров, отвечающих за окислительный стресс и травматическую постнагрузку [42, 83, 92].

Резюмируя приведенные выше данные, можно выделить следующие установленные механизмы действия НИОИ на тканевом уровне:

1) Фотохимические – энергия оптического излучения поглощается светочувствительными молекулами, а затем передается на молекулярном уровне другим молекулам и молекулярным структурам, которые участвуют в сигнализации и регуляции метаболических процессов. Наибольший эффект для каждой светочувствительной молекулы оказывает облучение с диапазоном волн, соответствующих максимуму ее поглощения.

2) Фототермические – светоиндуцированная гипертермия тканей (light-induced hyperthermia), термические динамические реакции (thermic dynamic reactions), а при больших интенсивностях – светоиндуцированное испарение (photovaporisation), избирательный термолизис (selective photothermolysis), коагуляция (light-induced coagulation) и слияние тканей (tissue fusion).

3) Фотомеханические – химическая и термическая абляция (chemical and thermal photoablation), фрагментация (photofragmentation) и разрушение (photodisruption).

4) Фотофизические – пироэлектрический эффект (pyroelectricity)

Выбор оптимального спектрального диапазона, оптимальной дозы и режима облучения является одним из самых важных вопросов низкоинтенсивной фототерапии [37, 42, 94]. В настоящее время объективной информации о механизмах, закономерностях и результатах воздействия НИОИ на ткани и клетки недостаточно для разработки и внедрения конкретных (строго регламентированных) клинических методик, поэтому фототерапия проводится в дополнение к стандартным терапевтическим и реабилитационным мероприятиям [51, 56, 73, 75, 80, 88, 89, 91, 109, 112, 113]. Да, по всей видимости, в этом нет необходимости, поскольку квантовомеханическая природа поглощения света исключает «передозировку», а терапевтическая пороговая доза легко определяется эмпирически. При исследовании воздействия НИОИ на заживление кожных ран, выраженное терапевтическое воздействие было выявлено для разных длин волн и интенсивности излучения при условии их обратно пропорциональной зависимости [102].

Распространение оптического излучения в биологических тканях как анизотропных многослойных материалах

Биологические ткани – кости, хрящи и мышцы, стенки кровеносных сосудов и дыхательных путей, кожа (рис. 1, а) и стенки полых внутренних органов имеют многослойную структуру, причем оси анизотропии смежных слоев существенно отличаются, что способствует повышению прочности ткани.

Распространение излучения в ткани зависит от оптических свойств клеток и внеклеточных

структур, их формы, размеров и плотности распределения, а также поляризации падающего оптического излучения [140, 144]. В структуре кожи выделяют три слоя – эпидермис, дерму и гиподерму или подкожную жировую клетчатку [23]. Масса двух первых слоев составляет 4–6% массы тела, а при сильно развитой гиподерме может составлять до 16–17%.

Эпидермис – наружный слой кожи (рис.1а), состоит, в основном, из кератиноцитов и включает пять слоев с разными свойствами, в том числе и оптическими:

1) Поверхностный (роговой) слой состоит из многих рядов отмерших кератиноцитов, содержит кератин и пузырьки воздуха.

2) Блестящий слой состоит из расположенных параллельно поверхности кожи 1–4 слоев безъядерных кератиноцитов, содержащих белок элеидин – продукт превращения кератогиалина в кератин (роговое вещество, обладающее пьезоэлектрическими свойствами). Сильно отражает оптическое излучение, в связи с чем и получил свое название.

3) Зернистый слой составлен 1–5 рядами уплощенных кератиноцитов с бледным ядром, содержащих в цитоплазме электроннoплотные массы кератогиалина, что придает им зернистый вид

4) Шиповатый (наиболее широкий) слой состоит из 7–12 слоев шиповатых кератиноцитов, поверхность которых покрыта отростками, обеспечивающими межклеточную сигнализацию. Если взаимосвязи между шиповатыми клетками разрушаются, происходит отслаивание отдельных слоев эпидермиса и накопление в образовавшихся полостях жидкости, т.е. пузырей, которые возникают при ожогах или некоторых кожных заболеваниях, например, при волчанке.

5) Базальный слой – самый нижний в эпидермисе монослой призматических цилиндрических клеток, которые активно делятся, производя кератиноциты для всего эпидермиса. Корнеподобные отростки базального монослоя сплетены в базальную мембрану толщиной 0,5–1,0 мкм. В момент отрыва новой клетки от мембраны в ней запускается синтез белка кератина, который, по мере продвижения клетки вверх, от слоя к слою, заполняет всю цитоплазму и постепенно вытесняет органеллы клетки. Среди клеток базального слоя находятся также крупные отросчатые клетки меланоциты, синтезирующие светочувствительный пигмент меланин.

Таким образом, по мере приближения к поверхности тела, клетки эпидермиса уплощаются, их ядро растворяется и исчезает, замедляется обмен веществ и происходит апоптоз (роговой слой). В ходе этой дифференцировки цитоплазма кератиноцитов содержит все больше продуктов цикла образования кератина. Различия между слоями в содержании воды и кератина, ориентации клеток, степени прозрачности ядра и концентрации гранул определяют различие оптических свойств слоев. Толщина эпидермиса различна – от 0,02–0,05 мм на лице и шее до 0,5–2,4 мм на ладонях и подошвах [23].

Дерма образована двумя слоями:

1) Сосочковый слой, образованный рыхлой волокнистой соединительной тканью. Поверхность слоя имеет выросты, в которых располагаются микрососуды и нервные окончания. Микрососуды образуют слой, расположенный параллельно поверхности кожи, но содержат многочисленные петли капилляров, ориентированные перпендикулярно слою, что определяет его анизотропию, в том числе по отношению к оптическому излучению. В связи с этим в некоторых моделях кожи рассматривают отдельно слой капиллярных петель и слой сплетения сосудов как имеющих разные свойства по отношению к излучению [26]. Клеточный состав сосочкового слоя – фибробласты, которые синтезируют коллаген, эластин и протеогликаны, макрофаги, тучные и гладкомышечные клетки (ГМК). ГМК образуют волокна, рефлекторное сокращение которых приводит к пережатию микрососудов, уменьшению кровотока и, таким образом, к снижению потери тепла организмом через кожу (терморегуляция).

2) Сетчатый (ретикулярный) слой образован плотной неоформленной соединительной тканью с пучками коллагеновых волокон и эластических волокон. Пучки коллагеновых волокон образуют два семейства, которые расположены параллельно поверхности кожи под некоторым углом друг к другу и определяют различие растяжимости кожи в разных направлениях. Эластические волокна образуют пучки, расположенные параллельно с коллагеновыми. Сетчатый слой содержит кровеносные и лимфатические сосуды, нервные окончания, фолликулы волос, потовые и сальные железы. Клеточный состав сетчатого слоя – фибробласты и фибробластоциты (юная форма фибробласта), ГМК и дермальные меланоциты. Последние содержат пигмент меланин, но не синтезируют его, а, по-видимому, получают от эпидермальных меланоцитов. Кровеносные сосуды расположены в слое перпендикулярно поверхности кожи.

Толщина дермы составляет 0,5–5 мм [23]. Показатель преломления оптического излучения коллагеновыми волокнами n=1,44 – 1,47, в зависимости от их толщины и густоты, а клеточной составляющей – n=1,33 – 1,36. Таким образом, разные оптические свойства сосочкового и ре-

тикулярного слоя обусловлены различиями в плотности соединительной ткани, ориентацией коллагеновых пучков и микрососудов, а также различиями в содержании воды. Верхний слой дермы содержит на 2—3% больше воды, чем нижний. На некоторых участках тела в коже содержатся также поперечнополосатые мышцы, присутствующий в которых миозин определяет особенности поглощения света на этих участках кожи. При наличии в коже новообразований в их окрестности увеличивается хаотичность расположения клеток, растет разброс размеров клеточных ядер с увеличением их относительного среднего значения, которое также увеличивается от 10 — 12 мкм в норме до 20 — 50 мкм. При этом меняется показатель преломления на границе ядро — цитоплазма, волокно-клетка, что ведет к изменению рассеяния излучения в коже [27].

Гиподерма образована жировыми скоплениями, разделенными фиброзными перегородками, пронизана кровеносными сосудами и нервными волокнами. В гиподерме также различаются поверхностный, промежуточный и глубокий слои, отличающиеся размером жировых долек, коллагеновых пучков и кровеносных сосудов. Последние в гиподерме образуют разветвленную сеть крупных сосудов, расположенную преимущественно параллельно поверхности тела, и ответвленных от них в перпендикулярном направлении микрососудов, оплетающих жировые дольки и обеспечивающих трофику ткани, в том числе окислительные процессы в жировых клетках адипоцитах.

Световой пучок проникает в разные слои кожи, мышечный слой и поверхностно расположенные органы в зависимости от толщины слоев и длины волны оптического излучения. Кожа, мышцы, кровь относятся к сильно рассеивающим средам, оптические свойства которых описываются моделью многократного рассеяния волн в случайно–неоднородных средах с поглощением [57, 137, 138, 140]. Схематически процесс распространения оптического излучения в слоистой ткани показан на рис.1б. Скорости распространения света в разных слоях ткани отличаются, связи с чем возникает преломление падающих лучей в соответствии с законом Снелиуса [6]:

$$n_1 \sin\theta_1 = n_2 \sin\theta_2$$

где θ_j – угол наклона пучка к оси 0x в j–м слое, n_j – показатель преломления, равный отношению скорости распространения света в вакууме в материале.

В изотропном материале показатель преломления определяется числовой концентрацией молекул N и поляризуемостью α молекулы (формула Лорентц-Лоренца) [6]:

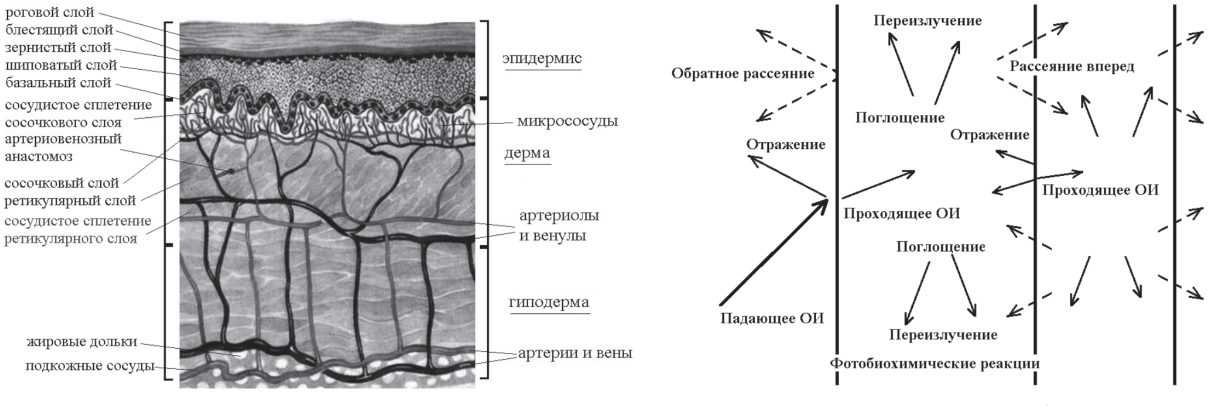
$$3\frac{n^2-1}{n^2+2} = N\alpha$$

В неоднородном материале, состоящем из молекул разной химической природы, показатель преломления можно определить как сумму молекулярных рефракций R_M разных молекул

$$R_M = \frac{n^2-1}{n^2+2}\frac{M}{\rho},$$

где M – молекулярная масса, ρ – плотность вещества, которая определяется числом молекул в единице объема.

Отраженное оптическое излучение определяется как отношение амплитуд электрического поля отраженного и падающего луча и описывается известными законами Френеля [6]. Преломленный луч попадает в слой ткани, где частично рассеивается, поглощается, попадает на поверхность раздела между следующим слоями, на которой также частично отражается и преломляется, попадая в следующий слой (рис. 2б). В соответствии с моделью Рэлея упругого рассеяния



а б

Рис. 1. Схема многослойного строения кожи и системы микроциркуляции в коже (а) и схема взаимодействия слоев кожи с оптическим излучением (б)

Таблица 3.

Значения параметров в аппроксимациях экспериментальных зависимостей $\mu_s(\lambda)$ по данным разных авторов

	a (см-1)	b	a/ (см-1)	fR	bM	Ткань	Ссылка
1	48.9	1.548	45.6	0.22	1.184	Кожа	[38]
2	47.8	2.453	42.9	0.76	0.351	Кожа	[74]
3	37.2	1.390	42.6	0.40	0.919	Кожа	[132]
4	60.1	1.722	58.3	0.31	0.991	Кожа	[120]
5	29.7	0.705	36.4	0.48	0.220	Кожа	[45]
6	45.3	1.292	43.6	0.41	0.562	Дерма	[121]
7	68.7	1.161	66.7	0.29	0.689	Эпидерма	[121]
8	30.6	1.100	–	–	–	Кожа	[35]
Среднее	46.0	1.421	48.0	0.409	0.702		[74]
Девиация	13.7	0.517	10.6	0.178	0.351		

плоской волны тонким слоем вещества, интенсивность рассеянного оптического излучения $\sim \lambda^{-4}$ [6]. Биологические ткани обладают способностью рассеивать фотоны преимущественно в направлении вперед, что не соответствует модели изотропного рассеяния Рэлея. Для описания анизотропии вводят функцию вероятности $p(\vartheta)$ рассеяния фотона под углом ϑ по направлению к его первоначальному движению. Тогда можно определить анизотропию рассеяния как

$$g = \frac{\int_{4\pi} (p(\vartheta)\cos\vartheta \sin\vartheta) d\vartheta}{\int_{4\pi} (p(\vartheta)\sin\vartheta) d\vartheta}$$

Если $g = 1$, то рассеяние происходит только вперед, $g = -1$ – назад, $g = 0$ – изотропное рассеяние Рэлея. Из предложенных разными авторами функций вероятности $p(\vartheta)$ наиболее популярной является функция Хени-Гринштейна

$$p(\vartheta) = \frac{1 - g^2}{(1 + g^2 - 2g\cos\vartheta)^{3/2}}, \quad (1)$$

использование которой приводит к результатам, соответствующим экспериментам на различных непрозрачных материалах [22], в том числе в случае многократного отражения [20].

В тканях, как и в небиологических материалах, глубина проникновения оптического излучения уменьшается с уменьшением длины волны. В случае коллимированного (лазерного) пучка ослабление интенсивности происходит по экспоненциальному закону Бугера–Беера-Ламберта (Bouguer-Beer-Lambert) [140]

$$I(d) = (1 - R) I_0 e^{-\mu_t d},$$

где I_0 – интенсивность падающего излучения, d – толщина ткани, $\mu_t = \mu_a + \mu_s$ – коэффициент затухания, $R = \left(\frac{n-1}{n+1}\right)^2$ – коэффициенты затухания и отражения Френеля, n – показатель преломления ткани, μ_a – коэффициент поглощения, μ_s – коэффициент рассеяния, d – толщина образца. Средняя длина l_{ph} свободного пробега однократно рассеянного фотона в биологической ткани определяется, как $l_{ph} = k^{-1}$.

При этом коллимированный пучок излучения может стать диффузным за счет взаимодействия с микроскопическими неоднородностями, сосредоточенными на границах между слоями [135, 138, 141]. Некоторые фотоны после многократного рассеяния выходят обратно из ткани под случайными углами (диффузно отраженный свет). Например, роговой слой и дерма обеспечивают соответственно 5–7% и 35–70% диффузного отражения падающего излучения, вне зависимости от длины волны и типа кожи [8, 141]. Детальные данные о коэффициентах пропускания эпидермиса, кожи в целом и мышечных структур в широком диапазоне частот λ =200–3000 нм при различной толщине кожи здорового человека и при наличии новообразований и пигментированных участков приведены в справочном издании [5]. Коэффициент пропускания белой кожи имеет выраженный максимум в диапазоне длин волн λ =500–1000 нм, при этом эпидермис пропускает ~80–85% падающего излучения, а кожа в целом – ~30%. Коэффициент пропускания зависит также от пигментации и морщинистости кожи, насыщенности ее водой, содержания жира, пола, возраста и цвета кожи.

Коэффициент рассеяния уменьшается с ростом длины волны. По результатам рассеяния разными тканями получены аппроксимации в виде степенной функции $\mu_s^{(1)} = a(\lambda/500)^{-b}$ или

$$\mu_s^{(2)} = a'\left(f_R(\lambda/500)^{-4} + (1 - f_R)(\lambda/500)^{-b_M}\right) \text{ [74]},$$

где коэффициенты f_R и b_M соответствуют коэффициентам рассеяния света в соответствиями теорий Рэлея и Мие соответственно [120]. Значения параметров приведены в табл. 3.

Таблица 4

Глубина проникновения (h) оптического излучения различных длин волн [103, 142]

	Коротковол-новое УФ	Средневолно-вое УФ	Длинновол-новое УФ	Фиолетовое	Красное	Коротковол-новое ИК	Средневолно-вое ИК	Длинновол-новое ИК	Дальняя граница ИК
Длина волны (нм)	200–250	300	360	400	700	1200	2000	2500	400000
h (мкм)	40	100	190	250	400	800	400	1	30
Достигает тканей	Только эпидермис	Только эпидермис	Эпидермис и дерма	Эпидермис дерма, частично подкож. клетчатка	Эпидермис дерма, подкож. клетчатка	Дерма, подкож. Клет-чатка, мышцы, суставы, внутренние органы	Эпидермис дерма, частично подкож. клетчатка	Только эпидермис	Только эпидермис

Толщина кожи (эпидер–мис+дерма) в зависимости от возраста, пола, расположения на теле человека составляет h=0.5–4 мм. Толщина подкожной жировой клетчатки при нормальном питании и физической нагрузке – 1–2 см, а при отклонениях варьирует от нескольких мм до 10–15 см и выше. ИК излучение приникает в ткани наиболее глубоко; при небольшом жировом слое – до 3–4 см, достигая подкожно-жирового, мышечного слоев и внутренних органов, видимый свет – до 8–10 мм, УФ излучение – до 0,5–1 мм. Следует отметить, что под глубиной проникновения оптического излучения в материал понимается толщина поверхностного слоя, на котором 60% энергии излучения поглощается/рассеивается. Таким образом, оставшаяся энергия излучения попадает в ткани и глубже, однако механизмы ее действия остаются неизвестными, особенно для НИОИ. Не исключено, что для НИОИ сверхярких LED источников могут существовать структуры, функционирующие как оптические волноводы [18], однако эта гипотеза пока не нашла убедительного экспериментального подтверждения. Воздействие НИОИ на глубоко расположенные ткани (мышцы, суставы) и организм в целом, связанное со стимуляцией расположенных поверхностно триггерных точек, такие как точки акупунктуры, обладающие аномальным электрическим сопротивлением, или определяющие анизотропию физических свойств кожи линии Лангерса, образованные волокнами коллагена, который обладает выраженными пьезо- и пироэлектрическими свойствами.

Поглощение оптического излучения и, таким образом, глубина его проникновения специфична для тканей и зависит от содержания в них воды, мио- и гемоглобина, меланина и других пигментов. У белков хромофорами являются фрагменты аминокислот, которые поглощают свет преимущественно в ультрафиолетовой области спектра (λ=200–300 нм). В этом же диапазоне длин волн поглощают нуклеиновые кислоты (их хромофоры – ароматические и гетероциклические кольца азотистых оснований). Клетки биологических тканей содержат сотни хромофоров, поглощающих свет в видимой и ближней ультрафиолетовой областях спектра, среди которых основными являются витамины, флавины, флавиновые ферменты, НАД·Н, гемоглобин, каротиноиды, фикобилины, фитохромы и др. Одними из основных биологических поглотителей являются меланин и гемоглобин [141]. Меланин является основным пигментом кожи и главным хромофором эпидермиса. Его коэффициент поглощения монотонно растет по всему видимому диапазону спектра с уменьшением длины волны. Гемоглобин сосредоточен в капиллярных, артериальных и венозных сосудах кожи, жировой клетчатки и нижележащих органов, а миоглобин – в мышцах. Основной особенностью биологических молекул является их комплексная структура с полосой поглощения в диапазоне λ=400–600 нм.

В ИК области спектра все биологические молекулы имеют достаточно интенсивные колебательные полосы поглощения. Начиная с λ=1500 нм и более, спектр поглощения тканей в основном определяется спектром поглощения воды. Для кожи характерно высокое содержание воды и гемоглобина, который имеет максимум поглощения в зеленом цвете ($\lambda =$ 500–570 нм) и, таким образом, определяет поглощение кожей оптического излучения в этом диапазоне длин волн. Эпидермис и дерма взрослого человека состоят из воды на 62—71%, что составляет 6—8% всей воды тела. Вода постоянно образуется в коже при окислении органических веществ, особенно жиров в жировой клетчатке. При физической работе ~80% общего объема циркулирующей крови находится в капиллярах кожи и подкожной клетчатки [8]. Именно высокое содержание воды и гемоглобина

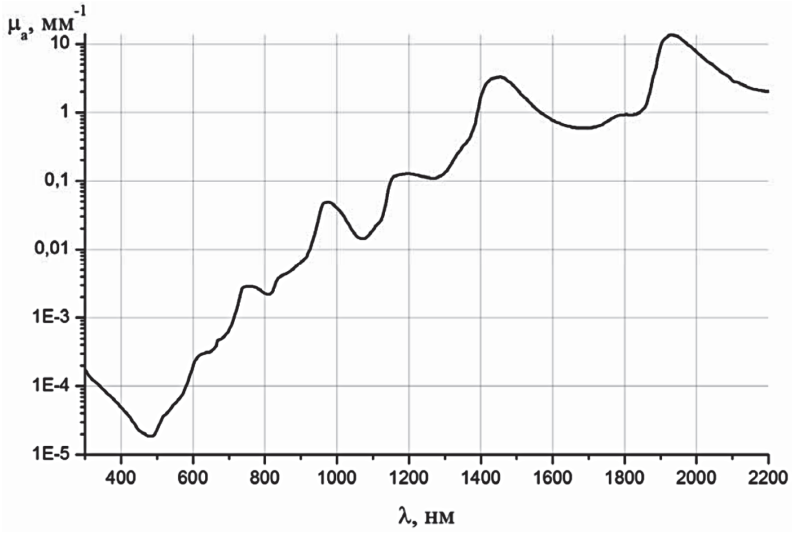


Рис.2. Спектр поглощения воды в оптическом, ИК и УФ диапазонах [103]

определяют максимум поглощения кожей в диапазоне красного и ИК излучения [103]. Поскольку вода и большая часть макромолекул имеют незначительное поглощение в ближнем ИК-диапазоне, большой интерес представляет изучение терапевтически значимого излучения с λ =600–1200 нм. В этом спектральном диапазоне излучение проникает в биологические ткани глубже всего с меньшим рассеянием (табл. 4), что дает возможность лечения глубоко расположенных тканей. Спектр поглощения воды представлен на рис. 2.

Оптическое излучение видимого участка спектра действует не только непосредственно на ткань, но и, опосредованно, через восприятие его цветовых компонентов зрительным аппаратом, что изменяет психическое состояние человека и животных [11]. Красный и оранжевый цвета возбуждают деятельность коры головного мозга, зеленый и желтый – уравновешивают процессы возбуждения и торможения в ней, а синий – тормозит нервно-психическую деятельность. Таким образом, лечебное воздействие НИОИ может быть связано не только с описанными выше первичными механизмами, но и опосредованно, через центральную регуляцию.

Математические модели биологических тканей

В последнее время стали популярными модели биологических тканей как набора дискретных частиц с различными оптическими свойствами [126, 141] и континуальные модели тепломассопереноса в многослойных средах, хотя на микроскопическом уровне четкие границы между отдельными слоями отсутствуют и можно лишь говорить о материале, который обладает переменными коэффициентами отражения, рассеяния и поглощения оптического излучения, зависящими от глубины, характера анизотропии слоя и концентрации светочувствительных и связанных с ними белков, длины волны и направления излучения [85].

Самая простая однослойная модель кожи, основанная на свойствах дермы, была предложена для моделирования лечения угревой болезни оптическим излучением с $\lambda = 1450$ нм [107]. Поскольку на этой длине волны оптическое излучение преимущественно поглощается водой, то оптические свойства дермы принимались близкими к свойствам воды. Более глубокие слои кожи не рассматривались, поскольку излучение с данной длиной волны не проникает глубже 1 мм.

Модель кожи, насчитывающая семь слоев (роговой, остальной эпидермис, сосочковая дерма, верхнее сплетение микрососудов дермы, ретикулярная дерма, нижнее сплетение микрососудов, гиподерма) была предложена в [26]. При этом оптические свойства сосочковой и ретикулярной дермы считались одинаковыми (коэффициент поглощения 0.27 мм$^{-1}$, коэффициент рассеяния 18.7 мм$^{-1}$), а дерма с верхним и дерма с нижним сплетениями сосудов имели коэффициенты поглощения, равные 0,33 и 0,34 мм$^{-1}$, а коэффициенты рассеяния 19,2 и 19,4 мм$^{-1}$, соответственно. Коэффициенты анизотропии и показатель преломления считались постоянными для всей дермы, независимо от наличия сосудистых сплетений.

В ряде моделей слои с сосудистыми сплетениями рассматривались отдельно как слои с оптическими характеристиками чистой крови, либо как отдельное включение внутри оптически однородной ткани. Одиночный кровеносный сосуд прямоугольной [82], но чаще цилиндрической [3, 4, 61, 62, 63, 64, 90, 99, 111] формы при этом размещается в однородной дерме. При этом считается, что стенка сосуда имеет такие же свойства, как окружающая ткань и отдельно не рассматривается. Модели кожи с отдельным сосудом обычно используют для количественной оценки распределения интенсивности излучения и температуры крови в венах. Оптические свойства биотканей, как правило, считаются постоянными для данной длины волны и не зависящими от температуры. В [107] был проделан анализ зависимости коэффициента поглощения воды на длине волны $\lambda = 1450$ нм от температуры. Считалось, что максимальное изменение

температуры ткани при обработке оптическим излучением может быть равным 30–90 °С. Такой перепад температур соответствует снижению коэффициента поглощения воды на 0,885 см$^{-1}$. Поскольку содержание воды в коже авторы полагали равным 70%, то соответственное изменение оптического поглощения кожи должно составлять –0,6195 см$^{-1}$. По сравнению с коэффициентом поглощения кожи, который в [107] был принят равным 20 см$^{-1}$, полученное уменьшение считалось незначительным.

Трехслойная модель кожи, состоящая из содержащего меланин эпидермиса (наибольший коэффициент поглощения имеет меланин), верхнего сплетения микрососудов дермы (поглощается преимущественно гемоглобином) и коллагенсодержащего слоя нижней дермы (проникшее излучение диффузно отражается от коллагена и снова проходит через слои гемоглобина и меланина, частично поглощаясь ими) рассматривалась в [55]. Считалось, что оптические свойства слоев эквивалентны свойствам меланина, гемоглобина и коллагена, соответственно.

Трехслойная модель, содержащая кожу, жировую ткань и мышечный слой, рассматривалась в [36]. На основе уравнений Максвелла для напряженности электрического и магнитного поля в слоях с учетом отражения и преломления волн на поверхностях раздела были проведены оценки интенсивности излучения в слоях и удельное поглощение энергии в зависимости от толщины слоев и их электрических свойств. Теплоперенос и специфическое биологическое действие излучения не рассматривались.

Для учета влияния фотохимических реакций, синтеза вещества с его последующей диффузией и накоплением в разных слоях используется уравнение диффузии для массовых концентраций c_j веществ

$$\frac{\partial c_j}{\partial t} + div\left(D_j \nabla c_j\right) = f(c_j, I_\lambda), \qquad (2)$$

где функция $f(c_j, I_\lambda)$ описывает синтез ($f > 0$) или растворение/поглощение вещества ($f < 0$) в зависимости от интенсивности I_λ оптического излучения с длиной волны λ.

Роговой слой представляет собой пористую среду, поры которой заполнены воздухом, а нижележащие слои также представлены пористыми средами, заполненными клеточной и тканевой жидкостями и имеющими разные коэффициенты пористости и проводимости. Двухслойная и трехслойная (роговой слой, остальной эпидермис и дермис) модели кожи с учетом диффузии макромолекул рассматривались в [105] и [101] соответственно. Пористые структуры моделировались методом конечных элементов (МКЭ). Хороший обзор литературы по моделированию кожи как пористой среды МКЭ представлен в [101].

Распространение оптического излучения в тканях основано на уравнении переноса (уравнении Больцмана) [9, 80]

$$\frac{d}{ds} I(\vec{r}, s) = -\mu_t(\vec{r}) I(\vec{r}, s) + \\ + \mu_s \int_{4\pi} p(s, s') I(\vec{r}, s') \sin\vartheta' d\vartheta' d\varphi' + S(\vec{r}, s) \qquad (3)$$

где I – интенсивность в точке с радиус-вектором $\vec{r}$ оптического излучения, распространяющегося в направлении s, $\mu_t = \mu_s + \mu_a$ – коэффициент затухания излучения, μ_s и μ_a – коэффициенты рассеяния и поглощения, ϑ, φ – углы в сферической системе координат, S – источники (положительные и отрицательные).

Для численного решения уравнения переноса чаще всего используются метод Монте-Карло, Кубелки-Мунка и диффузионное приближение [135].

Метод Кубелки-Мунка основан на предположении, что пучок оптического излучения, распространяющийся в направлении 0x, в однородной изотропной ткани имеет интенсивность I_1 в направлении пучка и интенсивность I_2 в противоположном направлении (обратное рассеяние), причем рассеяние превалирует над поглощением. Величины интенсивностей удовлетворяют уравнениям баланса

$$\frac{dI_1}{dx} = -(\mu_s + 2\mu_a) I_1 + \mu_s I_2, \\ \frac{dI_2}{dx} = -(\mu_s + 2\mu_a) I_2 + \mu_s I_1. \qquad (4)$$

Метод Монте-Карло основан на прямом моделировании распространения N фотонов как случайного блуждания с учетом отражения и поглощения при каждом взаимодействии с молекулами среды. Поскольку метод статистический и точность расчетов $\sim \sqrt{N}$, то нужно задавать достаточно большое число фотонов с начальными координатами $(x_j, y_j, z_j)_{j=1}^N$ и направлениями распространения $(\zeta_j, \vartheta_j, \varphi_j)_{j=1}^N$ (направляющие косинусы). Распределение фотонов задается на поверхности с заданной геометрией и соответствует условиям облучения (например, Гауссово распределение). Среда представлена как слой с некоторой толщиной, обладающий показателем преломления n, коэффициентами поглощения μ_a и рассеяния μ_s, анизотропией рассеивания g (при $g = 0$ рассеяние изотропно). Считается,

что частицы среды, рассеивающие и поглощающие фотоны, распределены случайным образом, так что расстояние между последующими столкновениями выбирается из логарифмического распределения

$$s = -\frac{\ln \xi}{\mu_t}$$

где $\xi \in [0;1]$ – случайное число.

После этого можно рассчитать новые координаты $(x_j + \zeta_j s, y_j + \vartheta_j s, z_j + \varphi_j s)_{j=1}^{N}$ положения каждого фотона. Каждому фотону приписывается начальный вес W_j и считается, что после каждого столкновения фотон теряет вес вследствие поглощения и рассеяния на величину $\delta W_j = \frac{\mu_s}{\mu_t} W_j$. Анизотропию рассеяния описывают введенным выше параметром анизотропии $g \in [-1;1]$, вводя угол рассеяния θ, используя одну из функций вероятности рассеяния фотона, например, функцию Хени-Гринштейна. Тогда угол θ может быть вычислен в виде

$$\cos\theta = \begin{cases} \frac{1}{2g}\left(1 + g^2 - \left(\frac{1-g^2}{1-g+2g\psi}\right)^2\right), & g \neq 0, \\ 1-2\psi, & g = 0, \end{cases}$$

а направление распространения фотона после столкновения определится направляющими косинусами:

$$\zeta' = \zeta \cos\theta + \frac{\sin\theta\,(\zeta\varphi\cos(2\pi\psi) - \vartheta\sin(2\pi\psi))}{\sqrt{1-\varphi^2}},$$

$$\vartheta' = \vartheta \cos\theta + \frac{\sin\theta\,(\vartheta\varphi\cos(2\pi\psi) + \zeta\sin(2\pi\psi))}{\sqrt{1-\varphi^2}},$$

$$\varphi' = \varphi\cos\theta - \sqrt{1-\varphi^2}\sin\theta\cos(2\pi\psi).$$

Например, если изначально фотон распространялся вдоль оси z ($(\zeta, \vartheta, \varphi) = (0,0,\pm 1)$), то после столкновения получим

$$\zeta' = \sin\theta\cos(2\pi\psi),$$

$$\vartheta' = \pm\sin\theta\sin(2\pi\psi),$$

$$\varphi' = \pm\cos\theta$$

После этого итеративно проводится расчет следующего положения (координаты), веса и направления движения фотона до тех пор, пока его вес ***e*** станет ниже критического значения и после этого расчеты для данного фотона останавливаются. Если в ходе блужданий фотон достигает поверхности раздела между слоями, то рассчитывается доля и направление пропущенного и отраженного излучения в соответствии с коэффициентом преломления. Длина волны оптического излучения учитывается путем введения различий в начальную энергию (вес) фотонов излучения разных длин волн.

После вычислений достаточно большого числа траекторий и интенсивностей поглощения и рассеяния и статистической обработки результатов проводится оценка глубины проникновения излучения в ткань, доля проходящей и рассеянной энергии от слоя к слою материала и другие характеристики. Численные расчеты методом Монте-Карло показали хорошее соответствие расчетных значений глубины проникновения оптического излучения в кожу при разном содержании воды результатам экспериментальных измерений [40, 64, 90], а также распределения температуры с учетом преобразования поглощенной энергии в тепло [106, 115, 124, 133], в том числе и для случая отдельного одиночного сосуда [136]. Сравнение точности решения уравнения переноса методами Монте-Карло, Кубелки-Мунка и ряда других с аналитическим решением приведено в [22]. Методом Монте-Карло было проведено моделирование распространения в коже и жировой клетчатке ИК излучения светодиода с учетом спектрального состава и геометрии излучателя [134]. В работе [39] было получено решение уравнения переноса (2) методом граничных элементов для разных значений оптических свойств кожи, соответствующих коже ряда кавказских и азиатских групп.

После проведения расчетов поглощения энергии оптического излучения в разных слоях кожи можно провести расчеты тепломассопереноса в коже с учетом воздействия тепловых и нетепловых (фотобиохимических клеточных, сигнальных и регуляторных) механизмов на систему микроциркуляции. Про этом обычно используется уравнение Пеннеса (Pennes bioheat equation) в виде [14, 81]

$$\rho(t,\vec{r})c(t,\vec{r})\frac{\partial T(t,\vec{r})}{\partial t} = \nabla(k(\vec{r})\nabla T(t,\vec{r})) + \\ + \rho_b c_b W_b(t,\vec{r})(T_b(t,\vec{r}) - T(t,\vec{r})) + q(t,\vec{r}) \quad (5)$$

где ρ и ρ_b, c и c_b – плотности и удельные теплоемкости ткани и крови, W_b – скорость перфузии крови в ткани, T и T_b – температуры ткани и крови, k и q – коэффициент теплопроводности и метаболическое производство тепла в ткани, $\vec{r}$ – радиус-вектор точки.

Представленная модель является обобщением модели системы микроциркуляции, предложенной авторами в [14]. Она позволяет рассчитать распределение температуры в слоях и предсказать результирующее воздействие на локальный участок поверхности тела пациента излучения с заданной длиной волны на систему микроциркуляции и распределение температур при индивидуальной структуре поверхностных

слоев тела. Если решение уравнения (3) ищется в аналитическом виде, то совместное описание теплопродукции, фотоиндуцированных биохимических реакций, диффузию образующихся веществ и регуляторные процессы в ткани и в системе микроциркуляции, то уравнения (3)–(5) должны решаться совместно. При использовании метода Монте-Карло решения уравнений (4), (5) тоже могут определяться методом итераций на последовательных шагах по времени. В следующих работах авторов полная система уравнений (3)–(5) будет исследована для многослойной модели кожи с учетом экспериментальных данных об изменении температуры кожи и интенсивности микроциркуляции после воздействия оптическим излучением различных длин волн.

Література

1. Алексеева Н.Т., Никитюк Д.Б., Глухов А.А. Морфологическая оценка отдаленных результатов регенерации кожи в экспериментальных ранах после светотерапии // Вестник новых медицинских технологий. – 2012. – т.XIX, №2. – С.82–85.

2. Алексеева Н.Т. Гистопланиметрическая характеристика асептического раневого процесса при различных методах регионального воздействия. // Фундаментальные исследования. – 2014. – №10. – С.817–821.

3. Астафьева Л.Г., Желтов Г.И., Рубанов А.С. Моделирование процесса нагрева сосудов крови лазерным излучением. // Оптика и спектроскопия. – 2001. – т. 90, №2. – С. 287–292.

4. Астафьева Л.Г., Желтов Г.И. Динамика температурного поля внутри кровеносного сосуда под действием лазерного излучения. // Оптика и спектроскопия. – 2005. – т. 98, №4. – С. 689–694.

5. Березовский В.А., Колотилов Н.Н. Биофизические характеристики тканей человека: Справочник. Киев: Наукова думка, 1990. – 224 с.

6. Борн М., Вольф Э. Основы оптики. – М.: Наука, 1970. — 856 с.

7. Глухов А.А., Алексеева Н.Т., Остроушко А.П. Морфологическая оценка эффективности применения светотерапии в лечении ран мягких тканей // Междунар. Журн. Прикл. и Фундам. Иссл. – 2012. – №2. – Р.72–73.

8. Джонсон П. Периферическое кровообращение.- М.: Медицина. – 1982. – 440с.

9. Исимару А. Распространение и рассеяние волн в случайно-неоднородных средах. Т. 1. Однократное рассеяние и теория переноса. – М.: Мир, 1981. – 281 с.

10. Казначеев В.П., Дзизинский А.А. Клиническая патология транскапиллярного обмена. М. – 1975. – 240 с.

11. Казначеев С.В., Молчанова Л.В. Изменение биохимических параметров животного под воздействием видимого света. //Сб. Психическая саморегуляция. – Новосиб., 1983. – Вып.3, – С.301–311.

12. Карандашов В.И., Петухов Е.Б. Ультрафиолетовое облучение крови. М.: Медицина. – 1997. – 199 с.

13. Карандашов В.И., Петухов Е.Б., Зродников В.С. Фототерапия. М.: Медицина. – 2001. – 159 с.

14. Кизилова Н.Н. Влияние низкоинтенстного оптического излучения на систему микроциркуляции // Материалы XXXXI Международной научно-практической конференции «Применение лазеров в медицине и биологии» Харьков. - 2014. – С. 143-145.

15. Коробов А.М., Коробов В.А., Лесная Т.А. Фототерапевтические аппараты Коробова серии «Барва». Харьков: ИПП «Контраст». – 2010. – 176 с.

16. Куприянов В.В., Караганов Я.Л., Козлов В.И. Микроциркуляторное русло. М. – 1975. – 216 с.

17. Магомедов А.Р., Стадников А.А., Нузова О.Б., Прудников А.В. Новый способ лечения гнойных ран. // Бюлл. Восточно-Сиб. Науч. Центра СО РАМН. – 2012. – №4(86), часть 1. – С.205–209.

18. Молчанова Л.В., Верчанский Г.Л. Метод выявления патологических особенностей светопроводящих структур биологических объектов. /Удостоверение на рац.предложение No 1217, 1986.

19. Набиуллин Е.Р. Дифференцированная светотерапия в комплексном лечении больных с ранами мягких тканей // Наукоемкие технологии и материалы. Сб. трудов региональной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. Воронеж. – 2010. – С. 112–114.

20. Плетникова В.М., Третьяков Е.В., Шувалов В.В. Устойчивость фазовой функции Хени-Гринштейна и быстрое интегрирование по путям в условиях многократного отражения света. // Квантовая электроника. – 2006. – т.36, №11. – С.1039–1042.

21. Применение лазеров в медицине и биологии. Материалы XXXXI Международной научно-практической конференции. Харьков. – 2014. – 165с.

22. Пушкарева А.Е. Методы математического моделирования в оптике биоткани. Учеб.пос. СПб: СПбГУ ИТМО. – 2008. – 103 с.

23. Самусев Р. П., Липченко В. Я. Атлас анатомии человека. М. – 2002. – 704 с.

24. Селезов И.Т., Кизилова Н.Н. Электромагнитобиология: современное состояние и перспективы. // «Фізичні процеси та поля технічних і біологічних об'єктів». Матеріали конференції. Кременчук. – 2011. – С.64–65.

25. Селезов И.Т., Кизилова Н.Н. Дальний транспорт жидкости и волновые процессы в проводящих путях растений // Современные проблемы математики, механики и информатики. – Харьков: Изд–во «Апостроф». – 2011. – С.201–217.

26. Сетейкин А.Ю. Модель расчета температурных полей, возникающих при воздействии лазерного излучения на многослойную биоткань // Оптический журнал. – 2005. – т. 72, № 7. – С. 42–47.

27. Симоненко Г.В., Тучин В.В. Оптические свойства биологических тканей. Учебно – методическое пособие. Изд. Саратовского ун-та. – 2007. – 48с.

28. Сиротин Б.З., Жмеренецкий К.В. Микроциркуляция при сердечно-сосудистых заболеваниях.– Хабаровск: Изд-во ДВГМУ, 2008.– 150 с.

29. Трошин А.С., Трошина В.П. Физиология клетки. М.: Просвещение. – 1979. – 119с.

30. Тучин В.В. Лазеры и волоконная оптика в биомедицинских исследованиях.– Саратов: Изд-во Сарат. Ун-та. – 1998. – 384 с.

31. Юрина Н.П., Мокерова Д.В., Одинцова М.С. Светоиндуцируемые стрессовые белки пластид фототрофов. // Физиол. растений. – 2013. – т.60,N5. – С.611–624.

32. Чернух А.М., Александров П.Н., Алексеев О.В. Микроциркуляция. М. – 1975. – 456 с.

33. Abergel R.P., Lyons R.F., Castel J.C., et al. Biostimulation of wound healing by lasers: experimental approaches in animal models and in fibroblast cultures. // J. Dermatol. Surg. Oncol. – 1987. – v.13. – P.127–133.

34. Agha-Hosseini F., Moslemi E., Mirzaii-Dizgah I. Comparative evaluation of low-level laser and CO2 laser in treatment of patients with oral lichen planus. // Int. J. Oral Maxillofac Surg. – 2012. – v.41. – P.1265–1269.

35. Alexandrakis G., Rannou F.R., Chatziioannou A.F. Tomographic bioluminescence imaging by use of a combined optical-PET (OPET) system: a computer simulation feasibility study. // Phys. Med. Biol. – 2005. – v.50. – P. 4225–4241.

36. Alisoy H.Z., Barlaz Us S., Alagoz B.B. An FDTD based numerical analysis of microwave propagation properties in a skin–fat tissue layers. // Optik. – 2013. – v.124. – P.5218– 5224.

37. Almeida-Lopes L., Rigau J., Zangaro R.A., et al. Comparison of the low level laser therapy effects on cultured human gingival fibroblasts proliferation using different irradiance and same fluence. // Lasers Surg. Med. – 2001. – v.29. – P.179–184.

38. Anderson R.R., Parrish J.A. Optical properties of human skin. // The Science of Photomedicine. /eds J.D. Regan, J.A.Parrish. New York: Plenum Press. – 1982. – P. 147–194.

39. Ansari M.A., Massudi R. Study of light propagation in Asian and Caucasian skins by means of the Boundary Element Method. // Optics and Lasers in Engineering. – 2009. – v.47. – P.965–970.

40. Arimoto H., Egawa M. Imaging wavelength and light penetration depth for water content distribution measurement of skin. // Skin Research and Technology. – 2015. – v.21. – P. 94–100.

41. Bae G., Choi G. Decoding of light signals by plant phytochromes and their interacting proteins // Annu. Rev. Plant Biol. – 2008. –v. 59. – P. 281–311.

42. Baroni B.M., Leal Junior E.C., De Marchi T., et al. Low level laser therapy before eccentric exercise reduces muscle damage markers in humans. // Eur. J. Appl. Physiol. – 2010. – v.10. – P. 789–796.

43. Barton J.K., Hammer D.X., Prefer T.J., et al. Simultaneous irradiation and imaging of blood vessels during pulsed laser delivery. // Lasers in Surg. Med. – 1999. – v. 24. – P. 236–243.

44. Basford J.R. Low intensity laser therapy: still not an established clinical tool. // Lasers Surg. Med. – 1995. – v.16. – P.331–342.

45. Bashkatov A.N., Genina E.A., Tuchin V.V. Optical properties of skin, subcutaneous, and muscle tissues: a review. // J. Innovative Opt. Health Sci. – 2011. – v.4. – P. 9–38.

46. Beauvoit B., Kitai T., Chance B. Correlation between the light scattering and the mitochondrial content of normal tissues and transplantable rodent tumors. // Biophys. J. – 1994. – v.67. – P. 2501–2510.

47. Bibikova A., Oron U. Promotion of muscle regeneration in the toad (Bufo viridis) gastrocnemius muscle by low-energy laser irradiation. // Anat. Rec. – 1993. – v.235. – P. 374–380.

48. Bouma M.G., Buurman W.A., van den Wildenberg F.A. Low energy laser irradiation fails to modulate the inflammatory function of human monocytes and endothelial cells. // Lasers Surg. Med. – 1996. – v. 19. – P.207–215.

49. Branemark P.I., Adell R., Breine U., et al. Intra-osseous anchorage of dental prostheses. I. Experimental studies. // Scand. J. Plast. Reconstr. Surg. – 1969. – v.3. – P.81–100.

50. Calles C., Schneider M., Macaluso F., et al., Infrared A. Radiationinfluences the skin fibroblast transcriptome: mechanisms andconsequences. // J. Invest. Dermatol. – 2010. – v.130. – P.1524—1536.

51. Campanha B.P., Gallina C., Geremia T., et al. Low-level laser therapy for implants without initial stability. // Photomed. Laser. Surg. – 2010. –v.28. – P.365–369.

52. Conlan M.J., Rapley J.W., Cobb C.M. Biostimulation of wound healing by low-energy laser irradiation. A review. // J. Clin. Periodontol. – 1996. – v.23. – P.492–496.

53. Cressoni M.D., Dib Giusti H.H., Casarotto R.A., Anaruma C.A. The effects of a 785-nm AlGaInP laser on the regeneration of rat anterior tibialis muscle after surgically-induced injury. // Photomed. Laser Surg. – 2008. – v. 26,N5. – P.461–466.

54. Daly S.M., M.J. 'Go with the flow': A review of methods and advancements in blood flow imaging. // J. Biophotonics. – 2013. – v. 6, N3. – P. 217–255.

55. Dolotov L.E., Sinichkin Yu.P., Tuchin V.V., et al. Design and Evaluation of a Novel Portable Erythema-Melanin-Meter // Lasers in Surg. Med. – 2004. – v. 34. – P. 127–135.

56. Dortbudak O, Haas R, Mailath-Pokorny G. Effect of low-power laser irradiation on bony implant sites. // Clin. Oral. Implants Res. – 2002. – v.13. – P.288–292.

57. Douven L.F.A., Lucassen G.W. Retrieval of optical oroperties of skin from measurement and modelling the diffuse reflectance // Proc. SPIE. – 2000. – v. 3914. – P. 312–323.

58. Eellsa J.T. , Wong-Riley M.T.T., VerHoeve J., et al. Mitochondrial signal transduction in accelerated wound and retinal healing by near-infrared light therapy. // Mitochondrion. – 2004. – v. 4. – P. 559–567.

59. Freddo A.L., Rodrigo S.M., Massotti F.P., et al. Effect of low-level laser therapy after implantation of poly-L-lactic/polyglycolic acid in the femurs of rats. // Lasers Med. Sci. – 2009. – v.24. – P.721–728.

60. Gallas J.M., Eisner M. Fluorescence of Melanin-Dependence upon Excitation Wavelength and Concentration. // Photochem. Photobiol. – 1987. – v. 45, N5. – P. 595–600.

61. Gemert M.J.C. van, Welch A.J., Alpesh P.A. Is There an Optimal Laser Treatment for Port Wine Stains? // Lasers in Surg. Med. – 1986. – v. 6, N1. – P. 76–83.

62. Gemert M.J.C. van, Jacques S., Sterenborg H., Star W. Skin optics. // IEEE Trans. BME. – 1989. – v.36, – P.1146–1154.

63. Gemert M.J.C. van, Welch A.J., Pickering J.W., Tan O.T., Gijsbers G.H.M. Wavelengths for Laser Treatment of Port Wine Stains and Telangiectasia. // Lasers in Surg. Med. – 1995. – v. 16, N2. – P. 147–155.

64. Gemert M.J.C. van, Smithies D.J., Verkruysse W., Milner T.E., Nelson J.S. Wavelengths for Port Wine Stain Laser Treatment: Influence of Vessel Radius and Skin Anatomy. // Phys. Med. Biol. – 1997. – v. 42, N1. – P. 41–50.

65. Georgakoudi I., Jacobson B.C., Müller M.G., et al. NAD(P)H and collagen as in vivo quantitative fluorescent biomarkers of epithelial precancerous changes. // Cancer Res. – 2002. – v.62,N3. – P. 682–687.

66. Geronemus R., Weiss R.A., Weiss M.A., et al. Non-ablative LED photomodulation—light activated fibroblast stimulation clinical trial. // Lasers Surg. Med. – 2003. – v.32, Suppl. 15. – P.22.

67. Grossman N., Schneid N., Reuveni H., et al. 780 nm low power diode laser irradiation stimulates proliferation of keratinocyte cultures: involvement of reactive oxygen species. // Lasers Surg. Med. – 1998. – v.22. – P.212–218.

68. Haas A.F., Isseroff R.R., Wheeland R.G., et al. Low energy helium neon laser irradiation increases the motility of cultured human keratinocytes. // J. Invest. Dermatol. – 1990. – v.94. – P.822–826.

69. Harari-Steinberg O., Ohad I., Chamovitz D.A. Dissection of the light signal transduction pathways regulating the two early light-induced protein genes in Arabidopsis. // Plant Physiol. – 2001. – v. 127. – P. 986–997.

70. http://healingtools.tripod.com/PT.html

71. http://zepter-ul.ru/info/veterinarybioptron.html

72. Ito S., Song Y.H., Imaizumi T. LOV domain-containing F-box proteins: light-dependent protein degradation modules in Arabidopsis // Mol. Plant. – 2012. – v.5. – P. 573–582.

73. Jakse N., Payer M., Tangl S., et al. Influence of low-level laser treatment on bone regeneration and osseointegration of dental implants following sinus augmentation. An experimental study on sheep. // Clin. Oral. Implants Res. – 2007. – v.18. – P.517–524.

74. Jacques S.L. Optical properties of biological tissues: a review. // Phys. Med. Biol. – 2013. – v.58. – R37–R61.

75. Jong de W.C., Korfage J.A., Langenbach G.E. Variations in habitual bone strains in vivo: long bone versus mandible. // J. Struct. Biol. – 2010. – v.172. – P.311–318.

76. Karu T. Photobiology of low-power laser effects. // Health Phys. – 1989. – v.56. – P.691–704.

77. Karu T. Primary and secondary mechanisms of action of visible to near-IR radiation on cells. // J. Photochem. Photobiol. B. – 1999. – v.49. – P.1–17.

78. Karu T. Low Power Laser Therapy, Biomedical Photonics Handbook. CRC Press, LLC. – 2003. Chapter 48.

79. Karu T.I. Mitochondrial signaling in mammalian cells activated by red and near-IR radiation. // Photochem. Photobiol. – 2008. – v.84. – P.1091–1099.

80. Kim A.D. Transport theory for light propagation in biological tissue. // J. Opt. Soc. Am. A. – 2004. – v.21. – P.820–827.

81. Kizilova N., Samit R., Petrov N., Szekeres A. Bio-Thermo-Hydro-Mechanics: problems and perspectives // Congress on Thermal Stresses. Book of Abstracts. Budapest. – 2011.

82. Lahaye C.T.W., van Gemert M.J.C. Optimal Laser Parameters for Port Wine Stain Therapy: a Theoretical Approach // Phys. Med. Biol. – 1985. – v. 30, N6. – P. 573–588.

83. Leal Junior E.C., Lopes-Martins R.A., Dalan F., et al, Effect of 655-nm low-level laser therapy on exercise-induced skeletal muscle fatigue in humans. // Photomed. Laser Surg. – 2008. – v.26. – P. 419–424.

84. Lee S.Y., Park K.-H., Choi J.-W., et al A prospective, randomized, placebo-controlled, double-blinded, and split-face clinical study on LED phototherapy for skin rejuvenation: Clinical, profilometric, histologic, ultrastructural, and biochemical evaluations and comparison of three different treatment settings. // J. Photochem. Photobiol. B. – 2007. – v.88. – P. 51–67.

85. Lee J., Smith N. Theoretical modeling in hemodynamics of microcirculation. // Microcirculation. – 2008. – v.15. – P. 699–714.

86. Liang H.L., Whelan H.T., Eells J.T., et al. Photobiomodulation partially rescues visual cortical neurons from cyanide-inducedapoptosis. // Neuroscience. – 2006. – v.139. – P.639–649.

87. Liu X.G., Zhou Y.J., Liu T.C., Yuan J.Q. Effects of low-level laser irradiation on rat skeletal muscle injury after eccentric exercise. // Photomed. Laser Surg. – 2009. – v.27. – P. 863–869.

88. Lopes C.B., Pinheiro A.L., Sathaiah S.,et al. Infrared laser light reduces loading time of dental implants: a Raman spectroscopic study. // Photomed. Laser Surg. – 2005. – v.23. – P.27–31.

89. Lopes C.B., Pinheiro A.L., Sathaiah S., et al. Infrared laser photobiomodulation (lambda 830 nm) on bone tissue around dental implants: a Raman spectroscopy and scanning electronic microscopy study in rabbits. // Photomed. Laser Surg. – 2007. – v.25. – P.96–101.

90. Lucassen G.W., Verkruysse W., Keijzer M., van Gemert M.J.C. Light Distributions in a Port Wine Stain Model Containing Multiple Cylindrical and Curved Blood Vessels // Lasers in Surg. Med. – 1996. – v. 18, N 4. – P. 345–357.

91. Maluf A.P., Maluf R.P., Brito C.R., et al. Mechanical evaluation of the influence of low-level laser therapy in secondary stability of implants in mice shinbones. // Lasers Med. Sci. – 2010. – v.25. – P.693–698.

92. Marchi de T., Leal Junior E.C., Bortoli C., et al. Low-level laser therapy (LLLT) in human progressive-intensity running: effects on exercise performance, skeletal muscle status, and oxidative stress. // Lasers Med. Sci. – 2012. – v.27. – P. 231–236.

93. McDaniel D.H., Newman J., Geronemus R., et al. Non-ablative nonthermal LED photomodulation—a multicenter clinical photoaging trial. // Lasers Surg. Med. – 2003. – v.32, Suppl 15. – P.37.

94. Medrado A.R., Pugliese L.S., Reis S.R., Andrade Z.A. Influence of low level laser therapy on wound healing and its biological action upon myofibroblasts. // Lasers Surg. Med. – 2003. – v.32. – P.39–44.

95. Menter J.M. Temperature dependence of collagen fluorescence. // Photochem. Photobiol. Sci. – 2006. – v.5, N4. – P. 403–410.

96. Mester E., Spiry T., Szende B., Tota J.G. Effect of laser rays on wound healing. // Am. J. Surg. – 1971. – v.122. – P.32–35.

97. Mester E., Korenyi-Both A., Spiry T., Tisza S. The effect of laser irradiation on the regeneration of muscle fibers (preliminary report). // Exp. Chirurg. – 1975. – v.8. – P.258–262.

98. Mester E., Mester A.F., Mester A. The biomedical effects of laser application. // Lasers Surg. Med. – 1985. – v.5. – P.31–39.

99. Mohammed Y., Verhey J.F. A Finite Element Method Model to Simulate Laser Interstitial Thermotherapy in Anatomical Inhomogeneous Regions. // BioMedical Engineering OnLine. – 2005. – v. 4. – P.2.

100. Mohammed I.F., Al-Mustawfi N., Kaka L.N. Promotion of regenerative processes in injured peripheral nerve induced by low-level laser therapy. // Photomed. Laser Surg. – 2007. – v.25. – P.107–111.

101. Naegel A., Heisig M., Wittum G. Detailed modeling of skin penetration - An overview. // Advanced Drug Delivery Reviews. – 2013. – v. 65. – P. 191–207.

102. Nascimento de P.M., Pinheiro A.L., Salgado M.A., Ramalho L.M. A preliminary report on the effect of laser therapy on the healing of cutaneous surgical wounds as a consequence of an inversely proportional relationship between wavelength and intensity: histological study in rats. // Photomed. Laser Surg. – 2004. – v.22. – P.513–518.

103. Niemz M.H. Laser – Tissue Interactions: Fundamentals and Applications. Berlin, 1996. – 305 p.

104. Noble P.B., Shields E.D., Blecher P.D., Bentley K.C. Locomotory characteristics of fibroblasts within a three-dimensional collagen lattice: modulation by a helium/neon soft laser. // Lasers Surg. Med. – 1992. – v. 12. – P. 69–74.

105. Notman R., Anwar J. Breaching the skin barrier — Insights from molecular simulation of model membranes. // Advanced Drug Delivery Reviews. – 2013. – v.65. – P. 237–250.

106. Orr L.S., Eberhart R.C. Overview of Bioheat Transfer. // Optical-Thermal Response of Laser-Irradiated Tissue. / Ed. by Welch A.J., van Gemert M.J.C. – N.Y., 1995. – P. 367–384.

107. Paithankar D.Y., Ross V.E., Saleh B.A., et al. Acne Treatment with a 1450 nm Wavelength Laser and Cryogen Spray Cooling. // Lasers in Surg. Med.. – 2002 – v. 31, N2. – P. 106–114.

108. Pereira A.N., Eduardo de C.P., Matson E., Marques M.M. Effect of low-power laser irradiation on cell growth and procollagen synthesis of cultured fibroblasts. // Lasers Surg. Med. – 2002. –v.31. – P.263–267.

109. Petri A.D., Teixeira L.N., Crippa G.E., et al. Effects of low-level laser therapy on human osteoblastic cells grown on titanium. // Braz. Dent. J. – 2010. – v.21. – P.491–498.

110. Philipp C.M., Berlien H.-P. The future of biophotonics in medicine – A proposal. // Medical Laser Application. – 2006. – v. 21. – P.115–122.

111. Pickering J.W., Butler P.H., Ring B.J., Walker E.P. Computed Temperature Distributions Around Ecstatic Capillaries Exposed to Yellow (578 nm) Laser Light // Phys. Med. Biol. – 1989. – v. 34. – P. 1247–1258.

112. Pinheiro A.L., Lopes C.B., Sathaiah S., Duarte J. Laser biomodulation in bone implants: a Raman spectral study. // Int. Congr. Series. – 2003. – v.1248. – P.449–451.

113. Pinheiro A.L. Advances and perspectives on tissue repair and healing. // Photomed. Laser Surg. – 2010. – v.27. – P.833–836.

114. Posten W., Wrone D.A., Dover J.S., et al. Low-Level Laser Therapy for Wound Healing: Mechanism and Efficacy. // Dermatol. Surg. – 2005. – v.31. – P.334–340.

115. Prefer T.J., Barton J.K., Smithies D.J., et al. Laser treatment of port wine stains: three-dimensional simulation using biopsy-defined geometry in an optical-thermal model. // Proc. SPIE. – 1998. – v. 3245, N4. – P. 322–333.

116. Rodrigues N.C., Brunelli R., de Araújo H.S.S., et al. Low-level laser therapy (LLLT) (660 nm) alters gene expression during muscle healing in rats. // J. Photochem. Photobiol. Ser B. – 2013. – v.120. – P.29–35.

117. Rojas J.C., Gonzalez-Lima F. Neurological and psychologicalapplications of transcranial lasers and LEDs. // Biochem. Pharmacol. – 2013. – v.86. – P.447–457.

118. Rood P.A., Haas A.F., Graves P.J., et al. Low-energy helium neon laser irradiation does not alter human keratinocyte differentiation. // J. Invest Dermatol. – 1992. – v.99. – P.445–448.

119. Russell B.A., Kellett N., Reilly L.R., A study to determine the efficacy of combination LED light therapy (633 nm and 830 nm) in facial skin rejuvenation. // J. Cosmet. Laser. Ther. – 2005. – v.7. – P.196–200.

120. Saidi I.S., Jacques S.L., Tittel F.K. Mie and Rayleigh modeling of visible-light scattering in neonatal skin. // Appl. Opt. – 1995. – v.34. – P. 7410–7418.

121. Salomatina E, Jiang B, Novak J., Yaroslavsky A.N. Optical properties of normal and cancerous human skin in the visible and near-infrared spectral range. // J. Biomed. Opt. – 2006. – v.11. – P.064026.

122. Scardina G.A., Carini F., Noto F., et al. Microcirculation in the healing of surgical wounds in the oral cavity. // Int. J. Oral Maxillofac. Surg. – 2013. – v.42. – P.31–35.

123. Schaffer M., Bonel H., Sroka R. Effects of 780 nm diode laser irradiation on blood microcirculation: preliminary findings on time-dependent T1-weighted contrast-enhanced magnetic resonance imaging (MRI). // J. Photochem. Photobiol. B. – 2000. – v.54. – P. 55–60.

124. Scherbakov Y.N., Yakunin A.N., Yaroslavsky I.V., Tuchin V.V. Modeling of Temperature Distribution in the Skin Irradiated by Visible Laser Light // Proc. SPIE. – 1994. – v. 2082, N3. – P. 268–275.

125. Schindl A., Merwald H., Schindl L., et al. Direct stimulatory effect of low-intensity 670 nm laser irradiation on human endothelial cell proliferation. // Br. J. Dermatol. – 2003. – v.148. – P.334–336.

126. Schmitt J.M., Kumar G. Optical Scattering Properties of Soft Tissue: A Discrete Particle Model. // Applied Optics. – 1998. – v.37. – P.2788–2797.

127. Schindl A., Schindl M., Pernerstorfer-Schon H, Schindl L. Low-intensity laser therapy: a review. // J. Invest. Med. – 2000. – v.48. – P.312–326.

128. Schönenbrücher H., Adhikary R., Mukherjee P., Casey T.A. Fluorescence-Based Method, Exploiting Lipofuscin, for Real-Time Detection of Central Nervous System Tissues on Bovine Carcasses. // J. Agricult. Food Chem. – 2008. – v.56,N15. – P.6220–6226.

129. Shapiro M.G., Homma K, Villarreal S, et al. Infrared light excitescells by changing their electrical capacitance. // Nat. Commun. –2012. – v.3. – P.736.

130. Shvetsky F.M., Musikhin L.V., Smolnikov P.V., et al. Efects of intravenous laser blood irradiation on systemic microcirculation. // Abstracts of 13th European Medical Laser Association Congress. – 2008. – S16.

131. Silva Junior A.N., Pinheiro A.L., Oliveira M.G.,et al. Computerized morphometric assessment of the effect of low-level laser therapy on bone repair: an experimental animal study. // J. Clin. Laser. Med. Surg. – 2002. – v.20. – P.83–87.

132. Simpson C.R., Kohl M., Essenpreis M., Cope M. Near infrared optical properties of ex-vivo human skin and subcutaneous tissues measured using the Monte Carlo inversion technique Phys. // Med. Biol. – 1998. – v.43. – P. 2465–2478.

133. Smithies D.J., Butler P.H. Modelling the Distribution of Laser Light in Port-Wine Stains with the Monte Carlo Method. // Phys. Med. Biol. – 1995. – v. 40. – P. 701–733.

134. Song S., Kobayashi Y., Fujie M.G. Monte-Carlo simulation of light propagation considering characteristic of near-infrared LED and evaluation on tissue phantom. // Procedia CIRP. – 2013. – v. 5. – P. 25 – 30.

135. Star W.M. Diffusion theory of light transport. // Optical-thermal response of laser-irradiated tissue. / Ed. by Welch A.J. and van Gemert M.J.C. – N.Y., 1995. – P. 131–206.

136. Sturesson C., Andersson-Engels S. Mathematical modelling of dynamic cooling and pre-heating, used to in-

crease the depth of selective damage to blood vessels in laser treatment of port wine stains // Phys. Med. Biol. – 1996. – v. 41, N4. – P. 413–428.

137. Svaasand L.O., Norvang L.T., Fiskerstrand E.J., Stopps E.K.S., Berns M.W., Nelson J.S. Tissue parameters determining the visual appearance of normal skin and port-wine stains. // Lasers in Med. Sci. – 1995. – v. 10. – P. 55–65.

138. The Science of Photomedicine. / J.D. Regan, J.A. Parrish (eds.), Plenum Press, New York. – 1982. – 201 p.

139. Tsai Sh.-Ru, Yin R., Huanga Y.-Y., et al. Low-level light therapy potentiatesNPe6-mediated photodynamic therapyin a human osteosarcoma cell line viaincreased ATP. // Photodiagn. Photodyn. Therapy. – 2015. – v.12. – P.123–130.

140. Tuchin V.V. Handbook of Optical Biomedical Diagnostics, SPIE Press, Bellingham. – 2002. – 1110 p.

141. Tuchin V. Tissue Optics: Light Scattering Methods and Instruments for Medical Diagnosis, SPIE Press, Bellingham, Washington. – 2007. – 988 p.

142. Valvano J.W. Tissue thermal properties and perfusion. // Optical-Thermal Response of Laser-Irradiated Tissue / Ed. by Welch A.J., van Gemert M.J.C. – N.Y., 1995. – P. 445–488.

143. Vinik A. I., Erbas T., Park T.S., et al. Dermal neovascular disfunction in type 2 diabetes. // Diabetes Care. – 2001. – v.24. – P.1468–1475.

144. Vo-Dinh T. Biomedical Photonics Handbook, CRC Press, Boca Raton. – 2003. – 1872 p.

145. Weber J.B., Pinheiro A.L., de Oliveira M.G.,et al. Laser therapy improves healing of bone defects submitted to autologous bone graft. // Photomed. Laser Surg. – 2006. – v.24. – P.38–44.

146. Weiss N., Oron U. Enhancement of muscle regeneration in the rat gastrocnemius muscle by low energy laser irradiation. // Anat. Embryol. (Berl.) – 1992. – v.186. – P.497–503.

147. Weiss R.A., McDaniel D.H., Geronemus R.G. Review of nonablative photorejuvenation: reversal of the aging effects of the sun and environmental damage using laser and light sources. // Semin. Cutan. Med. Surg. – 2003. – v.22. – P.93–116.

148. Weiss R.A., Weiss M.A., Geronemus R.G., McDaniel D.H. A novel non-thermal non-ablative full panel LED photomodulation device for reversal of photoaging: digital microscopic and clinical results in various skin types. // J. Drugs. Dermatol. – 2004. – v.3. – P.605–610.

149. Weiss R.A., McDaniel D.H., Geronemus R.G., et al. Clinical experience with lightemitting diode (LED) photomodulation. // Dermatol. Surg. – 2005. – v.31. – P.1199–1205.

150. Weiss R.A., McDaniel D.H., Geronemus R.G., Weiss M.A. Clinical trial of a novel non-thermal LED array for reversal of photoaging: clinical, histologic, and surface profilometric results. // Lasers. Surg. Med. – 2005. – v.36. – P.85–91.

151. Whelan H.T., Connelly J.F., Hodgson B.D., et al. NASA light-emitting diodes for the prevention of oral mucositis in pediatric bone marrow transplant patients. // J. Clin. Laser. Med. Surg. – 2002. – v.20. – P.319–324.

152. Whelan H.T., Buchman E.V., Dhokalia A., et al. Effect of NASA light-emitting diode irradiation on molecular changes for wound healing in diabetic mice. // J. Clin. Laser. Med. Surg. – 2003. – v.21. – P.67–74.

153. Wong-Riley M.T.T., Bai X., Buchmann E., Whelan H.T. Light-emitting diode treatment reverses the effect of TTX on cytochrome oxidase in neurons. // NeuroReport. – 2001. – v.12. – P.3033–3037.

154. Wong-Riley M.T., Liang H.L., Eells J.T., et al. Photobiomodulation directly benefits primary neurons functionally inactivatedby toxins: role of cytochrome c oxidase. // J. Biol. Chem. – 2005. – v.280. – P.4761—4771.

155. Wu Ch.-Sh., Hu S. Ch.-S., Lan Ch.-Ch., et al. Low-energy helium-neon laser therapy induces repigmentation and improves the abnormalities of cutaneousmicrocirculation in segmental-type vitiligo lesions. // J. Med. Sci. – 2008. – v.24,N4. – P.180–189.

156. Ying R., Liang H.L., Whelan H.T., et al. Pretreatment with near-infrared light via light-emitting diode provides added benefitagainst rotenone- and MPP+-induced neurotoxicity. // Brain Res. – 2008. – v.1243. – P.167—173.

157. Zhang L., Xing D., Zhu D., Chen Q. Low-power laser irradiation inhibiting Abeta25-35-induced PC12 cell apoptosis via PKCactivation. // Cell Physiol. Biochem. –2008. – v.22. – P.215—222.

158. Zhang H., Wu S., Xing D. Inhibition of Abeta(25—35)-inducedcell apoptosis by low-power-laser-irradiation (LPLI) throughpromoting Akt-dependent YAP cytoplasmic translocation. // CellSignal. – 2012. – v.24. – P.224–232.

159. Zipfel W.R., Williams R.M, Christie R., et al. Live tissue intrinsic emission microscopy using multiphoton-excited native fluorescence and second harmonic generation. // Proc. NASU.- 2003.– 2003. – v.100,N12. – P.7075–7080.

МЕХАНІЗМИ ВПЛИВУ НИЗЬКОІНТЕНСИВНОГО ОПТИЧНОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ НА СИСТЕМУ МІКРОЦИРКУЛЯЦІЇ (ОГЛЯД)

Кізілова Н.Н., Коробов А.М.
НД лабораторія квантової біології
і квантової медицини ХНУ імені В.Н.Каразіна,
майдан Свободи, 6, Харків, 61022, Україна,
тел.: +38 (067) 731-14-31, тел./факс: +38 (057) 707-51-91
e-mail: amkorobov@i.ua;

У роботі представлений огляд ефектів та механізмів дії низькоінтенсивного оптичного випромінювання лазерів і світлодіодів на молекулярному, клітинному, тканинному та організменному рівнях.

Відомо, що всі процеси, що протікають в живих організмах на будь-якому рівні їх організації пов'язані з переносом і перетворенням енергії. Причому, в абсолютній більшості цих процесів первинним джерелом енергії є світло. Дія оптичного випромінювання на рослини і тварин різні і пов'язані з відповідними специфічними світлочутливими молекулами, зміною їх конформації і фізіологічної активності, що призводить до зміни метаболізму на клітинному рівні. Дія світла пов'язана також з метаболічними сигнальними мережами, які викликають реакцію на рівні тканини і організму в цілому.

В даний час оптичне випромінювання широко використовується в традиційній медицині як складова комплексу лікувальних і реабілітаційних заходів, в фізіотерапії і в ветеринарії, зокрема, при лікуванні інфекційних захворювань, хвороб шкіри, сухожиль, зв'язок, суглобів, пролежнів, захворювань дихальних шляхів, постраневих процесів , порушень росту і розвитку, в лікуванні гіпербілірубінемії. Останнім часом велика увага приділяється терапевтичному використанню неруйнівного й нетоксичного НІОВ лазерів (low level energy lasers, LLEL) і світлодіодів (light-emitting diodes, LED).

Низькоінтенсивне оптичне випромінювання (НІОВ) прискорює загоєння ран, має протизапальну і болезаспокійливу дію, в тому числі в якості для постоперативного анальгетика, має захисну дію на клітини, перешкоджає їх загибелі від цитотоксичних факторів. Інтенсифікація системи мікроциркуляції під дією оптичного випромінювання може бути ключовим механізмом загоєння ран і зменшення болю. Цитопротекторну дію НІОВ різних довжин хвиль і доз на клітини в культурі було показано в цілому ряді робіт, в тому числі на клітини, оброблені отрутами: ціанідом, тетродотоксином, ротеноном і MPP +. Цитопротекторну дію НІОВ і зниження апоптозу було зафіксовано в нейронах, оброблених бета-амілоїду.

В останні роки зростає інтерес до терапевтичного використання непошкоджуючих неінвазивних методів, які практично не мають негативної післядії та протипоказання, до числа яких належить випромінювання світлодіодів (LED). В цьому випадку механізми дії фотонів пов'язують з клітинними і субклітинними рецепторами, фотоіндуковане збільшення або зниження активності яких призводить до каскаду реакцій на клітинному і тканинному, а потім і на рівні організму

Можна виділити наступні встановлені механізми дії НІОВ на тканинному рівні:

1) фотохімічні - енергія оптичного випромінювання поглинається світлочутливими молекулами, а потім передається на молекулярному рівні іншим молекулам і молекулярним структурам, які беруть участь в сигналізації та регуляції метаболічних процесів. Найбільший ефект для кожної світлочутливої молекули надає опромінення з діапазоном хвиль, відповідних максимуму її поглинання.

2) фототермічні - світлоіндукована гіперемія тканин (light-induced hyperthermia), термічні динамічні реакції (thermic dynamic reactions), а при великій інтенсивності – світлоіндукованного випаровування (photovaporisation), виборчий термолізіс (selective photothermolysis), коагуляція (light-induced coagulation) і злиття тканин (tissue fusion).

3) фотомеханічні - хімічна і термічна абляція (chemical and thermal photoablation), фрагментація (photofragmentation) і руйнування (photodisruption).

4) фотофізичні - піроелектричний ефект (pyroelectricity).

Вибір оптимального спектрального діапазону, оптимальної дози і режиму опромінення є одним з найбільш важливих питань низько інтенсивної фототерапії. В даний час об'єктивної інформації про механізми, закономірності та результати впливу НІОВ на тканини і клітини недостатньо для розробки і впровадження конкретних (строго регламентованих) клінічних методик, тому фототерапія проводиться як додаток до стандартних терапевтичним і реабілітаційних заходів.

У статті також детально описано поширення оптичного випромінювання в біологічних тканинах як анізотропних багатошарових матеріалах на прикладі математичних моделей.

Ключові слова: *система мікроциркуляції крові, низкоинтенсивное оптичне випромінювання, ефекти і механізми дії, математичні моделі.*

MECHANISMS OF INFLUENCE OF LOW-INTENSITY OPTICAL RADIATION ON MICROCIRCULATION SYSTEM (REVIEW)

Kizilova N.N., Korobov A.M.
Quantum Biology and Quantum Medicine Research Laboratory
of V.N. Karazin Kharkiv National University,
6 Svobody Sq., Kharkiv, 61022, Ukraine,
tel.: +38(067)731-14-31, tel./fax: +38(057)707-51-91
e-mail: amkorobov@i.ua;

The paper provides an overview of the effects and mechanisms of action of low-intensity optical radiation of lasers and LEDs at the molecular, cellular, tissue and body levels.

It is known that all the processes in living bodies at all levels of their organization are linked to the transfer and transformation of energy. Moreover, in the majority of these processes light is a primary energy source. Effects of optical radiation on plants and animals are diverse and are associated with the respective specific photosensitive molecules, and change of their conformation and physiological activity, which causes a change in the metabolism at the cellular level. The light effect is also associated with metabolic signaling networks, which cause the reaction at the level of tissues and whole body.

Currently, optical radiation is widely used in traditional medicine as a part of therapeutic and rehabilitation group of measures, in physical therapy and veterinary medicine, particularly in treatment of infectious diseases, disorders of skin, sinews, ligaments, joints, bed sores, respiratory disorders, after wound processes, growth and development disorders, in hyperbilirubinemia treatment. In recent years, great attention has been paid to the therapeutic use of non-destructive and non-toxic LIOR of lasers (low level energy lasers, LLEL) and LEDs (light-emitting diodes).

Low-intensity optical radiation (LIOR) accelerates wound healing, shows anti-inflammatory and analgesic effect (may also be applied as postoperative analgesic), protects cells and prevents their destruction, caused by cytotoxic factors. Intensification of microcirculation under the influence of optical radiation may be a key mechanism of wound healing and pain reduction. Number of references show the cytoprotective action of LIOR of different wavelengths and doses on cells in culture, including cells treated with poisons: cyanide, tetrodotoxin, rotenone and MPP +. The cytoprotective effect of LIOR and apoptosis reduction were observed in amyloid-beta treated neurons.

Recently, there has been a growing interest in the therapeutic use of nondestructive non-invasive methods, such as LED light, which practically have no negative aftereffects and contraindications. In this case, the action mechanisms of photons is associated with cellular and subcellular receptors, whose photoinduced increased or decreased activity results in a pathway at the cellular and tissue level, and then in the whole body.

The determined LIOR mechanisms of action at tissue level are the following:

1) Photochemical – the energy of the optical radiation is absorbed by the light-sensitive molecules, and then transferred to other molecules and molecular structures that are involved in signaling and metabolic processes regulation at the molecular level. The greatest effect for each light-sensitive molecule is caused by exposure to the wavelength range corresponding to the maximum of its absorption.

2) Photothermal – light-induced hyperthermia, thermic dynamic reactions, and at higher intensities – light-induced evaporation (photovaporisation), selective photothermolysis, light-induced coagulation and tissue fusion.

3) Photomechanical – chemical and thermal photoablation, photofragmentation and photodisruption.

4) The photophysical – pyroelectric effect (pyroelectricity).

Selection of the optimal spectral range, the optimal dose and exposure mode is one of the most important issues of low-intensity phototherapy. Currently, the objective information on the mechanisms, patterns and results of impact of LIOR on tissues and cells is not enough to develop and implement specific (strictly regulated) clinical procedures, so phototherapy is conducted in addition to standard therapeutic and rehabilitation activities.

The article also details the propagation of optical radiation in biological tissues as multilayer anisotropic materials in terms of mathematical models.

Keywords: *blood microcirculation system, low-intensity optical radiation, the effects and mechanisms of action, mathematical models.*

УДК 615.831

ЗАХИСНИЙ ЕФЕКТ КВАЗІМОНОХРОМАТИЧНОГО ЧЕРВОНОГО СВІТЛА ВІД ОКСИДАТИВНОЇ ДІЇ НАДВИСОКОЧАСТОТНОГО ЕЛЕКТРОМАГНІТНОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ

[1]Цибулін О.С., [2]Якименко І.Л., [3]Сидорик Є.П.

[1]Білоцерківський національний аграрний університет,
пл. Соборна, 8/1, м. Біла Церква, 09100 Україна,
тел. +38(04563)33-11-46,
e-mail: alex.tsybulin@gmail.com;
[2]Національний університет харчових технологій,
вул. Володимирська, 68, м. Київ, 01601 Україна,
тел. +38(044)287-97-46;
[3]Інститут експериментальної патології, онкології і радіобіології імені Р.Є.Кавецького,
вул. Васильківська, 45, м. Київ, 03022 Україна,
тел. +38(044) 259-01-83.

Вступ. *Всесвітня організація охорони здоров'я офіційно визнала електромагнітне випромінювання радіочастотного діапазону можливим канцерогеном для людини. У деяких епідеміологічних дослідженнях було продемонстровано збільшення ризику виникнення раку головного мозку, невриноми слухового нерву, зміни гормонального статусу та психофізичних показників у осіб, що перебувають під тривалим впливом електромагнітного випромінювання радіочастотного діапазону. У той же час відсутність чітких уявлень про молекулярні механізми таких впливів електромагнітного випромінювання була однією з перешкод на шляху широкого визнання даного феномену.*

Раніше нами було продемонстровано, що монохроматичне червоне світло гелій-неонового лазера, а також червоне випромінювання світлодіодів (LED) за певних режимів проявляють виражену антиоксидантну дію на ембріони птиці. В даній роботі нами проведено експериментальну оцінку ефективності використання червоного світла LED для захисту ембріональних клітин від негативних ефектів електромагнітного випромінювання стандарту GSM (частота 900 МГц).

Матеріали та методи. *У роботі використані ембріони перепела японського (Japanese quail). Для експерименту було сформовано три групи по 8-10 свіжих інкубаційних яєць, які інкубували in ovo. Перша група слугувала інтактним контролем, друга піддавалася дії надвисокочастотного випромінювання (НВЧВ) стандарту GSM 900 МГц. Яйця третьої групи опромінювались НВЧВ і додатково – квазімонохроматичним червоним світлом LED. За джерело НВЧВ використовували 3G USB–модем Huawei E173 та комерційну модель мобільного телефону Nokia 3120, які активізували комп'ютерною програмою автодозвону у режимі 48 секунд – «увімкнуто», 12 секунд – «вимкнуто». В стані «увімкнуто» система випромінювала НВЧВ стандарту GSM 900 МГц з щільністю потужності 14 мкВт/см^2 в зоні розташування біологічного об'єкту (яєць). В якості джерела квазімонохроматичного червоного випромінювання використовували світлодіодну матрицю (20 світлодіодів L7113 PDC/H, довжина хвилі 630–650 нм), що давала в зоні знаходження біологічного об'єкту щільність потужності світла 0,1 мВт/см^2. Перепелині ембріони другої групи опромінювали in ovo НВЧВ стандарту GSM 900 МГц протягом 120 годин до інкубації та 38 годин - упродовж перших двох діб інкубації. Ембріони третьої групи опромінювали НВЧВ у такому ж режимі та додатково упродовж 180 секунд (3×60) - квазімонохроматичним червоним світлом під час інкубації.*

Яйця двох дослідних і контрольної груп інкубували у однакових стандартних умовах з екрануванням металевою фольгою однієї групи від іншої. Ембріональний розвиток зупиняли після 38 годин інкубації та мікроскопічно оцінювали його рівень за кількістю пар диференційованих сомітів, а також за показниками прооксидантно-антиоксидантної рівноваги у ембріональних клітинах.

Результати досліджень *та їх обговорення. Опромінення ембріонів НВЧВ стандарту GSM 900 МГц призвело до незначного, але достовірного пригнічення сомітогенезу, що виражалося у*

© Цибулін О.С., Якименко І.Л., Сидорик Є.П., 2016

зменшенні кількості пар диференційованих сомітів на 11,2% (P<0,05) порівняно з контролем. В той же час додаткове опромінення ембріонів квазімонохроматичним червоним світлом привело до відновлення інтенсивності сомітогенезу до рівня контролю.

НВЧВ викликало виражений оксидативний стрес у ембріональних клітинах. Зокрема, рівень ТБК-реагуючих перекисних ліпідних сполук у клітинах ембріонів групи II виявився на 37,5% (P<0,05) вищим порівняно з контролем. Крім того, активність супероксиддисмутази (СОД) та особливо каталази у клітинах ембріонів, опромінених НВЧВ, була суттєво знижена порівняно з контролем: СОД - на 17,3%, каталази – на 78,6% (P<0,01).

***Висновки.** Отримані нами дані засвідчують виражені оксидативні ефекти низькоінтенсивного електромагнітного випромінювання стандарту GSM 900 МГц на ембріональні клітини в умовах in vivo та на активність ферментів антиоксидантного захисту в умовах in vitro. Крім того, продемонстровано виражений нормалізуючий вплив квазімонохроматичного червоного випромінювання світлодіодів на ранній розвиток ембріонів птиці та стан прооксидантно-антиоксидантної рівноваги в ембріональних клітинах, що дозволяє розглядати цей фактор, як потенційний засіб ефективного зменшення ризиків від надлишкового опромінення живих систем НВЧВ сучасних систем бездротового зв'язку.*

***Ключові слова:** оксидативний стрес, надвисокочастотне електромагнітне випромінювання, ембріогенез, фототерапія, антиоксиданти.*

Вступ

Офіційне визнання електромагнітного випромінювання радіочастотного діапазону можливим канцерогеном для людини (група 2B) Міжнародною агенцією з дослідження раку, що є структурним підрозділом Всесвітньої організації охорони здоров'я, стало важливою віхою в оцінці глобальних ризиків від стрімкого розвитку бездротових технологій [6]. До цього у деяких епідеміологічних дослідженнях було продемонстровано збільшення ризику виникнення пухлин головного мозку, невриноми слухового нерву, зміни гормонального статусу та психофізичних показників у осіб, що перебувають під тривалим впливом електромагнітного випромінювання радіочастотного діапазону [17]. У той же час відсутність чітких уявлень про молекулярні механізми таких впливів електромагнітного випромінювання була однією з перешкод на шляху до широкого визнання даного феномену.

Проте упродовж останніх років у багатьох лабораторіях світу були виявлені виражені оксидативні ефекти електромагнітного випромінювання радіочастотного діапазону - активація ключових клітинних систем генерації активних форм кисню, окисне ушкодження ДНК [16].

Раніше нами було продемонстровано, що монохроматичне червоне випромінювання гелій-неонового лазера, а також червоне випромінювання світлодіодів (LED) за певних режимів проявляють виражену антиоксидантну дію на ембріони птиці [4]. В даній роботі нами проведено експериментальну оцінку ефективності використання червоного світла LED для захисту ембріональних клітин від негативних ефектів електромагнітного випромінювання стандарту GSM (частота 900 МГц).

Матеріали та методи

У роботі використані ембріони перепела японського (*Coturnix japonica*). Для експерименту було сформовано три групи по 8-10 свіжих інкубаційних яєць, які інкубували *in ovo*. Інкубацію здійснювали за оптимальних умов для розвитку перепелиного ембріона: температура 38,3 ±0,2°C, відносна вологість 60 %. Яйця розміщували у горизонтальних лотках і перевертали тричі на день. Перша група слугувала інтактним контролем, друга піддавалася дії надвисокочастотного випромінювання (НВЧВ) стандарту GSM 900 МГц. Яйця третьої групи опромінювались НВЧВ і додатково –червоним світлом LED.

За джерело НВЧВ використовували 3G USB–модем Huawei E173 та комерційну модель мобільного телефону Nokia 3120, які активізували комп'ютерною програмою автодозвону у режимі 48 секунд – «увімкнуто», 12 секунд – «вимкнуто». В стані «увімкнуто» система випромінювала НВЧВ стандарту GSM 900 МГц з щільностю потужності 14 мкВт/см^2 в зоні розташування біологічного об'єкту (яєць). Інтенсивність НВЧВ оцінювали вимірювачем електромагнітного випромінювання радіочастотного діапазону (RF Field Strength Meter, Alfalab Inc., USA).

В якості джерела червоного випромінювання використовували світлодіодну матрицю (20 світлодіодів L7113 PDC/H, довжина хвилі 630–650 нм), що давала в зоні знаходження біологічного об'єкту щільність потужності світла 0,1 мВт/см^2, яку вимірювали за допомогою «Измерителя лучевых потоков» (Україна).

Перепелині ембріони другої групи опромінювали *in ovo* НВЧВ стандарту GSM 900 МГц протягом 120 годин до інкубації та 38 годин - упродовж перших двох діб інкубації. Даний режим опромінення

у попередніх дослідженнях [14] проявив виражену пригнічуючу дію на інтенсивність раннього розвитку перепелиного ембріону. Ембріони третьої групи опромінювали НВЧВ у такому ж режимі та додатково упродовж 180 секунд (3×60) - червоним світлом під час інкубації (на 2, 17 та 32 годину інкубації). Обраний режим раніше нами [5] був використаний для стимуляції ембріонального розвитку перепела.

Яйця двох дослідних і контрольної груп інкубували у однакових стандартних умовах з екрануванням металевою фольгою однієї групи від іншої. Ембріональний розвиток зупиняли після 38 годин інкубації та мікроскопічно оцінювали його рівень за кількістю пар диференційованих сомітів, а також за показниками прооксидантно-антиоксидантної рівноваги у ембріональних клітинах. Для приготування суспензії ембріональних клітин перепелиний ембріон після 38 годин інкубації знімали з поверхні жовтка за допомогою паперового кільця. Після цього ембріон обережно відмивали у холодному фосфатному буфері та знімали з паперового кільця. Суспензію ембріональних клітин отримували шляхом обережного піпетування цілого ембріону, що на той період розвитку сягав маси 7 мг, у відповідному об'ємі фосфатного буферу (1:10).

Рівень пероксидів ліпідів у гомогенатах усіх тканин 38-годинних ембріонів визначали у тесті з тіобарбітуровою кислотою (ТБК) у присутності іонів Fe^{2+} [8]. Крім цього, визначали активність ферментів антиоксидантного захисту - супероксиддисмутази (СОД) та каталази [2, 3].

Для з'ясування, чи є зміна активності ферментів антиоксидантного захисту реакцією на зміну рівня активних форм кисню у клітинах, або вона обумовлена прямою дією випромінювання на ферменти, нами були проведені модельні опромінення розчинів ферментів *in vitro*. Для цього визначали вплив НВЧВ стандарту GSM 900 МГц на активність модельного розчину СОД та каталази у гомогенаті тканин 38-годинних перепелиних ембріонів (під час інкубації не піддавались опроміненню) під час постановки реакції щодо визначення ферментативної активності. Час впливу електромагнітного випромінювання в цих експериментах складав 10 хвилин, щільність потужності НВЧВ – 0,25 мкВт/см^2. Крім того, в експерименті *in vitro* визначали можливість реактивації ферментів антиоксидантного захисту червоним світлом LED (щільність потужності - 0,1 мВт/см^2; час впливу – 10 хвилин). В усіх експериментах опромінення червоним світлом відбувалось на фоні НВЧВ.

Результати досліджень та їх обговорення

Опромінення ембріонів НВЧВ стандарту GSM 900 МГц призвело до незначного, але достовірного пригнічення сомітогенезу, що виражалося у зменшенні кількості пар диференційованих сомітів на 11,2% ($P<0,05$) порівняно з контролем. В той же час додаткове опромінення ембріонів червоним світлом призвело до відновлення інтенсивності сомітогенезу до рівня контролю (рис. 1, табл. 1).

НВЧВ викликало виражений оксидативний стрес у ембріональних клітинах. Зокрема, рівень ТБК-реагуючих перекисних ліпідних сполук у клітинах ембріонів групи II виявився на 37,5% ($P<0,05$) вищим порівняно з контролем. Крім того, активність СОД та особливо каталази у клітинах ембріонів, опромінених НВЧВ, була суттєво знижена порівняно з контролем: СОД - на 17,3%, каталази – на 78,6% ($P<0,01$).

Опромінення ембріонів червоним світлом з довжиною хвилі 630–650 нм призвело до достовірного відновлення порушеної прооксидантно–антиоксидантної рівноваги у ембріональних клітинах. Зокрема, рівень ТБК-реагуючих перекисних ліпідних сполук у клітинах ембріонів, зазнавших одночасної дії НВЧВ та червоного світла, знизився на 30,4% ($P<0,001$) порівняно з показником ембріонів, опромінених тільки електромагнітним випромінюванням стандарту GSM. Крім того, активність каталази суттєво (на 99,2%, $P<0,01$) підвищилась після дії червоного світла на ембріони, на які попередньо діяли НВЧВ, практично повернувшись до контрольного рівня (табл. 1).

Таблиця 1

Вплив опромінення перепелиних яєць НВЧВ стандарту GSM 900 МГц та червоним світлом з довжиною хвилі 630-650 нм на інтенсивність сомітогенезу й показники прооксидантно-антиоксидантної рівноваги у клітинах ембріонів: n = 7; M ± m.

Показник	Контрольна група I	Дослідна група II	Дослідна група III
Випромінювання	-	НВЧВ	НВЧВ + LED
Щільність дози енергії опромінення, мДж/см^2	-	6370	6370 + 18
Кількість сомітів, шт	11,63±0,42	10,33±0,33*	11,71±0,56
Перекиси ліпідів, мкмоль/г	0,797±0,099	1,096±0,025*	0,763±0,054^{+++}
Активність СОД, ум. од.	0,163±0,026	0,139±0,012	0,112±0,021
Активність каталази, нкат/г	7,921±0,855	4,434±0,517**	8,834±1,086^{++}

* - $P<0,05$; ** - $P<0,01$ порівняно з контролем; $^{++}$ $P<0,01$; $^{+++}$ $P<0,001$ порівняно з дослідною групою II.

У експериментах *in vitro* з модельними розчинами ферментів виявилось, що опромінення розчину кристалічного ферменту СОД (10 μM) НВЧВ стандарту GSM 900 МГц з щільністю потужності 0,25 мкВт/см^2 упродовж 10 хвилин суттєво (на 64,3%, P<001) зменшувало активність ферменту порівняно з контрольним (неопроміненим) розчином ферменту. У той же час додаткова дія на розчин СОД червоного випромінювання з довжиною хвилі 630-650 нм та щільністю потужності 0,1 мВт/см^2 протягом 10 хвилин одночасно з НВЧВ призводила до суттєвого (на 46%, P<0,05) відновлення активності ферменту (рис. 2).

Аналогічно, опромінення гомогенату тканин 38-годинного перепелиного ембріону *in vitro* упродовж 10 хвилин НВЧВ стандарту GSM 900 МГц призводило до достовірного (на 23,4%, P<0,001) пригнічення активності каталази. Одночасна дія на гомогенат червоним світлом відновлювала активність каталази на 21,4% (P<0,05) порівняно зі зразками, опроміненими тільки НВЧВ (рис. 3).

Отримані нами дані засвідчують значний оксидативний потенціал низькоінтенсивного електромагнітного випромінювання радіочастотного діапазону. Слід відзначити, що упродовж останніх років оксидативні ефекти НВЧВ були продемонстровані на різних біологічних моделях за інтенсивностями випромінювання, що є значно меншими за офіційно визнаними міжнародними стандартами електромагнітної безпеки [7, 12]. Використані в наших експериментах інтенсивності НВЧВ стандарту GSM 900 МГц (0,25 та 14 мкВт/см^2) також є на 2-3 порядки меншими за рекомендовані Міжнародною комісією із захисту від неіонізуючого випромінювання [10]. При цьому нами вперше продемонстровано прямий ефект НВЧВ надмалих інтенсивностей на активність ключових ферментів антиоксидантного захисту - СОД та каталази в експериментах *in vitro*.

Важливим є те, що виявлення оксидативного механізму дії низькоінтенсивного електромагнітного випромінювання радіочастотного діапазону відкриває нові шляхи для зменшення негативного впливу даного виду випромінювання на живі системи. Зокрема, у ряді лабораторій було продемонстровано ефективність класичних антиоксидантів (вітаміни С і Е, глутатіон) для зменшення оксидативного стресу у клітинах, що був спричинений дією радіочастотного НВЧВ [11, 13]. У той же час відомо, що низькоінтенсивне червоне випромінювання лазерів та світлодіодів за певних режимів чинить виражений антиоксидантний ефект. Зокрема, раніше нами було продемонстровано виражені регуляторні та антиоксидантні ефекти червоного світла гелій-неонового лазера та світлодіодів на моделі ембріону птиці [4]. З огляду на це, отримані в даній роботі виражені нормалізуючі та антиоксидантні ефекти червоного світла на перепелині ембріони, попередньо уражені НВЧВ, є цілком логічними.

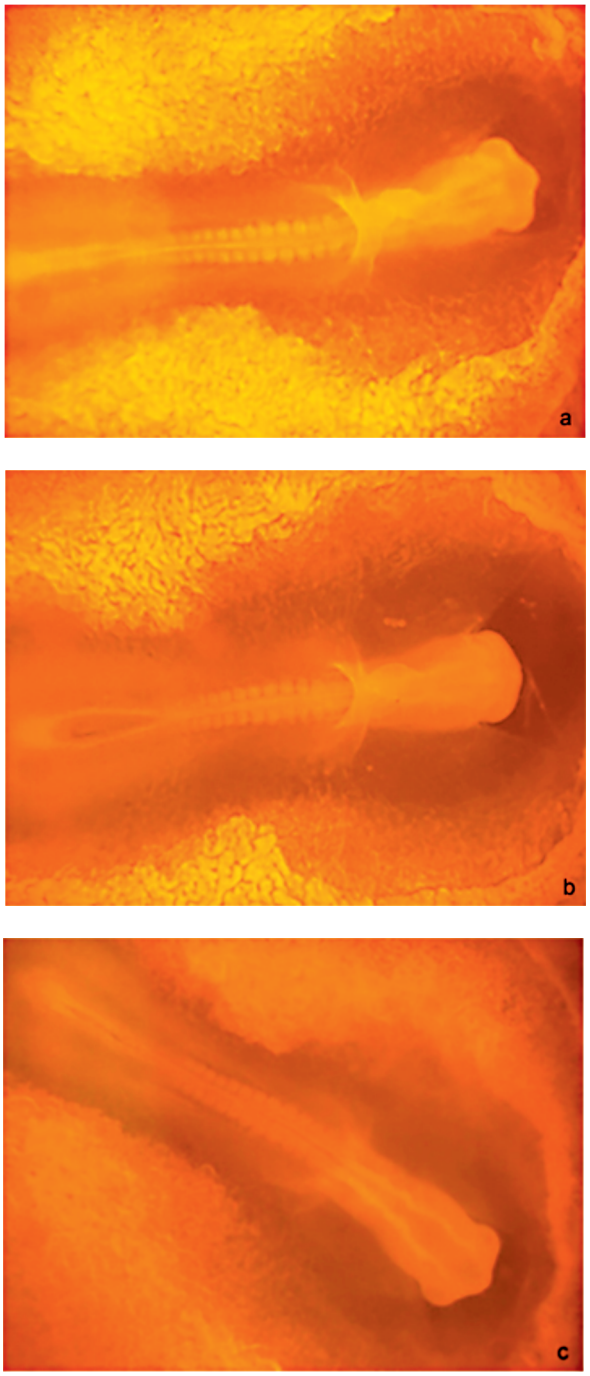


Рис. 1. Мікрофото (x24) ембріонів Coturnix japonica: a – контроль (група I, 12 пар сомітів), b – після дії НВЧВ стандарту GSM 900 МГц (група II, 9 пар сомітів), c – після дії НВЧВ та червоним світлом з довжиною хвилі 630-650 нм (група III, 12 пар сомітів).

Продемонстровані нами *in vitro* реактивуючі можливості червоного випромінювання щодо

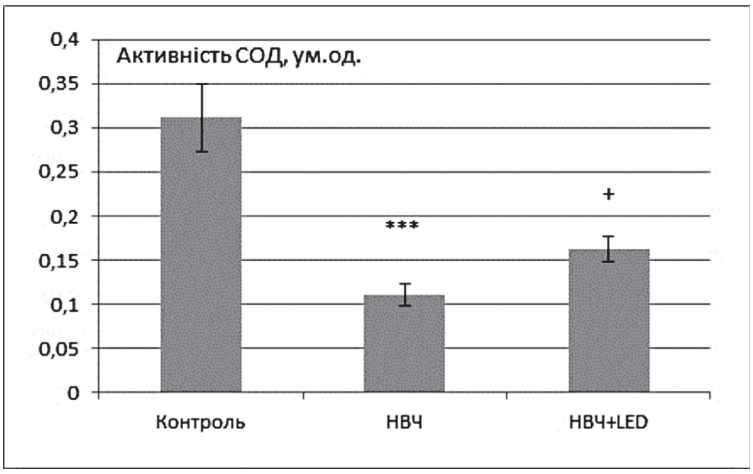


Рис. 2. Активність СОД у 10 μM розчині ферменту після дії НВЧВ та червоного світла: n = 7; M ± m, *** - P<0,001 порівняно з контролем; + - P<0,05 порівняно з НВЧВ-групою.

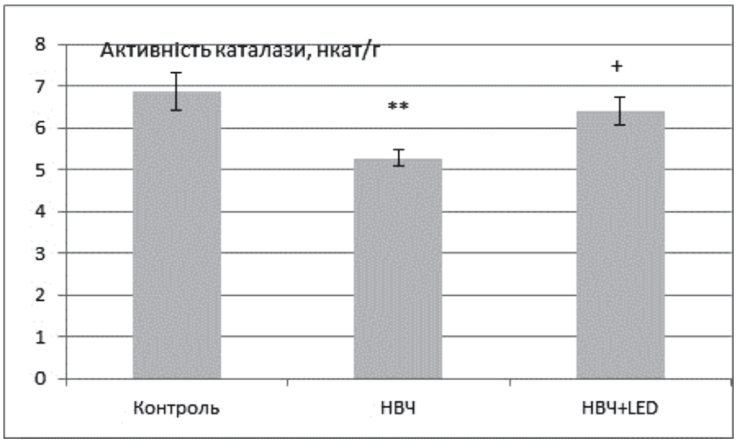


Рис. 3. Активність каталази у гомогенаті тканин перепелиних ембріонів після дії in vitro НВЧВ стандарту GSM 900 МГц та червоного випромінювання з довжиною хвилі 630-650 нм: n = 7; M ± m, ** - P<0,01 порівняно з контролем; + - P<0,05 порівняно з НВЧВ-групою.

ферментів антиоксидантного захисту - СОД та каталази - також були прогнозованими, оскільки раніше можливість реактивації цих ферментів червоним лазерним випромінюванням була продемонстрована, наприклад, в експериментах з пригніченням активності ферментів внаслідок зміни pH середовища [15]. Важливо, що обидва ферменти мають виражені піки поглинання у червоній ділянці спектру, і механізми їх реактивації були запропоновані раніше.

В той же час отримані нами ефекти прямого пригнічення активності цих ферментів низькоінтенсивним електромагнітним випромінюванням стандарту GSM 900 МГц не мають чіткого пояснення і потребують подальшого вивчення. Адже енергії цього випромінювання недостатньо для прямої активації електронів атомів та молекул речовини. Разом з тим, раніше було експериментально продемонстровано, що радіочастотне НВЧВ здатне спричиняти конформаційні зміни у біологічно важливих макромолекулах і суттєво змінювати активність АФК-генеруючих систем, зокрема, активність НАДН-оксидази [9].

Висновки

Отримані нами дані засвідчують виражені оксидативні ефекти низькоінтенсивного електромагнітного випромінювання стандарту GSM 900 МГц на ембріональні клітини в умовах *in vivo* та на активність ферментів антиоксидантного захисту в умовах *in vitro*. Крім того, продемонстровано виражений нормалізуючий вплив червоного випромінювання світлодіодів на ранній розвиток ембріонів птиці та стан прооксидантно-антиоксидантної рівноваги в ембріональних клітинах, що дозволяє розглядати цей фактор, як потенційний засіб ефективного зменшення ризиків від надлишкового опромінення живих систем НВЧВ сучасними системами бездротового зв'язку.

Конфлікт інтересів. Автори засвідчують відсутність конфлікту інтересів. Робота була підтримана Національною академією наук України (грант № 2.2.5.376).

Литература

1. Андреева Л.И. Модификация метода определения перекисей липидов в тесте с тиобарбитуровой кислотой / Л.И.Андреева, Л.А.Кожемякин, А.А.Кишкун // Лабораторное дело.- 1988.- №11.- С.41-43.

2. Королюк М.А. Метод определения активности каталазы / М.А.Королюк, Л.И.Иванова, И.Г.Майорова, В.Е.Токарев // Лабораторное дело.- 1988.- №1.- С.16-19.

3. Чавари С. Роль супероксиддисмутазы в окислительных процессах клетки и метод определения ее в биологических материалах / С.Чавари, И.Чаба, Й.Секуй // Лабораторное дело.- 1985.- №11.- С.678–681.

4. Якименко И. Регулирующее действие низкоинтенсивного лазерного излучения на состояние антиоксидантной системы организма / И.Якименко, Е.Сидорик // Украинский биохимический журнал.- 2001. - Т.73, №1.- С.16-23.

5. Якименко И. Л. Регуляторна дія низькоінтенсивного видимого світла на сомітогенез птиці /

І.Л.Якименко, О.С.Цибулін // Доповіді НАН України.- 2007.- №2. - С.163-168.

6. Baan R. Carcinogenicity of radiofrequency electromagnetic fields / R.Baan, Y.Grosse, B.Lauby-Secretan et al. // The Lancet Oncology.- 2011.- Vol.12.- P.624-626.

7. Burlaka A. Overproduction of free radical species in embryonal cells exposed to low intensity radiofrequency radiation / A.Burlaka, O.Tsybulin, E.Sidorik et al. // Exp. Oncol.- 2013.- Vol.35.- P.219-225.

8. Draper H.H. Malonic dialdehyde determination as index of lipid peroxidation / H.H. Draper, M. Hadley // Methods in Enzymology. – 1990. – Vol. 186. – P. 421-431.

9. Friedman J. Mechanism of short-term ERK activation by electromagnetic fields at mobile phone frequencies / J.Friedman, S.Kraus, Y.Hauptman et al. // The Biochemical Journal.- 2007.- Vol.405.- P.559-568.

10. Guidelines for limiting exposure to time-varying elecrtic, magnetic and electromagnetic fields (up to 300 GHz) / ICNIRP // Health Physics.- 1998.- Vol.74.- P.494-522.

11. Jelodar G. The prophylactic effect of vitamin C on oxidative stress indexes in rat eyes following exposure to radiofrequency wave generated by a BTS antenna model / G.Jelodar, A.Akbari, S.Nazifi // International Journal of Radiation Biology.- 2013.- Vol.89.- P.128-131.

12. Oksay T. Protective effects of melatonin against oxidative injury in rat testis induced by wireless (2.45 GHz) devices / T.Oksay, M.Naziroğlu, S.Doğan et al. // Andrologia.- 2014.- Vol.46.- P.65-72.

13. Oral B. Endometrial apoptosis induced by a 900-MHz mobile phone: preventive effects of vitamins E and C / B.Oral, M.Guney, F.Ozguner et al. // Adv. Ther.- 2006.- Vol.23.- P.957-973.

14. Tsybulin O. GSM 900 MHz cellular phone radiation can either stimulate or depress early embryogenesis in Japanese quails depending on the duration of exposure / O. Tsybulin, E. Sidorik, O. Brieieva, L. Buchynska, S. Kyrylenko, D. Henshel // Intern. Journ. of Radiat. Biology. – 2013. - Vol. 89. № 9. – P. 756-763.

15. Vladimirov Y.A. Photoreactivation of superoxide dismutase by intensive red (laser) light / Y.A.Vladimirov, E.A.Gorbatenkova, N.V.Paramonov, O.A.Azizova // Free Radical Biology and Medicine.- 1988.- Vol.5.- P.281-286.

16. Yakymenko I. Low intensity radiofrequency radiation: a new oxidant for living cells / I.Yakymenko, E.Sidorik, D.Henshel, S.Kyrylenko // Oxid. Antioxid. Med. Sci.- 2014.- Vol.3.- P.1-3.

17. Yakymenko I. Long-term exposure to microwave radiation provokes cancer growth: evidences from radars and mobile communication systems / I.Yakymenko, E.Sidorik, S.Kyrylenko,V.Chekhun // Exp. Oncol.- 2011.- Vol.33.- P.62-70.

ЗАЩИТНЫЙ ЭФФЕКТ КВАЗИМОНОХРОМАТИЧЕСКОГО КРАСНОГО СВЕТА ОТ ОКСИДАТИВНОГО ДЕЙСТВИЯ СВЕРХВЫСОКОЧАСТОТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

[1]Цыбулин А.С., [2]Якименко И.Л., [3]Сидорик Е.П.
[1]Белоцерковский национальный аграрный университет
пл. Соборная, 8/1, г. Белая Церковь, 09100 Украина,
тел. +38(04563)33-11-46,
e-mail: alex.tsybulin@gmail.com;
[2]Национальный университет пищевых технологий,
ул. Владимирская, 68, г. Киев, 01601 Украина,
тел. +38(044)287-97-46;
[3]Институт экспериментальной патологии, онкологии и радиобиологии
имени Р.Е.Кавецкого НАН Украины
ул. Васильковская, 45, г. Киев, 03022 Украина
тел. +38(044) 259-01-83.

Всемирная организация здравоохранения официально признала электромагнитное излучение радиочастотного диапазона возможным канцерогеном для человека. В некоторых эпидемиологических исследованиях было продемонстрировано увеличение риска возникновения рака головного мозга, невриномы слухового нерва, изменения гормонального статуса и психофизических показателей у лиц, находящихся под длительным воздействием электромагнитного излучения радиочастотного диапазона. В то же время отсутствие четких представлений о молекулярных механизмах таких воздействий электромагнитного излучения было одним из препятствий на пути широкого признания данного феномена.

Ранее нами было показано, что монохроматический красный свет гелий-неонового лазера, а также красное излучение светодиодов (LED) при определенных режимах проявляют выраженное антиоксидантное действие на эмбрионы птицы. В данной работе нами проведена экспериментальная оценка эффективности использования красного света LED для защиты клеток от негативных эффектов электромагнитного излучения стандарта GSM (частота 900 МГц).

***Материалы и методы.** В работе использованы эмбрионы перепела японского (Coturnix japonica). Для эксперимента были сформированы три группы по 8-10 свежих инкубационных яиц, которые инкубировали in ovo. Первая группа служила интактним контролем, вторая подвергалась воздействию СВЧ-излучения стандарта GSM 900 МГц. Яйца третьей группы облучались СВЧ-излучением и дополнительно - квазимонохроматическим красным светом LED. В качестве источника СВЧ-излучения использовали 3G USB-модем Huawei E173 и коммерческую модель мобильного телефона Nokia 3120, которые активизировали компьютерной программой автодозвона в режиме 48 секунд - «включен», 12 секунд - «выключено». В состоянии «включено» система излучала СВЧ-излучение стандарта GSM 900 МГц с плотностью мощности 14 мкВт/см^2 в зоне расположения биологического объекта (яиц).*

В качестве источника квазимонохроматического красного излучения использовали светодиодную матрицу (20 светодиодов L7113 PDC/H, длина волны 630-650 нм), давала в зоне нахождения биологического объекта плотность мощности света 0,1 мВт/см^2. Перепелиные эмбрионы второй группы облучали in ovo СВЧ-излучатели стандарта GSM 900 МГц в течение 120 часов в инкубации и 38 часов - в течение первых двух суток инкубации. Эмбрионы третьей группы облучали СВЧ-излучением в таком же режиме и дополнительно в течение 180 секунд (3×60)-квазимонохроматическим красным светом во время инкубации.

Яйца двух опытных и контрольной групп инкубировали в одинаковых стандартных условиях с экранированием металлической фольгой одной группы от другой. Эмбриональное развитие останавливали после 38 часов инкубации и микроскопически оценивали его уровень по количеству пар дифференцированных сомитов, а также по показателям прооксидантно-антиоксидантного равновесия в эмбриональных клетках.

***Результаты исследований** и их обсуждение. Облучение эмбрионов СВЧ-излучение стандарта GSM 900 МГц привело к незначительному, но достоверному подавлению сомитогенезу, что выражалось в уменьшении количества пар дифференцированных сомитов на 11,2% (P<0,05) по сравнению с контролем. В то же время дополнительное облучение эмбрионов квазимонохроматическим красным светом привело к восстановлению интенсивности сомитогенеза до уровня контроля.*

СВЧ-излучение вызвало выраженный оксидативный стресс в эмбриональных клетках. В частности, уровень ТБК-реагирующих перекисных липидных соединений в клетках эмбрионов группы II оказался на 37,5% (P<0,05) выше по сравнению с контролем. Кроме того, активность СОД и особенно каталазы в клетках эмбрионов, облученных СВЧ-излучением, была существенно снижена по сравнению с контролем: СОД - на 17,3%, каталазы - на 78,6% (P<0,01).

***Выводы.** Полученные нами данные подтвержают выраженные оксидативные эффекты низкоинтенсивного электромагнитного излучения стандарта GSM 900 МГц на эмбриональные клетки в условиях in vivo и на активность ферментов антиоксидантной защиты в условиях in vitro. Кроме того, продемонстрировано выраженное нормализующее влияние квазимонохроматического красного излучения светодиодов на раннее развитие эмбрионов птицы и состояние прооксидантно-антиоксидантного равновесия в эмбриональных клетках, что позволяет рассматривать этот фактор, как потенциальное средство эффективного уменьшения рисков от избыточного облучения живых систем СВЧ-излучением современных систем беспроводной связи.*

***Ключевые слова:** электромагнитное излучение, эмбриогенез, оксидативный стресс, фототерапия, антиоксиданты.*

PROTECTIVE EFFECT OF QUASI-MONOCHROMATIC RED LIGHT FROM OXIDATIVE ACTION OF MICROWAVE RADIATION

[1]Tsybulin A.S., [2]Yakymenko I.L., [3]Sydoryk Ye.P.
[1]Bila Tserkva National Agrarian University;
[2]National University of Food Technologies, Kyiv;
[3]Kavetsky Institute of Experimental Pathology, Oncology and Radiobiology of National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv

The World Health Organization officially recognized the electromagnetic emission of radio frequency range as a possible human carcinogen. Certain epidemiological studies have shown an increased risk of brain tumors, acoustic neuroma, changes in the hormonal status and psychophysical factors in persons under long-term exposure to electromagnetic radiation of the radiofrequency range. At the same time, a lack of clear understanding of the molecular mechanisms of effects of electromagnetic radiation was one of the blocks on the way of widespread acceptance of this phenomenon.

Previously we showed that the monochromatic red light of the helium-neon laser as well as the red radiation of light emitted diodes (LED) under certain conditions manifest a pronounced antioxidant effect on the poultry bird embryos. In this study, we carried out an experimental evaluation of the use of red light of LED to protect cells against the negative effects of the GSM electromagnetic radiation standard (900 MHz frequency).

***Materials and methods.** Japanese quail embryos are used in the work. To carry out an experiment, three groups of 8-10 fresh hatching eggs were formed which were incubated in ovo. The first group served as untreated control, the second one was exposed to microwave radiation (MWR) of 900 MHz GSM standard. The eggs of the third group were irradiated by DHFW radiation and additionally by MWR quasi-monochromatic red light. 3G USB dongle Huawei E173 and Nokia 3120 commercial model of the mobile telephone were used as a MWR source. They were activated by the computer program of automatic redial in the mode 48*

sec 'on', 12 sec – 'off'. In the 'on' state, the system emitted the 900 MHz GSM standard MWR with a power density of 14 mW/cm² in the area of biological object (eggs) location. A LED matrix (20 L7113 PDC/H LEDs, wavelength 630-650 nm) was used as a source of quasi-monochromatic red radiation. In the biological object location area it provided a light power with density of 0.1 mW/cm². The quail embryos of the second group were irradiated in ovo with the 900MHz GSM standard MWR for 120 hours, and 38 hours of incubation during the first two days of incubation. Embryos of the third group were irradiated with MWR in the same mode for further 180 seconds (3×60), namely with quasi-monochromatic red light during incubation.

The eggs of the two experimental and control groups were incubated under the same standard conditions with screening one group from another by metal foil. The embryonic development was stopped after 38 hours of incubation and its level was microscopically evaluated by the number of pairs of differentiated somites, as well as on indicators of prooxidant-antioxidant balance in embryonic cells.

***Results of studies and their discussion**. Irradiation of embryos with the 900 MHz GSM standard MWR caused slight but statistically significant inhibition of somitogenesis that was expressed in reducing the amount of differentiated somite pairs by 11.2% (P <0.05) as compared with the control. At the same time, additional radiation of embryos with quasi-monochromatic red light led to the restoration of somitogenesis intensity up to the level of the control.*

The MWR caused an expressed oxidative stress in embryonic cells. In particular, the level of TBA (thiobarbituric acid)-reactive peroxide lipid compounds in the cells of embryos of the group II was higher by 37.5% (P <0.05) in comparison with the control. Furthermore, the activity of SOD (superoxide dismutase), and in particular catalase, in embryo cells, irradiated with the MWR was significantly reduced as compared to the control: SOD – by 17.3%, catalase – by 78.6% (P<0,01).

***Conclusions.** The data obtained confirm the expressed oxidative effects of low-intensive electromagnetic radiation of the 900 MHz GSM standard on embryonic cells in vivo conditions and on the activity of antioxidant enzyme under in vitro conditions. In addition, demonstrated is a pronounced normalizing effect of the quasi-monochromatic red LED light on the early development of poultry bird embryos and the state of prooxidant-antioxidant balance in embryonic cells, which allows us to consider this factor as a potential means of effective risk reduction of excessive irradiation of living systems by the MWR of the modern wireless communication systems.*

***Keywords:** electromagnetic radiation, embryogenesis, oxidative stress, phototherapy, antioxidants.*

РЕДАКЦІЙНА СТАТТЯ

КЛІНІЧНА ФОТОМЕДИЦИНА

ФОТОБІОЛОГІЯ ТА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ФОТОМЕДИЦИНА

ФІЗИКО-ТЕХНІЧНІ ОСНОВИ ФОТОБІОЛОГІЇ ТА ФОТОМЕДИЦИНИ

КОРОТКІ ПОВІДОМЛЕННЯ

РЕФЕРАТИ ПУБЛІКАЦІЙ З ФОТОМЕДИЦИНИ

Кокодий Н.Г., Тиманюк В.А., Коробов А.М.
ТЕПЛОВЫЕ ПРОЦЕССЫ В КОЖЕ ЧЕЛОВЕКА ПРИ ОБЛУЧЕНИИ СВЕТОДИОДАМИ

Соловьева Е.А., Юдинцова А.С.
КЛАССИФИКАЦИЯ ФОТОННЫХ АППАРАТОВ СЕРИИ «БАРВА»

Русанов К.В., Русанова Е.Г.
СТРАНИЦЫ ИСТОРИИ ФОТОМЕДИЦИНЫ: ТЕХНИКА ДИАГНОСТИЧЕСКОГО ПРОСВЕЧИВАНИЯ В 1860-1880-Е ГОДЫ

Павлов С. В., Клапоущак А. Ю., Тітова Н. В., Барановський Д. М.
МЕХАНІЗМИ ДІЇ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ, НА БІООБ'ЄКТ, ЩО ЗНАХОДИТЬСЯ В ВОДНОМУ СЕРЕДОВИЩІ

УДК 612.795:612.591:615.831

ТЕПЛОВЫЕ ПРОЦЕССЫ В КОЖЕ ЧЕЛОВЕКА ПРИ ОБЛУЧЕНИИ СВЕТОДИОДАМИ

[1,2]Кокодий Н.Г., [2]Тиманюк В.А., [1]Коробов А.М.

[1]Харьковский национальный университет имени В.Н.Каразина, Харьков, Украина
[2]Национальный фармацевтический университет, Харьков, Украина
kokodiyng@gmail.com

Введение. *Фундаментальные исследования уже давно показали перспективность и высокую результативность использования излучения видимого диапазона спектра на биологические объекты. Так как одним из факторов воздействия является тепло от источника излучения, мы в этой статье обзорно рассмотрим тепловые процессы в коже человека при облучении и проанализируем влияние скорости кровотока в системе кровообращения на нагрев облучаемого светодиодами участка кожи и подкожных слоев.*

В качестве источника излучения рассматривается светодиод.

Математическая модель. *В литературе, посвященной проблеме воздействия электромагнитного излучения можно встретить описание разных моделей строения кожи человека (семислойная и трехслойная).*

В наших исследованиях использовалась трехслойная модель, согласно которой в коже выделяются три части. Верхняя часть – эпидермис – представляет собой многослойный эпителий, наружный слой которого – роговой. Толщина эпидермиса – от 0,02 мм до 2,4 мм в различных частях тела. Нижний слой эпидермиса лежит на базальной мембране. В ней находятся клетки-меланоциты, защищающие кожу от вредного действия солнечных лучей. Внутрення кожа – дерма – имеет толщину от 0,5 мм до 5 мм. В ней располагаются кровеносные сосуды.

Была решена тепловая задача о нагреве полубесконечного тела излучением светодиодов, проникающим в тело на некоторую глубину. Учитывается, что внутри тела находятся кровеносные сосуды. Отвод тепла, вызванного поглощением излучения, определяется скоростью кровотока. Несмотря на простоту этой модели, с ее помощью получены данные, позволившие сформулировать некоторые рекомендации, относящиеся к режиму облучения ткани светодиодами.

Важную роль играет глубина проникновения излучения в биоткань. Она увеличивается с увеличением длины волны излучения. Так, глубина проникновения излучения от ультрафиолетовой до оранжевой части оптического спектра постепенно увеличивается от 1–20 мкм до 2,5 мм, с резким увеличением глубины проникновения в красной части (до 20–30 мм). Коротковолновое инфракрасное излучение с длинами волн от 0,76 до 1,5 мкм относительно поглощается биологическими тканями, и поэтому проникает в них глубоко (до 3—7 см).

В экспериментах использовались красные светодиоды. Толщина эпидермиса принята равной 0,6 мм, коэффициент поглощения красного света в нем равен 3,5 мм$^{-1}$. Доля энергии, поглощенной в этом слое мала, поэтому наличие слоя можно не учитывать, а считать ткань однородным телом.

Расчеты. *При расчетах были использованы следующие данные о теплофизических параметрах кожи: k = 0,5 Вт/(м град), c = 3500 Дж/(кг град), ρ = 1100 кг/м^3, ρ_{blood} = 1060 кг/м^3.*

Плотность кровотока в сосудах дермы f равна 15 мл/(мин·100 г). В единицах СИ

$$f = 2{,}5 \cdot 10^{-6}\ м^3/(кг \cdot с).$$

Источник излучения – светодиод с апертурой диаметром 5 мм. Мощность излучения – 10 мВт, максимум излучения - на длине волны 630 нм. Интенсивность излучения I_0 получается равной 500 Вт/м^2. Глубина проникновения излучения красного светодиода δ = 10 мм.

Выводы. *При облучении кожи человека светодиодами ее нагрев сильно зависит от скорости потока крови в облучаемых тканях. Даже при небольшой мощности (10 мВт) нагрев может достигать 50^o С, если кровообращение затруднено (например, при некотором нажатии на кожу). При таком нагреве может наблюдаться покраснение кожи и даже ожог.*

Ключевые слова: *кожа человека, тепловые процессы, светодиодное излучение.*

© Кокодий Н.Г., Тиманюк В.А., Коробов А.М., 2016

Введение

В результате фундаментальных исследований действия света на биологические объекты в НИЛ квантовой биологии и квантовой медицины ХНУ имени В.Н.Каразина разработаны фототерапевтические методы профилактики и лечения заболеваний человека с помощью облучения тела лазерами и светодиодами и приборы, использующие эти методы. Одним из главных видов воздействия излучения светодиодов на биологический объект является его нагрев. Поэтому

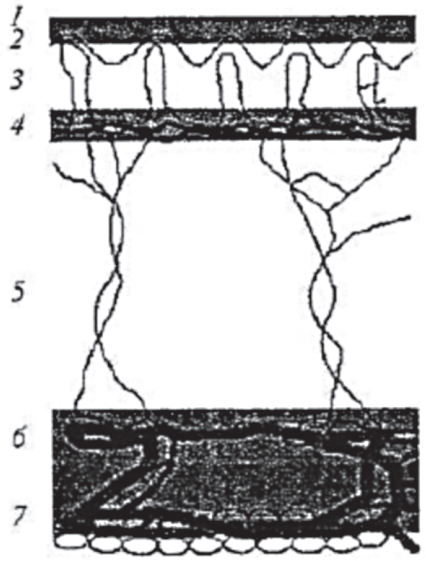


Рис. 1. Модель кожи (7 слоев) [1].
1 – роговой слой, 2 – эпидермис, 3 – капиллярная (верхняя) дерма, 4 – верхнее сплетение микрососудов, 5 – ретикулярная (нижняя) дерма, 6 - глубокое сосудистое сплетение, 7 - гиподерма

анализ тепловых процессов в объекте – важная составляющая изучения влияния излучения.

При испытаниях одного из разработанных в НИЛ приборов было обнаружено, что в условиях сжатия исследуемого объекта, когда движение крови по сосудам затруднено, возникает перегрев поверхности кожи.

Поэтому целью описанных ниже исследований был анализ влияния скорости кровотока в системе кровообращения на нагрев облучаемого светодиодами участка кожи и подкожных слоев.

Математическая модель

В литературе, посвященной проблеме воздействия электромагнитного излучения на кожу, используются различные модели строения кожи. В работе [1] принята семислойная модель (рис. 1).

В работе [2] используется трехслойная модель (рис. 2). Считается, что кожа состоит из эпидермиса и дермы. Электромагнитное излучение сначала проходит через эпидермис, где наибольший коэффициент поглощения имеет меланин, поэтому оптические свойства эпидермиса считаются равными свойствам меланина. Прошедшая часть излучения попадает в дерму, где поглощается преимущественно гемоглобином, присутствующим в поверхностном слое дермы. Прошедшее далее излучение диффузно отражается от коллагена, присутствующего в остальной части дермы, и снова проходит через слои гемоглобина и меланина, частично поглощаясь в них.

В наших исследованиях использовалась модель, показанная на рис. 3 [3, 4]. В коже выделяются три части. Верхняя часть – эпидермис – представляет собой многослойный эпителий, наружный слой которого – роговой слой. Толщина эпидермиса – от 0,02 мм до 2,4 мм в различных частях тела. Нижний слой эпидермиса лежит на базальной мембране. В ней находятся клетки-меланоциты, защищающие кожу от вредного действия солнечных лучей. Внутрення кожа – дерма – имеет толщину от 0,5 мм до 5 мм. В ней располагаются кровеносные сосуды.

Была решена тепловая задача о нагреве полубесконечного тела излучением светодиодов, проникающим в тело на некоторую глубину. Учитывается, что внутри тела находятся кровеносные сосуды. Отвод тепла, вызванного поглощением излучения, определяется скоростью кровотока. Несмотря на простоту этой модели, с ее помощью получены данные, позволившие сформулировать некоторые рекомендации, относящиеся к режиму облучения ткани светодиодами.

Важную роль играет глубина проникновения излучения в биоткань. Она увеличивается с

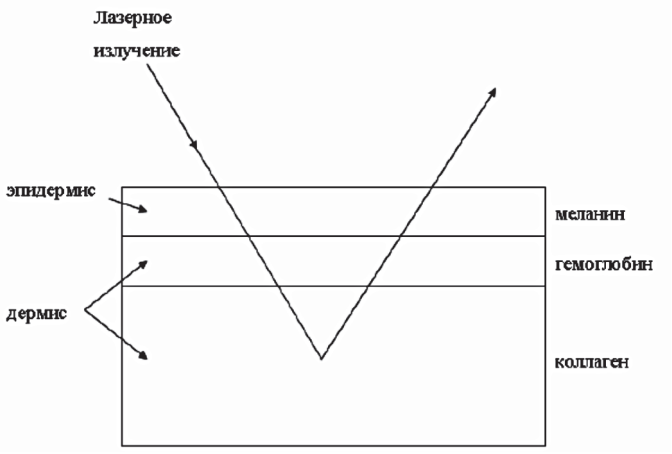


Рис. 2. Модель кожи (3 слоя) [2]

увеличением длины волны излучения. Так, глубина проникновения излучения (по уровню 0,1

от начальной интенсивности) от ультрафиолетовой до оранжевой части оптического спектра постепенно увеличивается от 1–20 мкм до 2,5 мм, с резким увеличением глубины проникновения в красной части (до 20–30 мм). Коротковолновое инфракрасное излучение с длинами волн от 0,76 до 1,5 мкм относительно поглощается биологическими тканями, и поэтому проникает в них глубоко (до 3—7 см) – рис. 4.

В экспериментах использовались светодиоды, излучающие в красном диапазоне спектра (630 нм). Толщина эпидермиса принята равной

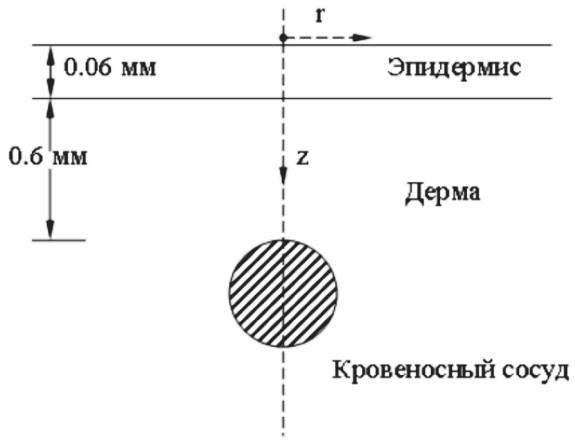


Рис. 3. Модель, учитывающая расположение кровеносных сосудов в подкожных тканях

0,6 мм, коэффициент поглощения красного света в нем согласно [3] равен 3,5 мм$^{-1}$. Доля энергии, поглощенной в этом слое, мала, поэтому наличие слоя можно не учитывать, а считать ткань однородным телом.

Изменение интенсивности вдоль оси z (вглубь тела) описывается законом Бугера:

$$I(z) = I_0 e^{-\frac{z}{\delta}}$$

где δ – глубина проникновения излучения по уровню 1/e.

Объемная плотность источников тепла в этом случае определяется формулой:

$$S(z,t) = \frac{I_0}{\delta} e^{-\frac{z}{\delta}}$$

Отвод тепла кровотоком будем учитывать как отрицательные источники тепла [1, 5] с объемной плотностью:

$$S_{blood}(z,t) = c\rho[\rho_{blood} f(T_{blood} - T)],$$

где c - удельная теплоемкость ткани, ρ - плотность ткани, ρ_{blood} - плотность крови, T_{blood} - температура крови, T - температура «холодной» ткани, f - плотность кровотока в ткани. Последняя величина измеряется в мл/(мин·100 г) или см^3/(с·г) [6] и представляет собой объем крови, переносимый в секунду в 1 грамме ткани.

Основным механизмом переноса тепла к тканям является теплопроводность. Одномерное уравнение, которое использовалось при исследованиях, имеет следующий вид [7]:

$$\frac{\partial^2 T(z,t)}{\partial z^2} - \frac{1}{a}\frac{\partial T(z,t)}{\partial t} = -\frac{S(z,t) - S_{blood}(z,t)}{k},$$

где S(z,t) -объемная плотность внутренних источников тепла, $S_{blood}(z,t)$ - объемная плотность отвода тепла кровотоком, $a = k/(c\rho)$ - коэффициент температуропроводности, k - коэффициент теплопроводности, c - удельная теплоемкость, ρ - плотность ткани.

Начальное условие – $T(z,0) = 0$.

Граничные условия –

$$\frac{\partial T(0,t)}{\partial z} = 0$$

и $T(\infty,t) = 0$.

Они означают отсутствие теплообмена между нагреваемой поверхностью и окружающей средой и нулевую температуру в глубине тела.

Результаты расчетов

При расчетах были использованы следующие данные о теплофизических параметрах кожи [3]:

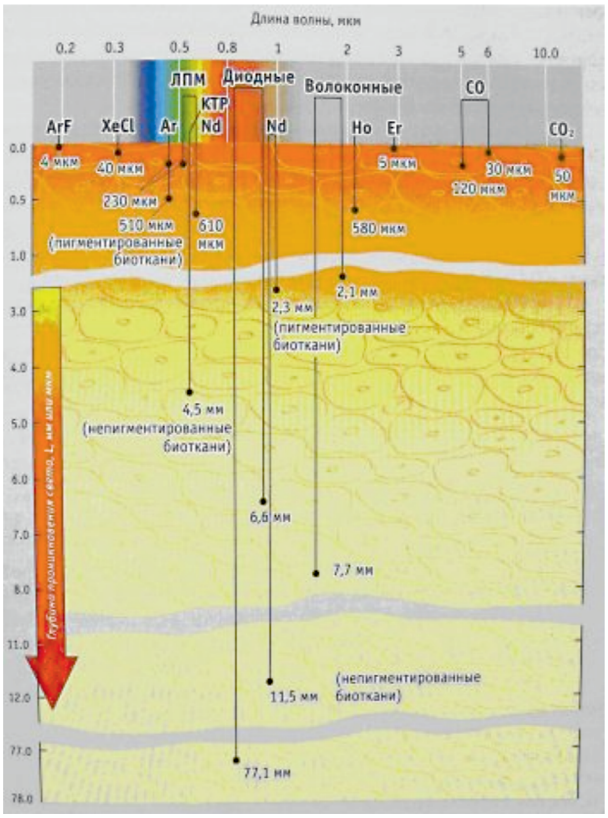


Рис. 4. Глубина проникновения лазерного излучения в биоткани

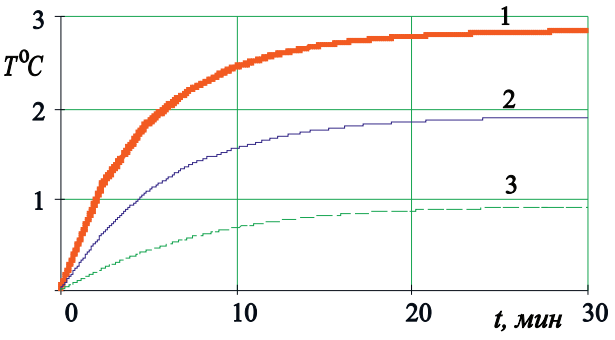


Рис. 5. Изменение температуры кожи во времени при скорости кровотока $2{,}5\cdot10^{-6}$ м^3/(кг·с)
1 – на глубине z = 1мм, 2 – z = 10 мм, 3 – z = 20 мм.

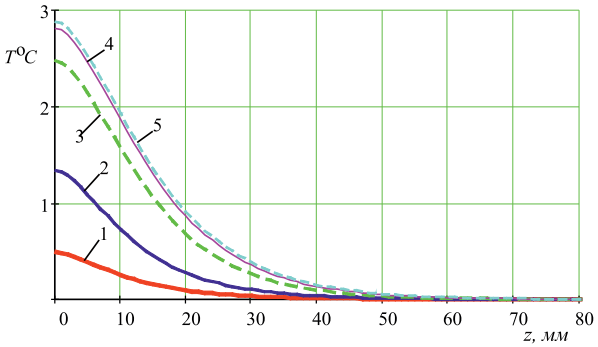


Рис. 6. Распределение температуры по глубине кожи при скорости кровотока $2{,}5\cdot10^{-6}$ м^3/(кг·с)
1 – время t = 1 мин., 2 - t = 3 мин., 3 - t = 5 мин., 4 - t = 20 мин., 5 - t = 1 час.

k = 0,5 Вт/(м град), c = 3500 Дж/(кг град), ρ = 1100 кг/м^3, ρ_{blood} = 1060 кг/м^3.

Плотность кровотока в сосудах дермы f согласно [5, 6] равна 15 мл/(мин·100 г). В единицах СИ

$$f = 2{,}5\cdot10^{-6}\ \text{м}^3/(\text{кг}\cdot\text{с}).$$

Источник излучения – светодиод с апертурой диаметром 5 мм. Мощность излучения – 10 мВт, максимум излучения - на длине волны 630 нм. Интенсивность излучения I_0 получается равной 500 Вт/м^2.

Глубина проникновения излучения красного диапазона спектра δ = 10 мм.

На рис. 5 показано, как меняется температура в ткани на различной глубине. По оси ординат отложено повышение температуры по отношению к начальной (около 36° С). Оно невелико – меньше 3° С. Температура устанавливается медленно – в течение 20 мин. Это объясняется малой температуропроводностью кожи (a=k/(cp) = $1{,}3\cdot10^{-7}$ м^2/с), что на два порядка меньше, чем, например, у металлов, а также не очень сильным отводом тепла кровью.

На рис. 6 показано распределение температуры по глубине ткани в разные моменты времени. Тепло проникает довольно глубоко – до 60 мм. Процесс распространения тепла со временем прекращается – через 20 мин. и через 1 час распределение температуры почти одинаково. Через 30 мин. распределение температуры устанавливается и далее не меняется.

На рис. 7 показан временной ход температуры в условиях, когда кровоток по сосудам затруднен – скорость потока в 10 раз меньше нормальной скорости. Установление температуры теперь происходит значительно медленнее – стационарное значение достигается через 3 часа вместо 30 мин. Кожа нагревается сильнее. Вблизи поверхности повышение температуры достигает 15° С, то есть абсолютное значение температуры составляет 50° С. При такой температуре происходят сильные изменения структуры кожи, может возникнуть ожог.

Тепло проникает в ткань глубже – до 100 мм, и прогрев по этому объему получается сильный (рис. 8).

На рис. 9 показана зависимость установившейся температуры на поверхности кожи от скорости кровотока. При уменьшении скорости потока нагрев растет – сначала медленно, затем все быстрее.

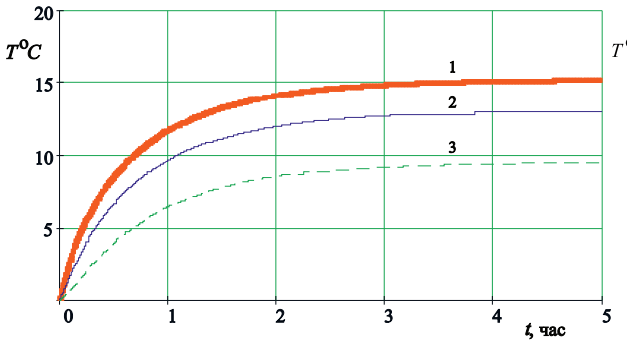


Рис. 7. Изменение температуры кожи во времени при скорости кровотока $0{,}25\cdot10^{-6}$ м^3/(кг·с)
1 – на глубине z = 1мм, 2 – z = 10 мм, 3 – z = 20 мм.

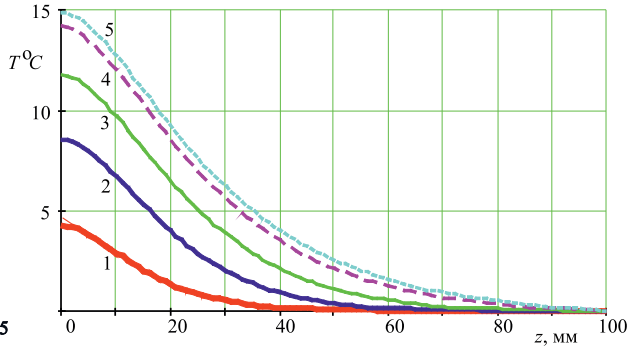


Рис. 8. Распределение температуры по глубине кожи при скорости кровотока $0{,}25\cdot10^{-6}$ м^3/(кг·с)
1 – время t = 10 мин., 2 - t = 30 мин., 3 - t = 1 час., 4 - t = 2 часа., 5 - t = 3 часа.

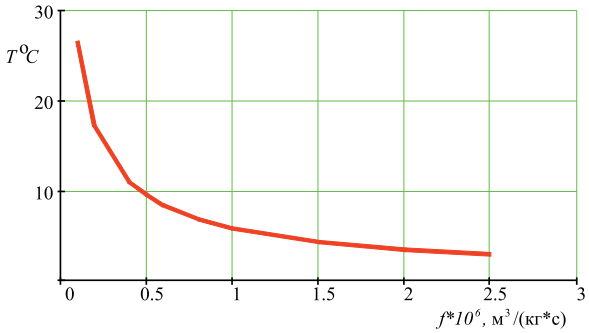


Рис. 9. Зависимость повышения температуры ткани от скорости теплообмена

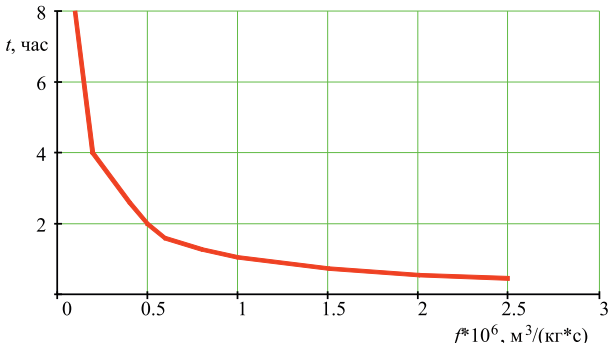


Рис. 10. Зависимость времени установления температуры от скорости теплообмена

Подобная зависимость у времени установления температуры (рис.10). При нормальной скорости кровотока она составляет 20-30 мин., а при уменьшении скорости потока возрастает до нескольких часов.

Выводы

При облучении кожи человека светодиодами ее нагрев сильно зависит от скорости кровотока в облучаемых тканях. Даже при небольшой мощности (10 мВт) нагрев может достигать 50° С, если кровообращение затруднено (например, при контактном облучении с компрессией). При таком нагреве может наблюдаться покраснение кожи и даже ожог.

Литература

1. Сетейкин А.Ю. Модель расчета температурных полей, возникающих при воздействии лазерного излучения на многослойную биоткань // оптический журнал. – 2005. – Т.72, №7. – С.42-47.

2. Dolotov L.T., Sinichkin Yu.P., Tuchin V.V., Uts S.R., Altshuler G.B., Yaroslavsry I.V. Design and evaluation of a novel portable eruthema-melanin-meter // Laser in Surgay and Medicine. – 2004. – Vol.34. – P.127-135/

3. Пушкарева А.Е. Методы математического моделирования в оптике биоткани: учебное пособие. СПб: СПбГУИТМО, 2008. – 103 с.

4. Астафьева Л.Г., Желтов Г.И., Рубанов А.С. Моделирование процесса нагрева сосудов крови лазерным излучением // Оптика и спектроскопия. – 2001. – Т.90, №2. – С.287-292.

5. Smithies D.,J., Butler P.H. Modelling the distribution of laser light in port-wine stains with the Monte Carlo method // Physics in Medicine and Biology. – 1995. – Vol. 40. – P. 701-733.

6. Valvano J.W. Tissue thermal properties and perfusion // Optical-thermal response of laser-irradiated tissue / Ed. by Welch A.J. and van Gemert M.J.C. – N.Y., 1995. – P. 445-488.

7. Лыков А.В. Теория теплопроводности. – М.: Высшая школа, 1967. – 600 с.

ТЕПЛОВІ ПРОЦЕСИ В ШКІРІ ЛЮДИНИ ПРИ ОПРОМІНЕННІ СВІТЛОДІОДАМИ

[1,2]Кокодій Н.Г., [2]Тіманюк В.А., [1]Коробов А.М.
[1]Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна, Харків, Україна
[2]Національний фармацевтичний університет, Харків, Україна
kokodiyng@gmail.com

Фундаментальні дослідження вже давно показали перспективність і високу результативність використання випромінювання видимого діапазону спектра на біологічні об'єкти. Одним із чинників впливу від джерела випромінювання є тепло. Ми в цій статті оглядово розглянемо теплові процеси в шкірі людини при опроміненні та проаналізуємо вплив швидкості кровотоку в системі кровообігу на нагрів ділянки шкіри і підшкірних шарів, що опромінюються.

Як джерело випромінювання розглядається світлодіод.

Математична модель. *У літературі, присвяченій проблемі впливу електромагнітного випромінювання можна зустріти опис різних моделей будови шкіри людини (семишарова і тришарова).*

У наших дослідженнях використовувалась тришарова модель, згідно з якою в шкірі виділяються три частини. Верхня частина - епідерміс - являє собою багатошаровий епітелій, зовнішній шар якого - роговий. Товщина епідермісу - від 0,02 мм до 2,4 мм в різних частинах тіла. Нижній шар

епідермісу лежить на базальній мембрані. У ній знаходяться клітини-меланоцити, що захищають шкіру від шкідливого впливу сонячних променів. Внутрішня шкіра - дерма - має товщину від 0,5 мм до 5 мм. У ній розташовуються кровоносні судини.

Була вирішена теплова задача про нагрів напівнескінченного тіла випромінюванням світлодіодів, що проникає в тіло на деяку глибину. Враховується, що всередині тіла знаходяться кровоносні судини. Відведення тепла, викликаного поглинанням випромінювання, визначається швидкістю кровотоку. Незважаючи на простоту цієї моделі, з її допомогою отримані дані, що дозволили сформулювати деякі рекомендації, які стосуються режиму опромінення тканини світлодіодами.

Важливу роль відіграє глибина проникнення випромінювання в біотканини. Вона збільшується зі збільшенням довжини хвилі випромінювання. Так, глибина проникнення випромінювання від ультрафіолетової до помаранчевої частини оптичного спектра поступово збільшується від 1-20 мкм до 2,5 мм, з різким збільшенням глибини проникнення в червоній частині (до 20-30 мм) . Короткохвильове інфрачервоне випромінювання з довжинами хвиль від 0,76 до 1,5 мкм відносно поглинається біологічними тканинами, і тому проникає в них глибоко (до 3-7 см).

В експериментах використовувалися червоні світлодіоди. Товщина епідермісу прийнята рівною 0,6 мм, коефіцієнт поглинання червоного світла в ньому дорівнює 3,5 мм$^{-1}$. Частка енергії, що поглинається в цьому шарі, мала, тому наявність шару можна не враховувати, а вважати тканину однорідним тілом.

Розрахунки. *При розрахунках були використані наступні дані про теплофізичних параметрах шкіри: k = 0,5 Вт / (м град), c = 3500 Дж / (кг град), ρ = 1100 кг/м^3, ρ_{blood} = 1060 кг/м^3.*

Щільність кровотоку в судинах дерми f дорівнює 15 мл/(хв·100 г). В одиницях СІ

$$f = 2{,}5 \cdot 10^{-6}\ м^3/(кг \cdot с).$$

Джерело випромінювання – світлодіод з апертурою діаметром 5 мм. Потужність випромінювання – 10 мВт, максимум випромінювання - на довжині хвилі 630 нм. Інтенсивність випромінювання I_0 виходить рівною 500 Вт/м^2. Глибина проникнення випромінювання червоної ділянки оптичного діапазону спектра δ=10 мм.

Висновки. *При опроміненні шкіри людини світлодіодами її нагрівання сильно залежить від швидкості кровотоку в тканинах, які опромінюють. Навіть при невеликій потужності (10 мВт) нагрів може досягати 50 °С, якщо кровообіг утруднений (наприклад, при контактному опроміненні з компресією). При такому нагріванні може спостерігатися почервоніння шкіри і навіть опік.*

THERMAL PROCESSES IN HUMAN SKIN IN RADIATION BY LED

Kokodiy N.G.[1,2], Timaniuk V.A.[2], Korobov A.M.[1]
[1] V.N. Karazin Kharkiv National University,
6 Svobody Sq., Kharkiv, 61022, Ukraine
e-mail: amkorobov@i.ua
[2]National University of Pharmacy, Kharkiv, Ukraine

Basic researches has shown the prospectivity and high efficiency of the visible spectrum of radiation on biological objects. Since the heat from the radiation source is one of the exposure factors, in this article we'll review the thermal processes in human skin exposed by irradiation, and analyze the effect of blood flow velocity in the circulatory system on the heating of the LED irradiated skin area and subcutaneous layers.

LED is reviewed as the radiation source.

Mathematical model. *The publications about the impact of electromagnetic radiation include descriptions of the different models of human skin structure (seven-layer and three-layer).*

In this study the three-layer model, consisting of three parts was used. The upper part – the epidermis is a multilayered epithelium, with the horny outer layer. The thickness of the epidermis is from from 0.02 mm to 2.4 mm in various parts of the body. The bottom epidermis layer is lying on the basal membrane. It contains the melanocytes, the cells protecting skin from the harmful sunlight effects. The inner skin – dermis – has a thickness of from 0.5 mm to 5 mm. Blood vessels are located there.

Heat problem was solved by heating of a semi-infinite body by LEDs radiation, penetrating into the body to a certain depth. It is recognized, that the blood vessels are inside the body. Dissipation of heat, caused by absorption of radiation, is determined by the blood flow velocity. Despite the simplicity of this model, it helped to obtain data, allowing definition of some recommendations related to the regimen of LEDs radiation of tissue.

Depth of penetration into biological tissue is a significant parameter. It increases with the wavelength increase. Thus, the depth of radiation penetration from ultraviolet to the orange part of the optical spectrum is gradually increased from 1-20 microns to 2.5 mm, with a sharp increase of the penetration depth in the red part (up to 20-30 mm). Short-wave infrared radiation with wavelengths of 0.76 to 1.5 microns is relatively absorbed by biological tissues, so they penetrate deeply (to 3-7 cm).

In the experiments, the red LEDs were used. The thickness of the epidermis is taken to be 0.6 mm, the coefficient of absorption of red light in it is equal to 3.5 mm^{-1}. The energy fraction absorbed in this layer is small, so the presence of the layer can be ignored and considered as a homogeneous body tissue.

***Calculations.** The following data on thermophysical skin parameters were used: $k = 0,5$ W/(m grad), $c = 3500$ J/(kg grad), $\rho = 1100$ kg/m^3, $\rho_{blood} = 1060$ kg/m^3.*

Blood stream density in vessels of dermis f is equal to 15 ml/(min·100 g). In SI units

$$f = 2,5 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3/(\text{kg} \cdot \text{sec}).$$

Radiation source – LED with aperture of 5 mm diameter. Radiating power – 10 mW, maximum radiation – on 630 nm wavelength. Radiation intensity I_0 is then equal to 500 W/m^2. Red LED radiation penetration depth $\delta = 10$ mm.

***Conclusions.** When human skin is exposed to irradiation by LED, its heating it strongly depends on the blood flow rate in the irradiated tissues. Even at low power (10 mW) heating can reach 50 °C, if the circulation is difficult (for example, in certain pressing on the skin). In such heat skin reddening or even burn may be observed.*

***Keywords:** human skin, thermal processes, LED light.*

УДК 615.831:615.47

КЛАССИФИКАЦИЯ ФОТОННЫХ АППАРАТОВ СЕРИИ «БАРВА»

Соловьева Е.А., Юдинцова А.С.

Харьковский национальный университет радиоэлектроники
пр. Науки, 14, Харьков, Украина, тел.: +38(057)702-15-91
si@kture.kharkov.ua

Введение. *Фотонные терапевтические аппараты Коробова А. – Коробова В. серии «Барва», где в качестве источников света применяются светодиоды, генерирующие излучение с различной длиной волны (цветом), находят в последние годы все большее применение в медицине. Аппараты серии «Барва» постоянно модернизируются с целью улучшения эксплуатационных характеристик и расширения спектра патологий, для профилактики и лечения которых они предназначены.*

Основой концептуального моделирования предметной области является анализ информации, в первую очередь, родо-видовых определений, с целью выявления элементов предметной области, их сущностных (существенных) свойств и взаимосвязей.

Системологический метод концептуального моделирования предметной области основывается на функциональной системологии систем-классов ноосферного этапа развития науки и направлен на построение классификации, соответствующей критериям естественной классификации (систематики). На основе этих критериев изучаемые объекты упорядочиваются с целью выявления их закономерных связей и дальнейшего систематического изучения.

В работе предложен метод системного анализа для построения концептуальной классификационной модели предметной области (ПО) на основе естественной классификации, состоящий из ряда этапов.

Системологический терминологический анализ ПО включает выявление совокупности терминов, обозначающих объекты и процессы данной области, то есть терминов для понятий, описывающих данную ПО (категорийных, общих и единичных) с последующим анализом выявленной исходной совокупности терминов для определения степени ее приближения к терминосистеме по показателям полноты, связности и функциональности СП, соответствующей исходной совокупности терминов.

Системологический концептуальный анализ ПО включает определение места (роли) данной ПО в более широкой ПО, то есть надсистеме (или надсистемах) данной ПО и соответствующего ей неопределяемого понятия или понятий (единственной категории или нескольких категорий с учетом нескольких аспектов рассмотрения данной ПО); определение функциональных свойств систем данной ПО, существенных с точки зрения каждой выделенной надсистемы (категории).

Системологический классификационный анализ ПО включает выбор основания построения классификационной модели (схемы) данной ПО (соответствующего выявленному функциональному признаку систем данной ПО с точки зрения определенной надсистемы для данной ПО); обеспечение соответствия родо-видовых отношений между понятиями данной ПО родо-видовым отношениям между их видовыми отличиями в выбранной плоскости классифицирования.

В результате анализа ПО «аппараты для фототерапии» был сделан вывод, что на данный момент не существует классификации фотонных терапевтических аппаратов серии «Барва».

В ходе исследования была выявлена совокупность терминов, обозначающих объекты и процессы ПО «аппараты для фототерапии». Проведен анализ выявленной совокупности на наличие родо-видовых определений для всех понятий, соответствующих терминам. Выявлены такие термины, которые соответствуют понятиям, отражающим функциональные свойства систем данной ПО. Рассматриваемая совокупность терминов была оптимизирована – устранены пересечения, противоречия и пробелы.

Выводы.*Полученная классификационная модель является параметрической (включает свойства объектов), в ней аппараты для фототерапии упорядочены на основе отличия их в существенных признаках. Фрагмент классификации объектов изоморфен разработанному фрагменту классификации способов воздействия, которые являются видовыми отличиями, соответствующими объекту и определенному месту в параметрической классификации аппаратов для фототерапии. Созданную классификацию можно углублять и расширять без изменения структуры классификации.*

Разработанная классификация является систематикой знаний в рассматриваемой ПО и основой онтологии фотонных терапевтических аппаратов, реализованной в программном инструменте

©Соловьева Е.А., Юдинцова А.С., 2015

Protégé. Полученные результаты могут найти применение в медицине и других актуальных сферах, способствовать более эффективному применению и широкому распространению фотонных терапевтических аппаратов Коробова А. – Коробова В. серии «Барва».

Ключевые слова: *фотонные терапевтические аппараты Коробова А. – Коробова В. серии «Барва», классификация, системологический терминологический анализ, системологический концептуальный анализ, системологический классификационный анализ.*

Введение и цель работы

Фотонные терапевтические аппараты А.М.Коробова серии «Барва», где в качестве источников света применяются светодиоды, генерирующие излучение в видимой и ближней инфракрасной областях оптического диапазона спектра с различной длиной волны (цветом), находят в последние годы все большее применение в медицине. Серия «Барва» постоянно пополняется аппаратами с улучшенными эксплуатационными характеристиками и новыми возможностями, расширяющими спектр целевых патологий [2]. С другой стороны, накапливается опыт и выявляются особенности практического применения аппаратов серии в лечении больных. Систематизация знаний в данной предметной области является **целью** данной работы.

Построение концептуальной модели

Перспективным методом представления знаний является системологический метод концептуального моделирования предметной/проблемной области. Концептуальной моделью принято называть модель предметной области, состоящую из перечня всех понятий, используемых для описания этой области, вместе с их свойствами и характеристиками, а также классификаций этих понятий [3]. Основой концептуального моделирования предметной области является анализ информации, в первую очередь - родо-видовых определений, целью которого является выявление элементов предметной области, их сущностных (существенных) свойств и взаимосвязей.

Системологический метод концептуального моделирования предметной области [1, 3, 4] основывается на функциональной системологии систем-классов ноосферного этапа развития науки [1, 4] и направлен на построение классификации, соответствующей критериям естественной классификации (систематики). На основе этих критериев изучаемые объекты упорядочиваются с целью выявления их закономерных связей и дальнейшего систематического изучения.

Нами предлагается метод системного анализа для построения концептуальной классификационной модели предметной области (ПО) на основе естественной классификации, состоящий из ряда этапов [3].

Системологический терминологический анализ ПО включает выявление совокупности терминов, обозначающих объекты и процессы данной области, то есть терминов для понятий, описывающих данную ПО (категорийных, общих и единичных) с последующим анализом выявленной исходной совокупности терминов для определения степени ее приближения к терминосистеме по показателям полноты, связности и функциональности СП, соответствующей исходной совокупности терминов. На этом этапе производятся: анализ наличия родо-видовых определений для всех понятий, соответствующих выделенной совокупности терминов (видовых, родовых понятий и понятий видовых отличий); анализ степени взаимосвязанности рассматриваемых понятий; выявление в исходной совокупности терминов таких терминов, которые соответствуют понятиям, отражающим функциональные свойства систем данной ПО (с точки зрения выявленных категорных понятий); устранение пересечений, противоречий и пробелов в рассматриваемой и совокупности терминов, то есть ее максимально возможная оптимизация (приближение к терминосистеме).

Системологический концептуальный анализ ПО включает определение места (роли) данной ПО в более широкой ПО, то есть надсистеме (или надсистемах) данной ПО и соответствующего ей неопределяемого понятия или понятий (единственной категории или нескольких категорий с учетом нескольких аспектов рассмотрения данной ПО); определение функциональных свойств систем данной ПО, существенных с точки зрения каждой выделенной надсистемы (категории). При этом обеспечивается функциональность рассматриваемой СП, то есть отражение в определениях всех понятий выявленных функциональных свойств систем данной ПО (в родовом понятии – надсистемы данной системы, в видовом отличии – функционального свойства системы в надсистеме, в видовых понятиях – поддерживающих свойств системы), а также связность СП путем установления иерархических родовидовых отношений между понятиями данной ПО, отражающих отношения поддержания функциональной способности целого между системами данной ПО.

Системологический классификационный анализ ПО включает выбор основания построения классификационной модели (схемы) данной ПО (соответствующего выявленному функциональному признаку систем данной ПО с точки зрения определенной надсистемы для данной ПО); обеспечение соответствия родо-видовых отношений между понятиями данной ПО родо-видовым отношениям

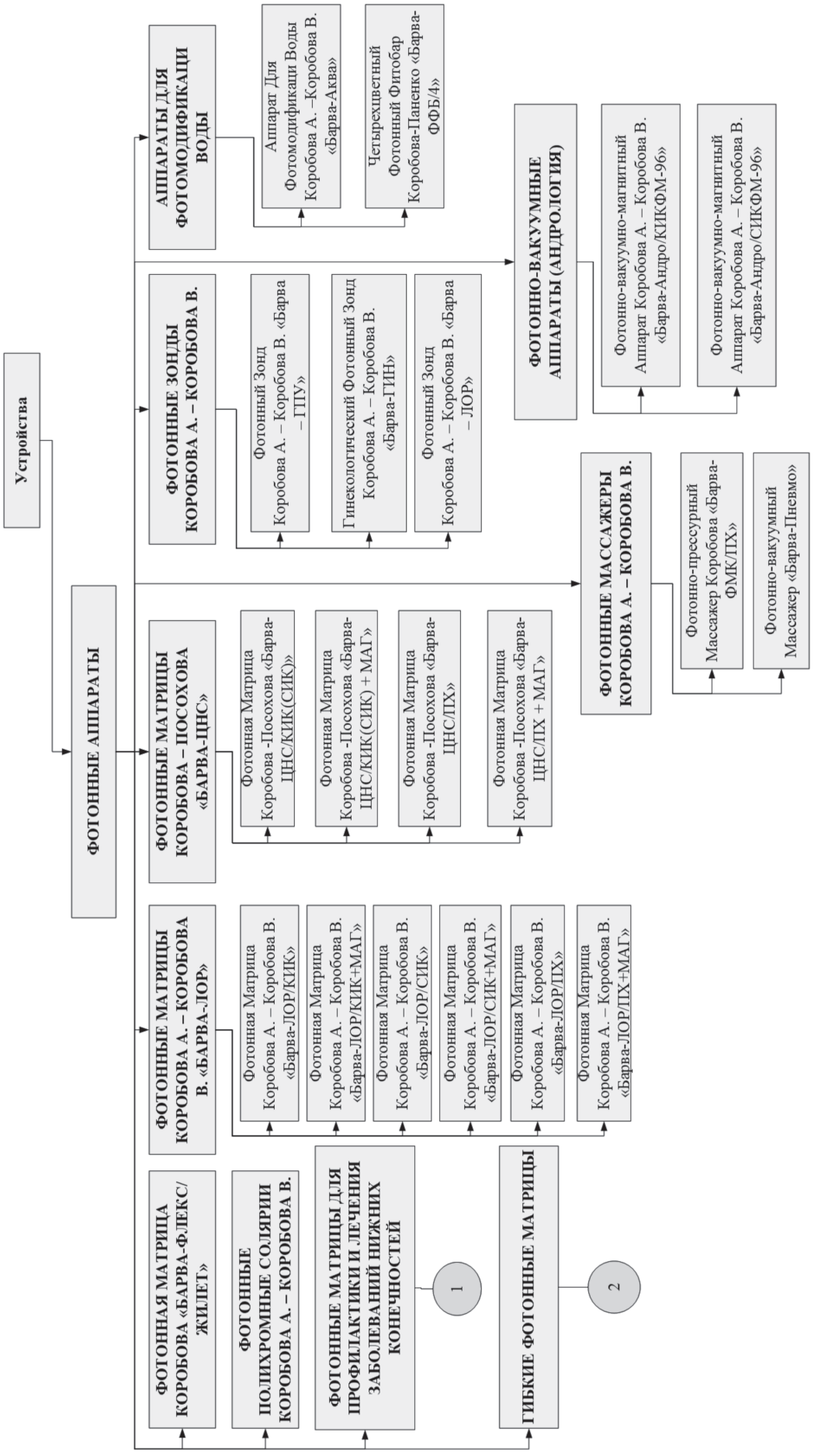


Рис. 1. Параметрическая классификация фотонных аппаратов (1-й фрагмент)

между их видовыми отличиями в выбранной плоскости классифицирования. Наконец, производится построение иерархической классификации систем данной ПО изоморфной классификации их свойств (в данной плоскости классифицирования).

В результате анализа ПО «аппараты для фототерапии» был сделан вывод, что на данный момент не существует классификации фотонных терапевтических аппаратов серии «Барва».

В ходе исследования была выявлена совокупность терминов, обозначающих объекты и процессы ПО «фотонные аппараты». Проведен анализ выявленной совокупности на наличие родо-видовых определений для всех понятий, соответствующих терминам. Выявлены такие термины, которые соответствуют понятиям, отражающим функциональные свойства систем данной ПО. Рассматриваемая совокупность терминов была оптимизирована – устранены пересечения, противоречия и пробелы.

Следующим шагом было определение положения данной ПО («фотонные аппараты») в более широкой ПО («устройства»), то есть в надсистеме данной ПО. Далее было определено функциональное свойство «фотонных аппаратов» в надсистеме «устройства»: фотонные терапевтические аппараты – это устройства, которые предназначены для лечения и профилактики заболеваний человека посредством воздействия видимым, ультрафиолетовым или инфракрасным электромагнитным излучением.

В определениях понятий были отражены выявленные функциональные свойства систем ПО «фотонные аппараты». Было выбрано основание деления построения классификации «фотонных аппаратов» соответственно выявленному функциональному свойству – «способ воздействия».

Классификация фотонных терапевтических аппаратов

На рис. 1-6 схематически представлена разработанная нами классификация фотонных терапевтических аппаратов. Покажем, что она соответствует операционным критериям естественной классификации.

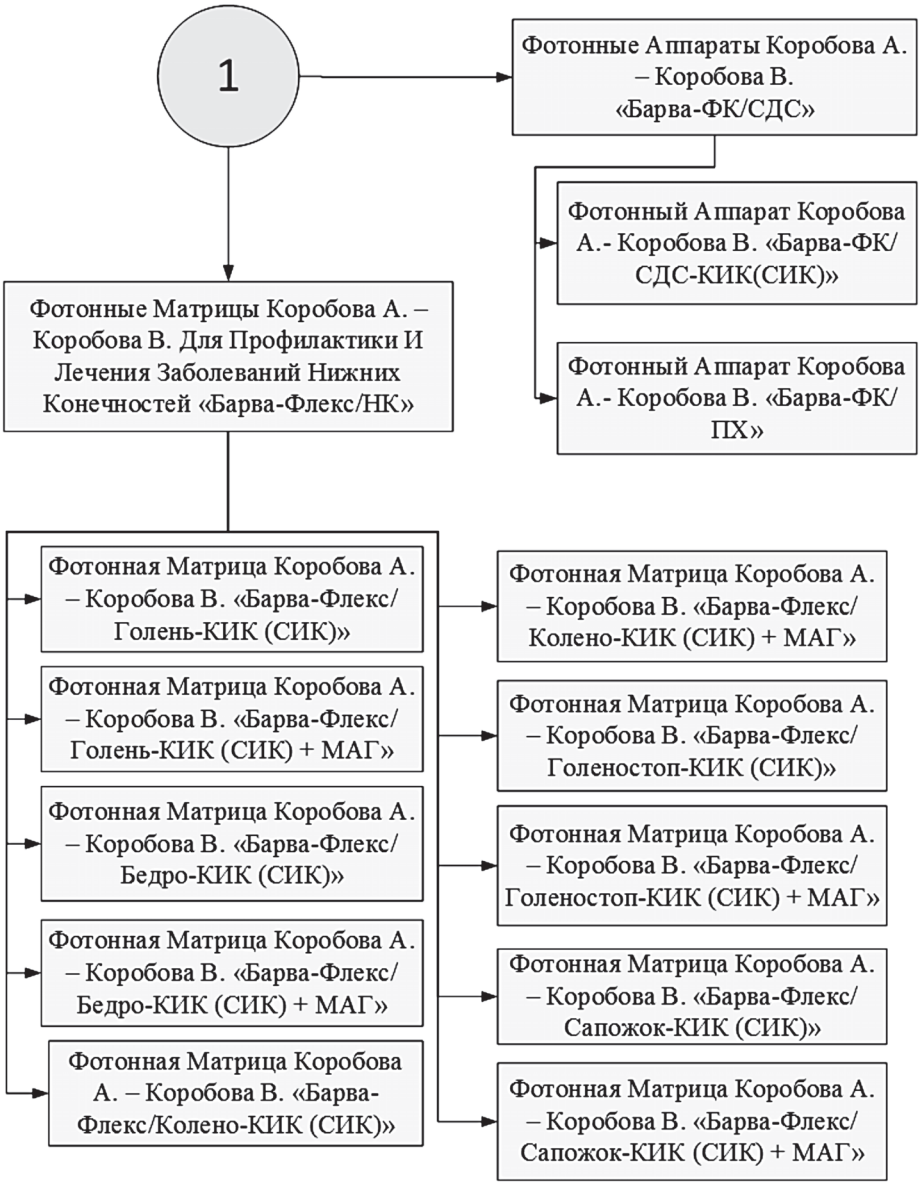


Рис. 2. Параметрическая классификация фотонных аппаратов (2-й фрагмент)

Соответствие разработанной классификации операционным критериям естественной классификации

Критерий иерархичности. «Структура реальности (предметные области) при рассмотрении ее в одном определенном ракурсе является иерархиче-

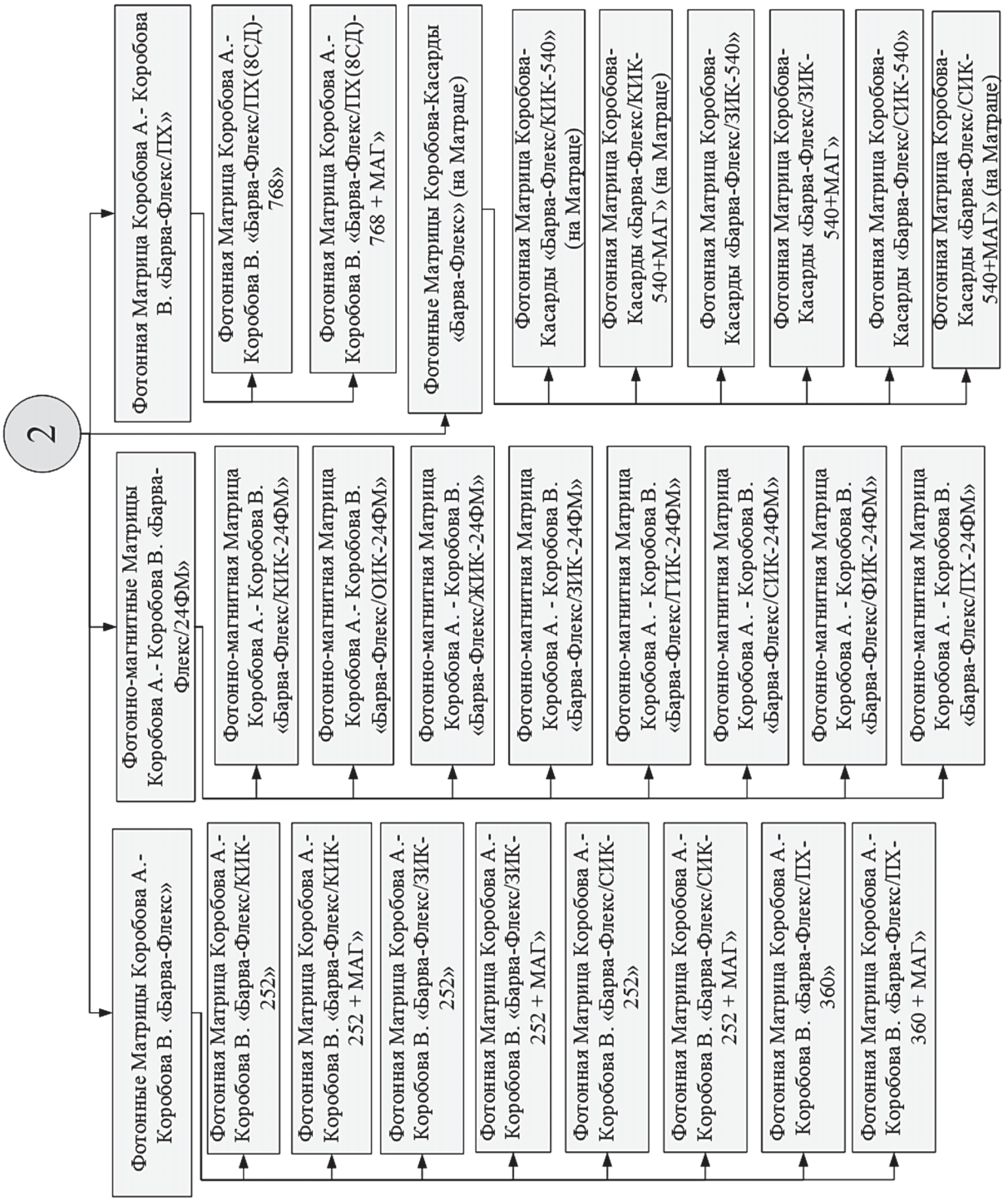


Рис. 3. Параметрическая классификация фотонных аппаратов (3-й фрагмент)

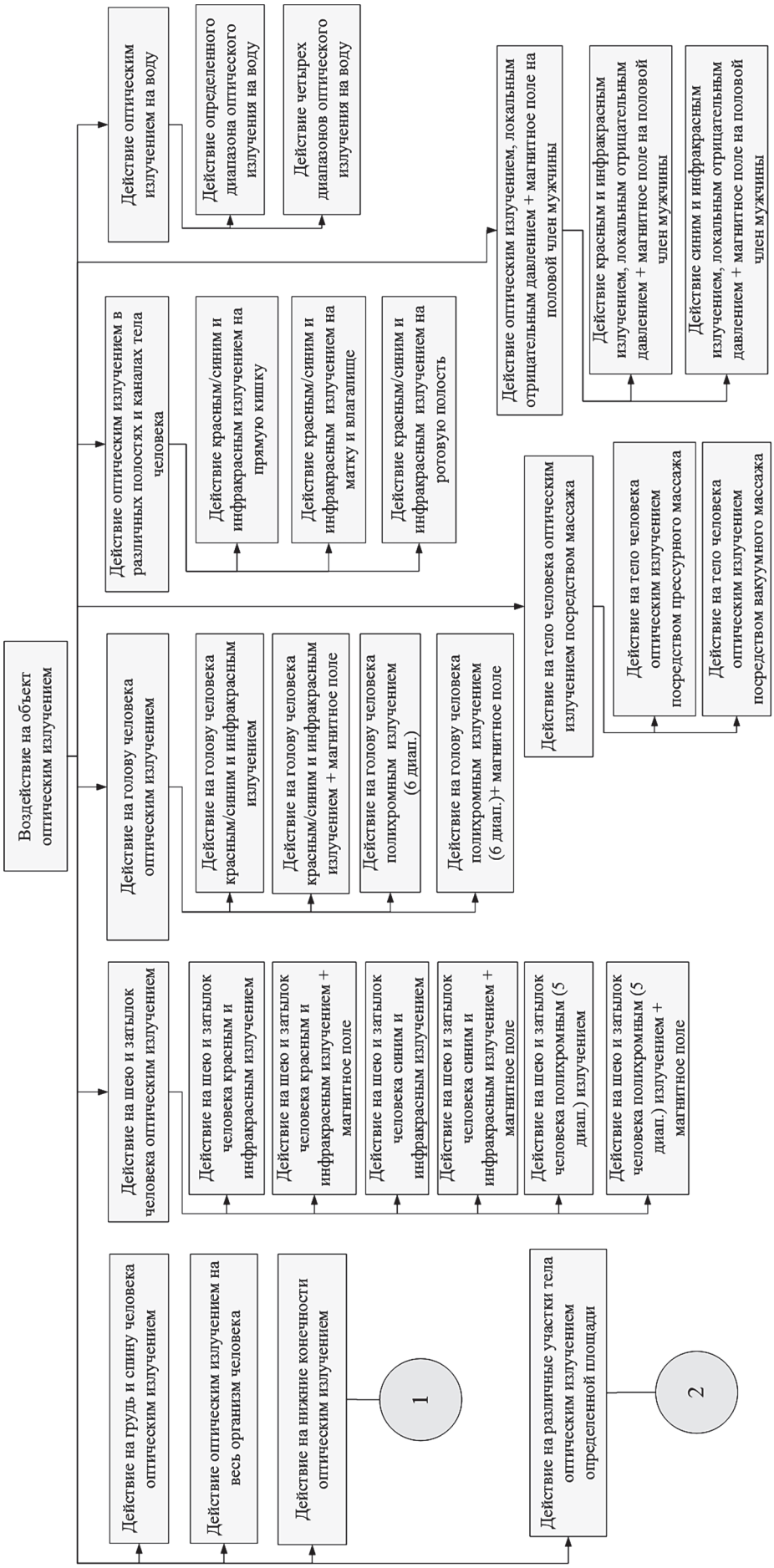


Рис. 4. Параметрическая классификация способов воздействия (1-й фрагмент)



Рис. 5. Параметрическая классификация способов воздействия (2-й фрагмент)

ской. Классификация понятий также имеет иерархическую структуру, отражающую системность действительности» [3]. Разработанная классификация является иерархической, то есть каждый элемент системы «фотонные аппараты» может рассматриваться как система. Сама система «фотонные аппараты» также может рассматриваться как элемент некоторой надсистемы (в данном случае надсистемой являются «устройства»).

Критерий монизма. «Надсистема, включающая все системы-классы, может быть только одна. Классификация понятий имеет единственную категорию. Категория суть понятие предельной надсистемы» [3]. Разработанная классификация имеет единственную вершину – «фотонные аппараты», которая соответствует понятию, в котором отражается предельно широкий класс явлений.

Критерий системности. «Содержание понятия отражает существенные функциональные свойства системы в надсистеме, а его объем – поддерживающие свойства системы. При этом надсистема отражена в родовом понятии, подсистема – в видовом, существенное функциональное свойство системы – в видовом различии понятия» [3]. В разработанной классификации фотонных терапевтических аппаратов примером отражения критерия системности является обеспечение функциональной целостности внешней системы «фотонные аппараты» классами «фотонные матрицы Коробова – Посохова «Барва-ЦНС», «фотонные зонды Коробова А. – Коробова В.», «фотонные массажеры Коробова А. – Коробова В.», «фотонно-вакуумные аппараты (андрология)» и т. д. Это означает, что данные классы удовлетворяют функциональный запрос системы «фотонные аппараты», то есть являются подсистемами этой системы. В свою очередь объем понятия «фотонные аппараты» был бы неполным, если бы в классификации отсутствовала любая из вышеперечисленных подсистем (классов).

Критерий свойств. «Существенные функциональные свойства системы в надсистеме являются видами существенного функционального свойства надсистемы. Для понятий это соответствует утверждению: видовое различие понятия некоторой системы является видом видового различия понятия надсистемы данной системы» [3]. Видовым отличием «фотонной матрицы Коробова «Барва-Флекс/Жилет» является «действие оптическим излучением на грудь и спину человека». Влияние на «грудь и спину человека» является одним из видов «воздействия на объект оптическим излучением», что в свою очередь является видовым отличием «фотонных аппаратов» – надсистемы «фотонной матрицы Коробова «Барва-Флекс/Жилет». Обобщение третьего и четвертого критериев есть следующее утверждение – «родовидовая классификация понятий существенных функциональных свойств-классов определяет родо-видовую классификацию понятий систем-классов, обладающих этими свойствами» [3].

Критерий связности. «Поддерживающие свойства любой системы *i*-го уровня суть функ-

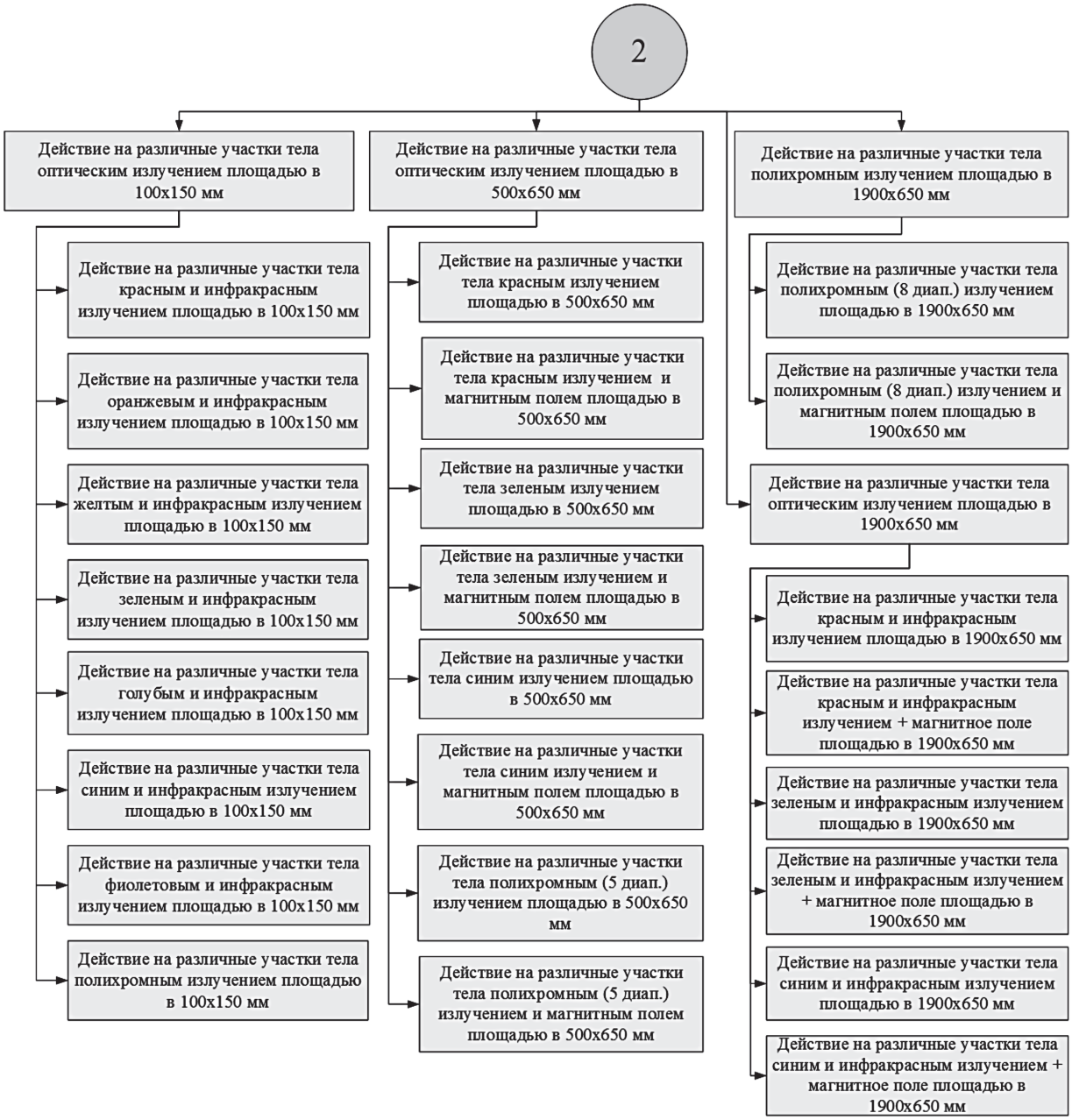


Рис. 6. Параметрическая классификация способов воздействия (3-й фрагмент)

циональные свойства ее подсистем, то есть систем *i+1* уровня. Отсюда следует, что существенные поддерживающие свойства любой системы являются существенными свойствами ее подсистем и видами ее существенного функционального свойства. Понятия о существенных поддерживающих свойствах системы суть понятия о существенных функциональных свойствах ее подсистем – видов понятия существенного функционального свойства системы» [3]. Поддерживающее свойство системы «фотонных зондов Коробова А. – Коробова В.» является «воздействие оптическим излучением» в «различных полостях и каналах тела человека». То есть, чтобы удовлетворить функциональный запрос системы «Фотонные зонды Коробова А. – Коробова В.», «воздействие оптическим излучением» каждой из подсистем должно быть видом воздействия в «различных полостях и каналах тела человека».

Итак, разработанная классификация фотонных терапевтических аппаратов Коробова соответствует операционным критериям естественной классификации, т. е. наиболее объективно отражает системность ПО, существенные свойства объектов и обладает прогностической силой. Построение классификации фотонных терапевтических аппаратов показывает сложность этого процесса и необходимость глубоких дополнительных исследований для выявления существенных свойств систем, их взаимосвязей.

Выводы

Полученная классификационная модель является параметрической (включает свойства объектов), в ней фотонные аппараты упорядочены на основе отличия их в существенных признаках. Фрагмент классификации объектов изоморфен разработанному фрагменту классификации способов воздействия, которые являются видовыми отличиями, соответствующими объекту и определенному месту в параметрической классификации фотонных аппаратов. Созданную классификацию можно углублять и расширять, без изменения структуры классификации. Она является систематикой знаний в рассматриваемой ПО и основой онтологии фотонных терапевтических аппаратов, реализованной в программном инструменте Protégé. Полученные результаты могут найти применение в медицине и других актуальных сферах, способствовать более эффективному применению и широкому распространению аппаратов Коробова.

Литература

1. Бондаренко М.Ф., Соловьева Е.А., Маторин С.И. Основы системологии: Учебное пособие / М.Ф.Бондаренко, Е.А.Соловьева, С.И.Маторин.- Харьков: ХТУРЭ, 1998. 118 с.

2. Коробов А.М. Фототерапевтичні апарати Коробова А. – Коробова В. серії «Барва». / А.М.Коробов, В.А. Коробов, Т.О.Лісна – Харків: 2015. – 186 с.

3. Соловьева Е.А. Естественная классификация: системологические основания.– Харьков: ХТУРЭ, 1999.– 222 с.

4. Федоров Б.Ф. Лазеры. Основы устройства и применение.– Москва: ДОСААФ, 1988. – 190 с.

КЛАСИФІКАЦІЯ ФОТОННИХ АПАРАТІВ СЕРІЇ «БАРВА»

Соловйова К.О., Юдинцова А.С.
Харківський національний університет радіоелектроніки
пр. Науки, 14, Харків, Україна, тел.: +38(057)702-15-91
si@kture.kharkov.ua

Вступ. *Фотонні терапевтичні апарати Коробова А. – Коробова В. серії «Барва», де в якості джерел світла застосовуються світлодіоди, що генерують випромінювання з різною довжиною хвилі (кольором), знаходять в останні роки все більше застосування в медицині. Апарати серії «Барва» постійно модернізуються з метою поліпшення експлуатаційних характеристик і розширення спектра патологій, для профілактики і лікування яких вони призначені.*

Основою концептуального моделювання предметної області є аналіз інформації, в першу чергу, родо-видових визначень, з метою виявлення елементів предметної області, їх сутнісних (істотних) властивостей і взаємозв'язків.

Системологічний метод концептуального моделювання предметної області ґрунтується на функціональній системології систем-класів ноосферного етапу розвитку науки і спрямований на побудову класифікації, що відповідає критеріям природної класифікації (систематики). На основі цих критеріїв досліджувані об'єкти упорядковуються з метою виявлення їх закономірних зв'язків і подальшого систематичного вивчення.

У роботі запропонований метод системного аналізу для побудови концептуальної класифікаційної моделі предметної області (ПО) на основі природної класифікації, що складається з ряду етапів.

Системологічний термінологічний аналіз ПО включає виявлення сукупності термінів, що позначають об'єкти і процеси даної області, тобто термінів для понять, що описують дану ПО (категорійних, загальних і одиничних) з подальшим аналізом виявленої вихідної сукупності термінів для визначення ступеня її наближення до терміносистемі за показниками повноти, зв'язності і функціональності СП, що відповідає вихідної сукупності термінів.

Системологічний концептуальний аналіз ПО включає визначення місця (ролі) даної ПО в ширшій ПО, тобто надсистемі (або надсістемах) даної ПО і відповідного їй невизначуваного поняття або понять (єдиної категорії або декількох категорій з урахуванням кількох аспектів розгляду даної ПО); визначення функціональних властивостей систем даної ПО, істотних з точки зору кожної виділеної надсістеми (категорії).

Системологічний класифікаційний аналіз ПО включає вибір підстави побудови класифікаційної моделі (схеми) даної ПО (відповідного виявленому функціональною ознакою систем даної ПО з точ-

ки зору певної надсистеми для даної ПЗ); забезпечення відповідності родо-видових відносин між поняттями даної ПО родо-видовим відносин між їх видовими відмінностями в обраній площині класифікування.

В результаті аналізу ВО «апарати для фототерапії» був зроблений висновок, що на даний момент не існує класифікації фотонних терапевтичних апаратів серії «Барва».

В ході дослідження була виявлена сукупність термінів, що позначають об'єкти і процеси ВО «апарати для фототерапії». Проведено аналіз виявленої сукупності на наявність родо-видових визначень для всіх понять, відповідних термінів. Виявлено такі терміни, які відповідають поняттям, що відображає функціональні властивості систем даної ПО. Вже згадана сукупність термінів була оптимізована - усунуті перетини, протиріччя і прогалини.

***Висновки.** Отримана класифікаційна модель є параметричної (включає властивості об'єктів), в ній апарати для фототерапії впорядковані на основі відмінності їх в істотних ознаках. Фрагмент класифікації об'єктів ізоморфний розробленому фрагменту класифікації способів впливу, які є видовими відмінностями, відповідними об'єкту і певного місця в параметричної класифікації апаратів для фототерапії. Створену класифікацію можна поглиблювати і розширювати без зміни структури класифікації.*

Розроблена класифікація є систематикою знань в даній ПО і основою онтології фотонних терапевтичних апаратів, реалізованої в програмному інструменті Protégé. Отримані результати можуть знайти застосування в медицині та інших актуальних сферах, сприяти більш ефективному використанню та поширенню фотонних терапевтичних апаратів Коробова А. - Коробова В. серії «Барва».

***Ключові слова:** фотонні терапевтичні апарати Коробова А. - Коробова В. серії «Барва», класифікація, системологічний термінологічний аналіз, системологічний концептуальний аналіз, системологічний класифікаційний аналіз.*

CLASSIFICATION OF PHOTON DEVICES OF "BARVA" SERIES

Solovyova Y.A., Yudintsova A.S.
Kharkiv National University of Radio Electronics
Kharkov, Nauka Ave,14
тел.: +38(057)702-15-91
si@kture.kharkov.ua

A. Korobov – V. Korobov photon therapeutic devices of "Barva" series, using LED as the light sources, which generate light with different wavelengths (colors), have been increasingly used in medicine for the recent years. The devices of "Barva" are constantly being upgraded in order to improve their performance and expand the range of pathologies, for the prevention and treatment of which they are intended.

The basis for conceptual modeling of the subject area is information analysis, and primarily of genus-species relations definitions, in order to identify the elements of the subject area, their essential (material) properties, and relationships.

Systemological method of conceptual modeling of the subject area is based on functional systemology of systems and classes of noospheric stage of science development and aims to build a classification corresponding to the criteria for atural classification (systematics). Based on these criteria, the studied objects are ordered to identify their natural connections and further systematic study.

The paper presents a systematic method of analysis for construction of the conceptual classification model of the subject are (software) based on the natural classification, consisting of several stages.

Systemological terminological analysis of software includes the identification of aggregate terms, denoting objects and processes of this area, ie the terms for concepts that describe this software (categorical, general and individual) with subsequent analysis of the revealed initial set of terms to determine its degree of approximation to the term system for completeness, connectivity and functionality of aggregate terms, corresponding to the initial set of terms.

Systemological conceptual analysis of software includes the definition of the place (role) of the software in the broader software that in is super-system (or super-systems) of this software and the corresponding undefinable concept or concepts (single category or multiple categories, taking into account several aspects of the review of this software); definition of the functional properties of this software system, which are for each selected super-system (category).

Systemological classification analysis of software includes a variety of base construction of a classification model (scheme) of the software (the corresponding identification of functional feature of the software systems from the point of view of a certain super-system for this software); ensuring that the generic-specific relationship between the concepts of the software generic-specific relationships between their species differences in the classification of the selected plane.

Systemological classification analysis of software includes selection of the base for construction of a classification model (pattern) of this software (corresponding to the identified functional feature of this software systems towards certain super-system for this software); ensuring compliance of the genus-species relationship between this software concepts to genus-species relationship between their generic differences in the selected area of classification.

Analysis of the "phototherapy devices" software resulted in the following conclusion: now there is no classification of photon therapeutic devices of "Barva" series.

In the study, a set of terms denoting objects and processes of "phototherapy devices" software has been defined. We performed the analysis of the defined set of terms for presence of genus-species definitions for all concepts, corresponding to the terms. We have revealed the terms, which correspond to the concepts that reflect the functional properties of this software systems. The reviewed set of terms has been optimized – we eliminated intersections, contradictions and gaps.

***Conclusions.** The resulting classification model is parametric (includes properties of objects), and there phototherapy devices are ordered based on their differences in essential characteristics. Fragment of objects classification is isomorphic to the developed fragment of classification of exposure methods, which are generic differences, corresponding to the object and definite place in parametric classification of phototherapy devices. The developed classification can be deepened and expanded without changing the classification structure.*

The developed classification is a systematics of knowledge in the considered software and this is a base of ontology of photon therapy devices, implemented in a Protégé software tool. These findings can be used in medicine and other relevant fields, promote more efficient use and widespread application of A. Korobov – V. Korobov photon therapy devices of "Barva" series.

***Keywords:** A. Korobov – V. Korobov photon therapy devices of "Barva" series classification, systemological terminological analysis, systemological concept analysis, systemological classification analysis.*

УДК 577.45(091.2):615.831

СТРАНИЦЫ ИСТОРИИ ФОТОМЕДИЦИНЫ: ТЕХНИКА ДИАГНОСТИЧЕСКОГО ПРОСВЕЧИВАНИЯ В 1860-1880-е ГОДЫ

Русанов К.В., Русанова Е.Г.

ул. Космонавтов, д. 8, к. 12, г. Харьков, 61103 Украина,
тел.: +38 (068) 607-64-93, e-mail: construsanov@yandex.ru

(Продолжение, начало см. в №1,2' 2015 г.)

В первых аппаратах для диагностического просвечивания тканей и органов человеческого тела применяли в качестве источника света платиновую проволоку, нагретую добела током от аккумуляторов и защищенную стеклянным экраном. Имея небольшой наружный диаметр, такой аппарат мог быть введен во внутренние полости тела через естественные отверстия. Во второй половине 1860-х гг. был предложен и испытан ряд конструкций этого типа. Лидером данного инженерно-медицинского направления стали врачи Российской империи.

В сентябре 1869 г. просвечиватель для акушерско-гинекологической диагностики (диафаноскоп), годом раньше разработанный в Харькове проф. И.П.Лазаревичем, успешно демонстрировался в Италии. Автор подарил просвечиватель больнице Santa Maria Nuova во Флоренции, и итальянские медики сообщили о диафаноскопе с трибуны II Международного медицинского конгресса, проходившего там же.

Выпускник Киевского университета врач В.А.Миллиот, продемонстрировавший близкий по конструкции просвечиватель в 1867 г. во время I Медицинского конгресса, продолжал работать во Франции. Здесь он, в частности, исследовал возможности электромагнитов для извлечения из ран осколков и пуль, но не оставлял и диафаноскопию. В 1870 г. В.А.Миллиот напечатал в Париже статью, где были предложены интересные новые решения по усовершенствованию метода диагностического просвечивания – в частности, применительно к исследованию желудка. Однако в том же году началась франко-прусская война, и вскоре газеты опубликовали сообщение о гибели отважного врача на поле боя во время оказания им медицинской помощи французским раненым.

Недостатком предложенных конструкций было сочетание относительно слабого света нити накаливания, недостаточного для просвечивания толстых слоев ткани, и значительного нагрева экрана, ограничивающего время внутриполостного исследования. Летом того же 1870 г. петербургский физик Д.А.Лачинов, преподаватель Лесного института, опубликовал двухчастевую статью, где была описана конструкция внутриполостного просвечивателя с мощным дуговым источником света и проточным водяным охлаждением экрана. Лачинов первым применил сравнительное измерение силы света разных источников фотометром Бунзена и убедительно показал преимущества дугового источника с регулируемыми угольными электродами над нитями накаливания в отношении силы света. Он стремился оптимизировать эту перспективную конструкцию для клинической практики, а не для частных кабинетов. Однако тот факт, что электрическая дуга горела в конструкции Лачинова непосредственно в охлаждающей воде (дистилляте?), вызывал законное недоверие к безопасности такой системы. Возможно, поэтому физик так и не сумел организовать испытания своих просвечивателей на животных и людях. Этому помешало и то, что в 1871-1872 гг. Лачинов находился под следствием за распространение среди студентов антиправительственной литературы.

Не найдя практического применения в медицине, идеи Д.А.Лачинова дали импульс новым разработкам отечественных медиков. В 1871 г. врач К.Р.Овсяный, выпускник Киевского университета, построил и испытал внутриполостной просвечиватель с дуговым источником света. Однако вскоре талантливый медик оставил эту тематику и предпочел стать архитектором.

На III Съезде русских естествоиспытателей в Киеве (август 1871 г.) И.П.Лазаревич продемонстрировал диафаноскоп с проточным водяным охлаждением, где нить накаливания была заменена жесткой платиновой пластинкой. При этом охлаждался не весь внутренний объем экрана, а кольцевой промежуток между двумя стеклянными трубками. Таким усовершенствованным аппаратом Лазаревич производил на съезде в Киеве просвечивание органов малого таза; в дальнейшем он де-

© Русанов К.В., Русанова Е.Г., 2016

монстрировал новый диафаноскоп в 1872 г. Обществу русских врачей в Москве и представил его на международные выставки в Лондоне и в Вене в 1873 г.

Ключевые слова: *медицинская диагностика, просвечивание тканей и органов, внутриполостной источник света, платиновая нить накаливания, электрическая дуга, водяное охлаждение, В.А.Миллиот, И.П.Лазаревич, Д.А.Лачинов, К.Р.Овсяный.*

Публикация брошюры о диафаноскопе и его применении в гинекологической диагностике, добавив И.П.Лазаревичу известности, способствовала дальнейшим успехам харьковского профессора и в других направлениях. В 1869 году (6 марта) он был избран членом-корреспондентом Гинекологического общества в Бостоне. В том же году по инициативе И.П.Лазаревича был открыт Повивальный институт при Харьковском университете, а университетская типография напечатала его двухтомник (т. 1 «Внимание к детям»; т. 2 «Внимание к матерям») объемом без малого 500 с.; сочинение было быстро раскуплено и в 1871 г. вышло вторым изданием. Ряд новых публикаций профессора увидел свет на родине[1]; некоторые из них были перепечатаны в «Transactions of Obstetrics Society of London», «Journal of Gynecological Society of Boston» и др. В 1870 году (16 ноября) его произвели в чин статского советника.

В конце сентября 1869 г. И.П.Лазаревич участвовал в II Международном медицинском конгрессе во Флоренции. В трудах этого форума [5] имеются сообщения харьковчанина на секции по акушерству и гинекологии: «Sur la mortalité des enfants» (p. 301); «De plessimetre punctiformi» (p. 311); «Embryotome» (p. 344); «Quelques operations et les instruments obstetricaux et gynecologiques» (p. 347). Но вот его доклада о диафаноскопии в программе нет, вопреки утверждению Б.Н.Ржонсницкого: «Лазаревич демонстрировал свою лампу на II Медицинском конгрессе во Флоренции в 1869 г. и производил ряд просвечиваний в госпитале Santa Marina Nuove» [4, с. 105].

Советский историк сослался на с. 145 сборника [5], но там, как показала проверка, таких слов на самом деле нет. Больница же называлась Ospedale di Santa Maria Nuova, хотя была весьма старой[2]. Наконец, упоминание о диафаноскопе И.П.Лазаревича неожиданно нашлось в докладе Schivardi P., Gozzini A. «La Galvano-caustique» [5, p. 441-446].

Д-р P.Schivardi, миланский специалист по электротерапии и электрохирургии, сообщил о серии экспериментов, проведенных им совместно с коллегой из Флоренции; перед докладом участники конгресса осмотрели электротерапевтический кабинет A.Gozzini. В конце этого доклада, на странице 445, и обнаружились следующие два абзацы. Из текста видно, как плохо представлял себе оратор диагностическое просвечивание, о котором взялся говорить.

«… Базируясь на термических эффектах электричества, мы хотели сделать человеческое тело *прозрачным* или, лучше сказать, *светопроницаемым*, и внедрить тем самым новый метод исследования - общую соматоскопию. Как известно, метод исследования путем просвечивания пока используется мало - лишь для диагностики водянки оболочек яичка и некоторых поверхностных кистозных опухолей. Д-р Миллиот из Киева на I Международном медицинском конгрессе в Париже показал первые опыты по этому методу, вводя в трупы при помощи пищеводного зонда платиновую проволоку, намеренно раскаленную до свечения.

Об этом я упомянул лишь для того, чтобы представить вам новинку – диафаноскоп нашего блистательного коллеги Лазаревича из Харькова, который подарил его больнице Santa Maria Nuova, где в эти последние дни его (диафаноскоп.- К.Р., Е.Р.) применяли множество раз. На этих изображениях, которые дал мне проф. Лазаревич, вы можете видеть, какие эффекты света мы получаем, вводя в прямую кишку или во влагалище его осветительный инструмент».

Вероятно, И.П.Лазаревич сделал во Флоренции вышеперечисленные сообщения по акушерству лично, посчитав их более важными. Рассказ же о своем диафаноскопе (по-видимому, сохранившем первоначальную конструкцию) он доверил малокомпетентному итальянцу. Но так ли иначе, в 1869 г. этот прибор получил известность и на Западе.

В Европе работал в то время и зачинатель отечественной диоптрической органоскопии и соматоскопии - В.А.Миллиот. В 1868 году (13 октября) этот чиновник Главного военно-медицинского управления снова был уволен в отпуск на 1 год с ученой целью в Берлин, Францию и Англию.

[1] «Маточные винты или дренажные выпрямители» (Протоколы Общества русских врачей в Петербурге, 1869); «О новом жоме и о некоторых особенностях при овариотомии»; «Выкидыш на третьем месяце беременности» (Медицинский вестник, 1870); «Паразиты женских половых органов» (Харьков, 1869).

[2] Больницу Santa Maria Nuova основал в 1288 г. Ф.Портинари, отец Беатриче – вдохновительницы Данте. Эта больница, не раз перестраивавшаяся, работает и сегодня, являясь старейшей во Флоренции.

Приказом от 16.11.1869 г. заграничный отпуск коллежскому асессору Миллиоту был продлен; лишь в начале 1870 г. питомец Киевского университета вернулся в Петербург. Но вместо того, чтобы продемонстрировать, наконец, столичным медикам свой просвечиватель и новые достижения на ниве диагностической фотоскопии (о них см. ниже), он сделал 7.02.1870 г. в Обществе попечения о раненых и больных воинах доклад о «новом способе распознавать присутствие железных огнестрельных снарядов в глубоких частях тела и извлекать их оттуда посредством электромагнитов». Эта идея (и сейчас, случается, выдаваемая за новую) была на слуху у медиков еще перед франко-прусской войной.

Референт писал о докладе Миллиота[3]: «Уже давно предлагали извлекать магнитом кусочки железа из глаз, иглы из разных частей тела. Но приложение его к извлечению осколков железных снарядов из глубоких тканей никогда не было методически испытываемо.

Главное затруднение <...> состояло в том, что в подлежащих извлечению металлических телах развивается полярность. Иглы она заставляет принимать при приближении магнита поперечное относительно него положение, делающее невозможным их извлечение. С другой стороны, кусок железа, притянувшись к магниту, трудно отрывается от него, и при насильственном отнятии нарушает целость живых тканей, увеличивая тем первоначальное их повреждение.

Для устранения этих неудобств д-р В.А.Миллиот устроил электромагниты с подвижными пуговками, посредством которых замыкается или прерывается электрический ток, соответственно чему снаряд намагничивается или размагничивается, притягивая или переставая притягивать железо. Он устроил электромагниты с различною силою притяжения, способные достигать цели на различных расстояниях - от 10 до 30-40 мм.

Для тех случаев, где осколки лежат очень глубоко в тканях <...>, д-р Миллиот устроил электромагнитные зонды с закругленными концами. Ими можно извлекать железные осколки всякой формы при большой глубине огнестрельного канала, так как по закругленности своих концов зонды притягивают железо только в точках своего прикосновения к нему».

Правда, пули делали из немагнитного свинца, а надежды Миллиота на то, что военные снабдят эти пули железными вставками (как расширительную пулю винтовки Минье), вызывали серьезные сомнения. Но русский врач уже «приготовлял подобные пули, применял к ним свои аппараты на трупах и убедился, что извлечение всегда возможно его магнитами».

И судьба вроде бы пошла ему навстречу. Через полтора месяца после доклада в Петербурге В.А.Миллиот, уже надворный советник, снова был отправлен за границу, а 19 июля Франция объявила войну Пруссии, открыв тем широкое поле для применения его электромагнитов. И бывший киевлянин, выступая с армией Наполеона III на поля сражений, конечно, взял эти аппараты с собой. Но дела сразу пошли не так. И вряд ли Миллиоту было до электричества в потоке отступления, под дождем свинцовых пуль из винтовок Дрейзе.

Осенью 1870 г., уже после капитуляций французов, окруженных в Седане и Меце, после начала осады Парижа, читатели петербургского еженедельника были огорчены и еще одной неприятной новостью с театра. Прочувствованный некролог невезучему коллеге гласил (Медицинский вестник.- 1870.- №43.- С.374):

«В №35 «Gazette médicale de Paris» от 27 августа (последнем нумере, полученном в Петербурге) сообщается печальная новость о смерти русского доктора Вениамина Антоновича Миллиота, погибшего где-то недалеко от Парижа жертвою своего призвания. Весть о его смерти принесена в парижский Val-de Grâce (военный госпиталь.- К.Р., Е.Р.) раненым полковником Коломье. Когда полковник был ранен, д-р Миллиот вынул у него пулю под неприятельским огнем. Полковник после этого опять хотел сесть на лошадь и Миллиот подсаживал его, как вдруг сам поражен был пулею и убит на месте.

Если известие это подтвердится, то русская медицина имеет горько пожалеть об утрате трудолюбивого, энергического и благородного человека, всю жизнь свою отдавшего специальным медицинским занятиям. Он уехал в Париж на год, чтобы разработать и улучшить придуманный им снаряд для внутреннего освещения естественных полостей тела, а также и другой снаряд – для извлечения пуль из глубоких частей тела посредство электромагнитов.

Думал ли он и сам погибнуть от пули, не только не сделав никому зла, но посвятив все помышления свои на служение человечеству? Кроме вышеназванных двух снарядов, В.А.Миллиот был занят мыслью об устройстве гигиенических приютов для хронических больных на берегах морей, и с этой мыслью объехал все моря южной и юго-восточной Европы. Но и этой мысли суждено теперь замереть в самом зародыше.

[3] О распознавании и извлечении железных (чугунных) огнестрельных снарядов из глубины живых тканей тела электромагнитами // Медицинский вестник.- 1870.- №16.- С.136.

Не забудется, однако же, благородное сердце, светлый ум безвременно погибшего товарища и его неустанная заботливость об общественных пользах».

Но Вениамин Антонович и сам позаботился о том, чтобы его идеи не забылись. 23 июля 1870 г., когда армии еще только подтягивались к границе, в Париже вышла статья Миллиота с описанием его последних достижений на ниве диоптрооргано- и -соматоскопии [6].

Перечитывая сегодня ее текст, приходится констатировать: при всей изобретательности В.А.Миллиота в разработке нового метода диагностики он нередко двигался в направлениях, уводящих дело от практической медицины. Так, например, желая получить интенсивный источник света, он обратился в Парижское кислородно-водородное общество. Построенный аппарат представлял собой лампу с двумя медными трубками, соединенными резиновыми трубками с резиновыми же мешками, содержащими водород и кислород. При помощи двух краников газы впускали внутрь лампы, и после возгорания регулировали их подачу, пока цилиндр из негашеной извести и окиси циркония не раскалялся пламенем до свечения. Такое устройство давало мощный «друммондов свет»[4], получивший ряд практических применений. Но горелку с гремучим газом, конечно, нельзя было ввести внутрь живого тела.

Миллиот В.А. применял свет кислородно-водородной лампы при попытках просвечивать тело извне и насквозь, руководствуясь своей теорией, согласно которой «все человеческое тело является светопроницаемым, и его светопроницаемость находится в прямой связи с использованным источником света. <...> Если до сих пор я не смог просветить некоторые части тела по причине их толщины (например, грудную клетку или бедра), то только потому, что свет, которым я до сих пор располагал, был недостаточен для их просвещения. Так, в июле месяце прошлого года, я тщетно пробовал просветить светом одесского электрического маяка силою 380 керосиновых ламп, который мне предоставили господа Ларудэн [Laroudin] и Ильин, грудную клетку худого ребенка 4-5 лет» [6].

В некоторых случаях В.А.Миллиоту удавалось повышать сквозную светопроницаемость тела, вводя в желудок или мочевой пузырь надуваемые резиновые камеры или наполняя эти естественные полости прозрачным воском. Проецируя на стенку прошедший сквозь тело интенсивный свет кислородно-водородной лампы, ему будто бы удавалось исследовать эти органы. Впрочем, такие приемы были безусловно неприменимы на пациентах.

Стремясь обеспечить мобильность своих просвечивателей, В.А.Миллиот разрабатывал переносную гальваническую батарею («портативный электродинамический аппарат с элементами Гроува и Бунзена»), конструкция которой обеспечивала бы безопасность от кислот и их паров. Но самое интересное в статье [6] - разработанные изобретателем после 1867 г. диоптрооргано-скопы. К сожалению, Миллиот дал лишь самые общие и оттого неясные описания, к тому же не содержащие ни единой цифры:

«Диоптрооргано-скопы состоят из двойных стеклянных трубок, где у внешней – только одно выходное отверстие, а у внутренней – двойное. Во внутренней трубке находится платиновая спираль, соединенная с медными проволоками, поддерживаемыми кусочками слоновой кости. Проволоки доходят до пустотелой рукоятки, внутри которой, при помощи помещенной снаружи кнопки, можно включать или прерывать электрический ток».

Сравнивая этот скупой текст со схемой первого просвечивателя Миллиота 1867-1868 гг. (см. ч. 1), можно убедиться, что основной узел всех его аппаратов изменений не претерпел. Зато изобретатель приложил немало сил к разработке специального просвечивателя для диагностики заболеваний желудка – диоптрогастроскопа. К 1870 г. в Европе уже существовало несколько конструкций жестких гастроскопов с системами зеркал и линз. По сравнению с этими реально работавшими (пусть и очень неудобными) устройствами описание предлагаемого В.А.Миллиотом аппарата выглядело полуфантастикой [6]:

«Диоптрогастроскоп представляет собой длинный резиновый шланг, содержащий два изолированных медных про́вода и две тонких резиновых же трубки, служащих для нагнетания воздуха. Провода заканчиваются с одной стороны платиновой спиралью, а с другой - сообщаются с электродами (гальванической батареи.- К.Р., Е.Р.). На конец шланга со стороны спирали надевается резиновая камера, в которую вкладываются спи-

[4] Назван по имени шотландского инженера Т.Друммонда. Словарь Брокгауза и Ефрона писал, что друммондов свет «получается накаливанием извести, магнезии и окиси циркония пламенем гремучего газа. Свечение раскаленных окисей бывает наиболее сильным, когда <…> на 1 объем O_2 приходятся 2 объема H_2, и получается наивысшая температура горения – около 2000°С. Окиси металлов прессуются в виде цилиндрических палочек <...>. Друммондов свет, вследствие своей ослепительной яркости, предложен для маяков, для освещения экранов, в фотографии и проч.».

раль и концы резиновых трубок. После введения аппарата при помощи стеклянной трубки или зонда через пищевод в желудок достаточно надуть камеру, чтобы добиться полупрозрачности/светопроницаемости эпигастральной области, и включить электричество. Такой же аппарат, но меньшего размера, может быть введен через мочевой пузырь для освещения подчревной области».

Из статьи [6] видно, что В.А.Миллиот не занимался всерьез проблемой охлаждения просвечивателей (он продолжал работать только на трупах). Зато он эмпирически пришел к выводу, что избыток света так же вреден для диагностического исследования, как и недостаток. Этот неожиданный на первый взгляд факт оптик объяснил бы рассеиванием света в тканях:



Рис. 1. Д. А. Лачинов (1842-1902)

«Если после введения диоптрооргановскопа в спланхническую полость трупа животного или человека обследовать освещенные зоны, то можно увидеть, что наряду со светопроницаемыми органами, есть такие (например, матка, печень), которые <...> выглядят как непрозрачные тела. Если в брюшной же полости находятся непрозрачные инородные тела, <...>, то они тоже вырисовываются. Так, пули, твердые фекальные массы, опухоли позволяют увидеть их конфигурацию - при условии, однако, что свет не будет слишком интенсивным, поскольку тогда он проникает в покровы над такими предметами, не позволяя их увидеть. Это именно то, что заставило Дюпюитрена (французский хирург.- К.Р., Е.Р.) сказать, что при освещении гидроцеле (водянки) яичка световые лучи искривляются вокруг последнего, чтобы затем конвергировать в глазах наблюдателя».

Напоследок В.А.Миллиот счел необходимым высказаться по вопросу приоритета. Вениамин Антонович был великодушным и объективным [6]: по его мнению, именно г-н Брук, опубликовавший в 1867 г. в Бреслау свой новый труд «Das Urethroscop und Stomatoscop dürch galvanisches Glühlicht», первым произвел серьезные попытки осветить путем светопроницаемости человеческий организм, а не И.П.Лазаревич.

Между тем отечественного первопроходца, вынужденного оставить тернистую стезю диагностического просвечивания, немедленно сменил новый боец. В том же июле 1870 г., когда в Париже вышло «завещание» В.А.Миллиота, на эту стезю вступил Д.А.Лачинов, опубликовавший в петербургском еженедельнике обстоятельную двухчастевую статью [2].

Ее автор почему-то не привел точные даты этапов описанной им работы – изучения литературы, проведения опытов, испытаний первого и второго аппаратов с дуговым источником света. Это оставило простор для домыслов в части приоритетности действий Лачинова. Но мы, в отличие от восторженного биографа столичного электротехника [4], будем придерживаться фактов, а не сомнительной «лирики».

Д.А.Лачинов (рис. 1), в отличие от своих предшественников, был физиком по образованию, а по жизни – инженером-изобретателем. Соответственно, его сила проявилась в рациональном техническом подходе к конструкции просвечивателей.

Дмитрий Александрович Лачинов (1842-1902), выходец из старинной дворянской семьи, сын участника Отечественной войны 1812 г., окончил в 1859 г. гимназию в Петербурге и поступил на физико-математический факультет столичного университета. Учился физике он не только на родине, но и в Гейдельберге и Тюбингене - у Гельмгольца, Бунзена и Кирхгофа. Вернувшись в Петербург в 1864 г., Д.А.Лачинов подтвердил свою квалификацию и был назначен преподавателем на кафедру физики с метеорологией и климатологией Земледельческого института (вскоре переименованного в Лесной).

Но фактически это был физический кабинет – лаборатория для практических занятий студентов. Более 10 лет номинальная кафедра не имела даже доцентской штатной должности. Лачинов стал доцентом только в 1877 г., а профессором – в 1891 г. Характерно, что курс физики он так и не написал, издав зато два учебника по метеорологии и климатологии. «Отдушиной» от педагогической рутины стала для Лачинова электротехника, теоретическая и практическая. Он был автором ряда изобретений и статей в журналах, в том числе по электрическим источникам света.

В 1860-е гг. электричество уже находило применение и в медицине – в частности, в хирургии (см. ч. I). Считают [4], что внимание Д.А.Лачинова привлек к этой теме громкий скандал. 24 июня 1869 г. известный хирург и акушер-

гинеколог А.А.Китер (1814-1879), друг и ученик Н.И.Пирогова, неудачно удалил гальванокаутером Миддельдорфа раковую опухоль на языке больного, скончавшегося от потери крови. По мнению экспертов, роковую роль сыграл малый запас энергии в аккумуляторах и, как следствие, невысокая температура режущего элемента (проволоки). Было возбуждено судебное дело по обвинению заслуженного профессора и академика, тайного советника, члена Медицинского совета и проч., в «явно неосторожных действиях при проведении хирургической операции».

Оно затянулось до ноября 1870 г. и сопровождалось острой полемикой на страницах «Санкт-Петербургских ведомостей» и «Медицинского вестника». На одной стороне выступал Федор Фомич Петрушевский (1828-1904), с 1865 г. заведовавший кафедрой физики в столичном университете и открывший там первый в стране физический практикум для студентов. Ф.Ф.Петрушевский, автор учебника «Экспериментальный и практический курс электричества», преподавал физику также в Минном офицерском классе в Кронштадте, в ряде вузов Петербурга – словом, был экспертом в области электроаппаратуры.

Интересы врачебной корпорации яростно отстаивал Янкель Мордкович (впоследствии – Яков Маркович) Шмулевич (1839-1906). Этот владевший бойким пером лекарь только что защитил диссертацию на степень доктора медицины «О влиянии согревания мышц на их физическую работу». В дальнейшем Я.М.Шмулевич сделал завидную служебную карьеру статистика в Главном военно-медицинском управлении (умер он действительным статским советником!), стал автором множества изданий – от брошюр о здоровье «для народа» до учебников по… ветеринарии, а также переводов иностранных книг.

Но в отношении электротехники напористый Шмулевич был, что ни говори, профаном. Вот его типичная аргументация: «Какие недостатки нашел г. Петрушевский в физической обстановке операции профессора А.А.Китера? Трещину на дне элемента, замену тонкой проволоки более толстою и, наконец, *отсутствие гальванометра*. Но ни одно из этих обстоятельств не могло служить причиною неуспешного действия батареи.

<...> Мое заявление, что гальванометр не употребляется хирургами и за границей, г. Петрушевский истолковывает так, будто я этим хотел сказать, что нам нужно все перенимать из-за границы, а жить *своим умом* предосудительно. Доказал ли г. Петрушевский, что измеряющий прибор нужен или полезен при гальванокаустической батарее? Ничуть не бывало!» (Медицинский вестник, 1870, №2).

Вот таким *своим умом* жили тогдашние медики – в измерениях они не нуждались! И, конечно же, могущественная корпорация не позволила осудить «своего» корифея - в номере 45 от 7.11.1870 г. «Медицинский вестник» торжествовал победу[5].

В отличие от Шмулевича и К°, Д.А.Лачинов понимал, что наука начинается с измерения и регистрации количественных величин. Применительно к диагностическому просвечиванию среди последних обязаны быть не только напряжение и ток в цепи источника света, но и интенсивность излучения. Ни заслуженным авторитетом, ни луженой глоткой, ни даже субъективными ощущениями «слабее - сильнее» цифры не заменишь, как ни старайся.

Суть дела физик сформулировал четче Миллиота и Лазаревича (ср. ч. I) [2]: «В недавнее время в медицине поднят важный вопрос о возможности освещать посредством электричества внутренние органы человеческого тела. Нельзя не признать огромного научного значения за этим новым способом, т. к. он не только дает возможность вводить источник света в глубину исследуемого органа, но и наблюдать через просвечивание соседние с освещенною полостью внутренние органы, недоступные для зрения при обыкновенных обстоятельствах. Можно надеяться, что при усовершенствовании этого способа мы будем в состоянии проследить на живом человеке развитие многих физиологических и патологических процессов».

Он дал объективный обзор публикаций своих предшественников; из ссылок и цитат понятно, что автор читал эти публикации в оригиналах. Лачинов не вводил витиеватых терминов и не впадал в рекламные преувеличения, а просто и четко писал о главном. Так, он подчеркнул, что первая мысль применить электричество к освещению человеческого тела принадлежала Дю Монселю, по указаниям которого в 1860 г. Гейслер в Бонне, а затем Румкорф в Париже стали изготовлять светящиеся трубочки, названные

[5] «Оправдание профессора А.А.Китера. Прокурор Санкт-Петербургского окружного суда уведомил Медико-хирургическую академию, что этот суд, рассмотрев дело о заслуженном профессоре А.А.Китере, обвиняемом в явно неосторожных действиях при производстве хирургической операции, постановил прекратить следствие по этому делу. Таким образом, судом признана полная несостоятельность обвинения, равняющаяся полному оправданию. Конечно, это оправдание не изглаживает того нравственного зла, которое причинено несправедливым посягательством на добрую славу человека, только личному труду и специальным знаниям обязанного своим заслуженным авторитетом».

фотоэлектрическими. Главнейшие опыты с ними были произведены старшим флотским доктором в Бресте г. Фонсагривом (Fossagrives) при содействии г. Дю Монселя (Comptes rendus, 23 janv. 1860), а также г. Депре в Сорбонне и г. Гаварре в Парижской медицинской школе, и состояли в освещении гортани и полости носа (Du Moncel. «Sur l'appareil d'induction de Ruhmkorff». Paris, 1867). Лачинов четко оттенил плюсы и минусы газоразрядных источников [2]:

«Главнейшее достоинство фотоэлектрических трубок заключается в том, что они почти не нагреваются при пропускании электричества, и потому могут быть вводимы во внутренность исследуемого органа, чему немало способствует и их незначительная величина. <...> Однакож свет, даваемый ими, до такой степени слаб, что даже при самых благоприятных условиях далеко не достигает яркости свечи. По моим опытам с гейслеровыми трубками оказалось, что свет, даваемый ими, равняется от 1/30 до 1/20 света стеариновой свечи».

Итак, Лачинов первым стал измерять интенсивность светового потока, излучаемого аппаратами предшественников, а затем и собственными конструкциями.

«Гораздо большей силы света можно достигнуть, - писал он далее, - раскаляя электрическим током платиновую проволоку. Свет раскаленной проволоки первым применил к врачебным целям д-р Брух (сын), изобретший стоматоскоп для освещения полости рта. Этот инструмент состоит из деревянного пустого цилиндра, закрытого с одной стороны металлическим зеркалом, а с другой – плоским стеклом. Вовнутрь цилиндра входят две толстые медные проволоки, концы которых соединены небольшою спирально-свернутою платиновою проволокой. При пропускании тока от двух элементов батареи Миддельдорфа проволока раскаляется добела и хорошо освещает полость рта; зубы и десны становятся как бы прозрачными, и даже корни зубов просвечивают насквозь.

Инструмент Бруха применил в 1865 г. д-р Вольтолини при исследовании нарощений слизистой оболочки in cavo pharyngo-nasali (Wiener med. Zeit., 1865). Впоследствии Вольтолини пользовался стоматоскопом в различных случаях; так, ему удалось открыть полипы в отверстии евстахиевых труб и искусным выжиганием их улучшить слух больных».

Аппарат Миллиота также содержал накаливаемую проволоку, но имел иные форму и место применения, нежели стоматоскоп [2]: «Тот же по основной идее способ освещения был применен нашим соотечественником д-ром В.А.Миллиотом для исследования брюшных внутренностей, но по внешней форме его аппарат, где внутри длинной стеклянной трубки находится спиральная платиновая проволока, накаливаемая посредством гальванической батареи Миддельдорфа (4 элемента), совершенно отличается от аппарата Бруха».

Отметив приоритет Лазаревича в систематическом применении просвечивателя на больных, Лачинов привел не только хвалебные описания самого профессора, но и негативные оценки другого харьковчанина – Сочавы (см. ч. I). Он не увидел в диафаноскопе существенной новизны по сравнению с аппаратом Миллиота, и писал далее лишь о последнем [2]:

«Нельзя не признать, что аппарат г. Миллиота имеет важные недостатки <...>. Главнейшее неудобство заключается в том, что платиновая проволока, хотя бы и не касаясь стенок трубки, все-таки нагревает их – частью прямым лучеиспусканием, частью через посредство воздуха. Вследствие этого трубка уже по прошествии минуты нагревается так сильно, что приходится прервать ток, чтобы дать ей время охладиться. Но, хотя сила света в аппарате Миллиота гораздо значительнее, чем в фотоэлектрических трубках, она далеко не достаточна для предположенной цели - исследования органов посредством просвечивания.

Чтобы измерить эту силу, я произвел опыты с платиновыми проволоками различной толщины, свернутыми в спираль. Проволоки эти, около 10 см длины, были накалены добела и светились так ярко, что глаз не мог различать отдельных оборотов спирали, а видел сплошной раскаленный цилиндр. Казалось бы, сила этого света весьма значительна. Но при сравнении его посредством фотометра Бунзена со светом пятериковой стеариновой свечи (пятерик - пачка в 5 стеариновых свечей общим весом в 1 фунт.- К.Р., Е.Р.) я получил следующие результаты: проволока толщиною в 0,25 мм давала свет в 0,7 свечи; свет второй, в 0,4 мм, был равен одной свече. Наконец, свет третьей, в 0,7 мм, был немного сильнее одной свечи. Это объясняется тем, что хотя платина накаляется сильнее пламени свечи, но зато ее светящаяся поверхность менее, от чего и происходит приблизительное равенство в осветительной способности.

Отсюда следует, что аппарат г. Миллиота дает свет, равный или немного больший света обыкновенной свечи. <...> Для тех исследований, для которых он предназначен, такое освещение слишком слабо».

Необходимую интенсивность мог дать электрический свет, получаемый при накаливании током заостренных концов двух сближенных углей.

Но для удаления тепла, выделяемого вольтовой дугой, необходимо организовать ее жидкостное охлаждение [2]:

«Известно, что вольтова дуга может происходить <...> и в воде. При этом нагревание ограничивается остриями углей и не распространяется на окружающие предметы, так как вода, будучи не прозрачна для темных тепловых (инфракрасных.- К.Р., Е.Р.) лучей, задерживает их <...>. С другой стороны, вода по причине своей огромной теплоемкости нагревается чрезвычайно медленно, и потому передает соседним предметам теплоту только в ничтожной степени. Но можно устранить и это медленное повышение температуры - посредством притока свежей воды, которая бы сменяла нагретую. <...> Аппарат, который при незначительной величине позволяет производить электрический свет в струе переменяющейся воды, совместит в себе все условия для продолжительного освещения внутренних органов человеческого тела».

Напомним, что И.П.Лазаревич в 1868 г. попробовал охлаждать свой диафаноскоп воздухом, прогоняемым через зазор между двумя стеклянными трубками, но убедился в неэффективности такого способа. Напротив, у Д.А.Лачинова даже первый прототип просвечивателя, собранный «домашними средствами», дал обнадеживающие результаты.

Прототип (рис. 2) состоял из стеклянного цилиндра *A*, имеющего форму и величину обыкновенного маточного зеркала, но закрытого и закругленного с одного конца. В открытый его конец вставлена пробка с четырьмя отверстиями. Через первое, центральное, в цилиндр был пропущен по направлению оси металлический стержень *b*, оканчивающийся небольшим заостренным углем *d*. Второе отверстие служило для пропуска подобного же стержня *c*, который направлялся сначала вдоль по стенке трубки, но, дойдя до самого ее конца, круто изгибался книзу и оканчивался другим углем *e*, приходящимся против первого.

Через два остальные отверстия проходили стеклянные трубки, служащие для впуска и выпуска воды; первая из них *f* сообщалась каучуковым рукавом с краном водопровода или с резервуаром, наполненным водою. Вторая, *g*, доходила до конца цилиндра и сообщалась подобным же рукавом с банкой, которая принимала вытекающую воду.

Приводя инструмент в действие, открывали кран водопровода или резервуара; вода наполняла цилиндр, вытесняя из него воздух через трубку *g*, и начинала затем сама вытекать. После установления ее правильного движения соединяли стержни с полюсами сильной батареи, и между остриями углей в воде получался ослепительно яркий свет вольтовой дуги.

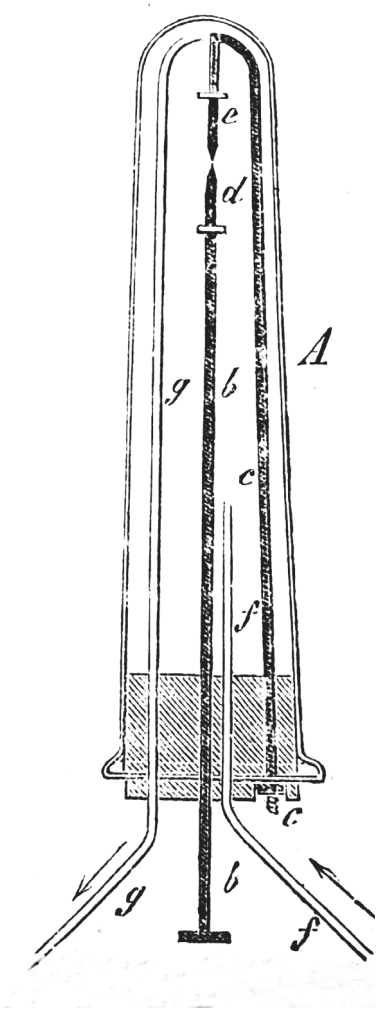


Рис. 2. Схема прототипа дугового просвечивателя Д.А.Лачинова.

Измерение силы света прототипа фотометром Бунзена показало Д.А.Лачинову, что она приблизительно равняется свету 60 пятериковых стеариновых свечей, и ее можно еще значительно увеличить за счет более сильной гальванической батареи. В то же время даже при длительном пропускании тока внешние стенки стеклянного цилиндра оставались совершенно холодными. Рука не ощущала тепла при охватывании цилиндра как можно ближе к светящейся точке, хотя яркость света была столь велика, что не только пальцы, но и ладонь просвечивала насквозь, так что поверхностные вены обозначались в виде темных линий на розовом фоне.

Посчитав поэтому данный аппарат вполне пригодным для врачебных целей, Д.А.Лачинов заказал механику более сложный просвечиватель, основанный на тех же основных решениях (дуговой источник света, проточное водяное охлаждение). Прежде всего, изобретатель значительно усовершенствовал конструкцию крепления и регулировки положения углей (рис. 3).

Первый из металлических проводников электрического тока, *b*, представлял собой сплошной стержень, пропущенный сквозь центр пробки из эбонита; к концу его был прикреплен заостренный уголь. Второй же проводник, *r*, имел форму трубки, обхватывающей первый стержень; на конце этой трубки была укреплена изогнутая металлическая полоска *s*, поддерживающая второй уголь. Во избежание электрического контакта двух проводников в промежуток между ними

были вставлены кольца *k* из эбонита. Проводник *r* укреплен в пробке неподвижно; проводник же *b* можно было двигать взад и вперед посредством винта *v*, постепенно сдвигая или раздвигая угли. Для сообщения углей с полюсами батареи служили изогнутые проволоки *i, n*. В новой конструкции проводники занимали меньше места, и для их установки требовалось одно отверстие вместо двух. Кроме того, угли имели теперь совершенно определенное направление и не могли отодвигаться в сторону друг от друга, как в прототипе.

Далее, конструктор позаботился о рациональном формировании светового пучка [2]: «Стеклянный цилиндр весь вычернен изнутри, за исключением одного только круглого места около 2 см в диаметре (на чертеже - пунктир), приходящегося как раз против светящейся точки (дуги.- К.Р., Е.Р.). Это сделано с целью <...> ограничить освещаемое пространство, вследствие чего контуры просвечивающих органов должны сделаться явственнее».

Можно было бы сделать весь корпус аппарата металлическим, с одним круглым застекленным отверстием, но примененная автором конструкция проще. Кстати, вместо прежних стеклянных трубок водяного охлаждения новый аппарат имел более надежные - медные посеребренные *g, c*.

По мнению Д.А.Лачинова, этот просвечиватель соединил в себе все условия для удобного практического употребления. В нем возможны еще мелкие улучшения, но вопрос об их полезности разрешит практика, и потому следует предоставить решение этого вопроса усмотрению врачей-специалистов. Но теоретически проблема исследования внутренних органов просвечиванием может считаться разрешенной благодаря вышеописанному аппарату – потому, что не существует другого более сильного и в то же время безвредного для организма светового источника. Действительно, он дает свет в 60 свечей (в 60 раз сильнее раскаленной проволоки), а стеклянный цилиндр вследствие пропускания струи воды не нагревается.

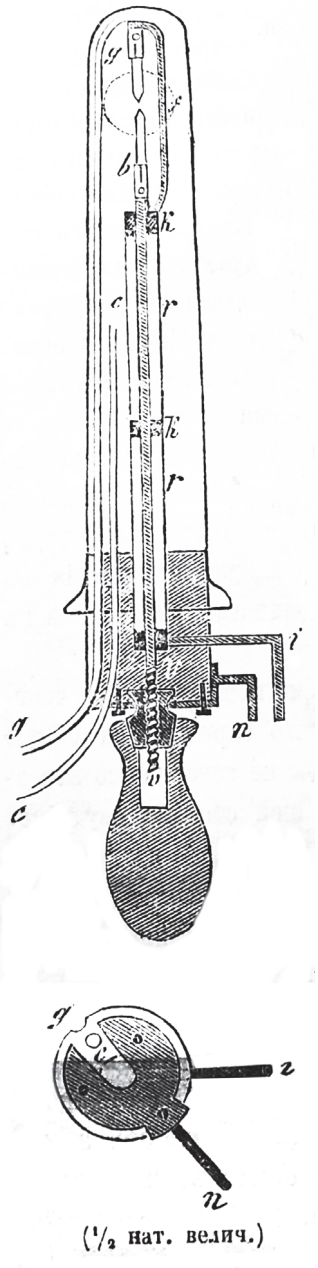


Рис. 3. Схема усовершенствованного дугового просвечивателя Д.А.Лачинова.

Автор статьи [2] подчеркивал, что его изобретение оптимизировано для клинической медицины, а не для частной практики. Для приведения в действие усовершенствованного просвечивателя требовалась гальваническая батарея в 30 элементов:

«Заряжать подобную батарею в частной квартире если и не совершенно невозможно, то в высшей степени неудобно; это особенно невыгодно для частной врачебной практики. Однако что касается до практики госпитальной, то в ней этого неудобства не существует, потому что в каждой больнице имеются для других надобностей гальванические батареи, которые придется только немного усилить, чтобы сделать их годными для произведения электрического света.

Поэтому мы обращаем на описанный выше инструмент благосклонное внимание гг. врачей, состоящих при больницах и госпиталях, надеясь, что они не откажут на основании собственных опытов высказать о нем свое беспристрастное суждение. <...>

Не будучи медиком, я, к сожалению, не имел случая произвести с этим инструментом опыты по освещению прямой кишки или половых органов женщины, где, по всей вероятности, брюшные внутренности сделались бы видимыми».

Но неумение наладить взаимовыгодные контакты с клиницистами, имевшими право испытывать аппараты на больных, и в то же время являвшимися потенциальными покупателями просвечивателей, оказалось фатальной слабостью Д.А.Лачинова. Впрочем, талант такого рода – и сегодня большая редкость среди физиков…

Добавим к этому, что молодой преподаватель в 1870-1871 гг., на время отошел от науки, поддавшись предосудительным увлечениям. В словаре «Деятели революционного движения в России» (М.: Мосполиграф, 1930.- Т.2, вып.2.- С.745) сообщалось, что, по сведениям III отделения, Лачинов Дмитрий Александрович, дворянин, преподаватель Петербургского земледельческого института, «в 1870 г. распространял среди студентов книгу Соколова «Отщепенцы», а в 1871 г. вме-

сте с братом Павлом входил в кружок, группировавшийся около жены государственного преступника Н.П.Гончарова»[6].

Правда, в отличие от брата Павла (1837-1891), преподававшего органическую химию в том же Земледельческом институте (после службы в лейб-гренадерах!), Дмитрий Александрович в Петропавловской крепости не сидел. Но думается, что времени на погоню за миражами он потерял немало, да и свою академическую карьеру тем сильно притормозил.

Тем не менее, статья петербургского физика, затянутого мутным потоком «политики», не прошла незамеченной И.П.Лазаревичем, да и другими врачами. В конце августа 1871 г. в Киеве проходил III Съезд русских естествоиспытателей, где сообщалось и о последних достижениях в диагностическом просвечивании (Д.А.Лачинов не выступил – по вышеизложенным причинам). Но, к сожалению, в «Трудах» киевского съезда (вышедших к тому же через два года!) был напечатан лишь скупой и невразумительный реферат [3]:

«На вечернем заседании профессор Лазаревич сообщил об улучшении способа просвечивания или диафаноскопии, описанного им в отдельной статье об этом предмете (вероятно, имеется в виду брошюра 1868 г. - К.Р., Е.Р.). Улучшение, состоящее главным образом в отстранении посредством струи воды распространения тепловых лучей на стенки прибора, было сделано вследствие печатного заявления об этом профессора Лачинова (в статье 1870 г. - К.Р., Е.Р.). Сила же света от накаленной добела платиновой петли так велика, что она оказывается достаточною для действия просвечивания. Петля освещает несравненно ярче спирали, которую употребляли доктор Миллиот и Брук.

Освещение приостренным углем (светом электрической дуги. – К.Р., Е.Р.), как советует профессор Лачинов, потому не удобно, что трудно устроить прибор таким образом, чтобы свет в течение достаточно длительного времени действовал равномерно.

Был испытан устроенный доктором Овсяным прибор профессора Лачинова, который издавал яркий свет, но скоро исчезнувший от сгорания углей».

Попытаемся дешифровать этот текст, и начнем с последней фразы. Речь в ней шла, судя по всему, о появлении в стране еще одного неофита диагностического просвечивания. Но не ясно, по чьей инициативе действовал д-р Овсяный, построивший «прибор профессора Лачинова» – по личной или кого-то из видных предшественников? Где проходили испытания прибора? Кто из трех врачей с фамилиями Овсяный или Овсяны, значившихся в «Российском медицинском списке на 1871 г.», построил просвечиватель с дуговым источником света?

По нашему мнению (прямых доказательств найти пока не удалось), это был Константин Ромуальдович Овсяный (1845-1917), из литовских дворян, родившийся в г. Корсунь-Шевченковский, окончивший кадетский корпус и медицинский факультет Университета св. Владимира (1869). По имеющимся сведениям, К.Р.Овсяный в первые годы работал в Киеве как акушер-гинеколог; в 1875 г. он стал служить земским врачом в Ялте. На рубеже 1860-1870-х гг. начали рождаться первые из 12 детей Константина Ромуальдовича, и ему долгие годы пришлось подрабатывать – жалованья врача не хватало для содержания многочисленной семьи.

Побочный заработок К.Р.Овсяный получал на неожиданном для медика поприще. Сдав экзамены и получив лицензию архитектора, он возвел в Ялте ряд эффектных вилл, и сегодня украшающих город – особняки графа Капниста, генерала Иловайского (так называемая дача «Омюр», где позже жил Чехов) и др. Построил Овсяный и виллу «Ифигения» для своей семьи (как пишут – на деньги жены, которой и принадлежало здание), украшенную античными статуями. За материалом для творческого вдохновения врач ездил в Грецию, Италию и Англию, в результате Зевс Овсяного почему-то был похож на К.Маркса.

---

[6] Книга Н.В.Соколова и В.А.Зайцева «Отщепенцы» номинально была переводом труда француза Ж.Валлеса, но фактически на русском материале воспевала людей, поклявшихся жить свободно и готовых с оружием в руках бороться с несправедливостью общества: «Отщепенцы – все те, кто не думал, не умел или не желал подчиниться общей доле <…>. Отщепенцы – спокойные безумцы, мужественные ученые, которые прожигают свою жизнь, отыскивая причины общественных зол и бедствий, проповедуя великую республику, личную свободу, гражданскую солидарность, экономическую правду».

Весной 1866 г., после выстрела Каракозова, полиция успела конфисковать в типографии двухтысячный тираж «Отщепенцев». Но не опечатанные листы попали к студентам Петербургского университета и технологам; много их было переписано и ходило по рукам.

Не менее громкой была история с «Виселицей» - прокламацией, подпольно напечатанной в Петербурге в апреле-мае 1871 г. (см. old.imli.ru›litnasledstvo/Tom1/6_Виселица.pdf). Ее автор, студент Технологического института Н.П.Гончаров, получил 6 лет каторги. Огромную популярность у «прогрессивной» молодежи обрела и жена Гончарова, застрелившаяся в ходе скандального процесса над мужем (защитник заявил, что прокламацию подсудимый написал с горя от измен жены; любовник Гончаровой вызвал адвоката на дуэль и т. д.).

Собственно, эти технические дарования Константина Ромуальдовича – единственный аргумент в пользу его авторства дугового просвечивателя, демонстрированного в Киеве в 1871 г., но видимых последствий не имевшего.

Добавим к этому лишь, что денег медику-архитектору все время не хватало; чтобы заработать побольше, он переехал служить (не врачом, а мировым посредником!) в Польшу, где русским платили надбавки за вредность, а два года службы считались за три. Окончил свои дни К.Р.Овсяный в Ницце за несколько дней до февральского переворота 1917 г.

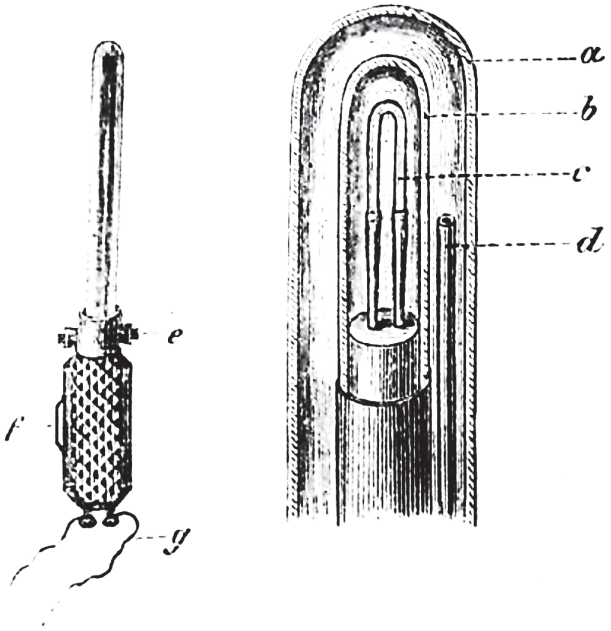
Вернемся, однако, к реферату [3]. Многократное именование профессором Д.А.Лачинова, на деле пока не являвшегося даже доцентом (см. выше), скорее всего было случайным. А то, что проблема регулировки положения углей в лачиновском просвечивателе решена лишь в первом приближении, сознавал и сам автор статьи [2].

Что же представлял собой улучшенный диафаноскоп И.П.Лазаревича, представленный медицинской общественности в августе 1871 г.? Его схему (рис. 4) и описание Иван Павлович привел в разделе «Исследование просвечиванием живота» своего учебника «Курс акушерства».

Иван Павлович, в частности, писал [1, с.201-203]: «Органы женского тела могут быть исследованы пропусканием сквозь них лучей света. Для этого исследования я устроил снаряд, состоящий из стеклянного цилиндра, у закругленного конца которого находится стеклянный колпачок с заключенною в нем *подковообразною платиновою пластинкою*. Эта последняя посредством медных проволок, проведенных через рукоятку инструмента, сообщается с гальваническою батареею Бунзена. Таким аппаратом я производил просвечивания женского тела с 1868 г.

В 1870 г. я усовершенствовал этот аппарат, снабдив его двумя каучуковыми трубками, сообщающимися с резервуаром воды. Во все время производства исследования между стеклянным колпачком, заключающим накаленную *платиновую пластинку*, и наружным стеклянным цилиндром пропускается ток холодной воды. Таким усовершенствованным аппаратом я производил просвечивание органов малого таза в 1871 г. на Съезде естествоиспытателей в Киеве, в 1872 г. в Обществе русских врачей в Москве, и такой же аппарат я представил на международные выставки в Лондоне и в Вене в 1873 г.».

Автор учебника, вероятно, успел забыть, что в первой, «эдельберговской» конструкции его диафаноскопа (см. ч. 1) применялась как излучающий элемент не спираль, а петля из платиновой проволоки. И.П.Лазаревич тогда жаловался



a, наружный стеклянный цилиндръ.
b, стеклянный колпачекъ.
c, платиновая пластинка.
d, металлическая трубочка для пропусканія воды.
e, мѣсто для укрѣпленія каучуковыхъ трубокъ, пропускающихъ воду.
f, коммутаторъ.
g, проволоки, утвержденныя зажимами, имѣющими значеніе анода и катода.

Рис. 4. Схема улучшенного диафаноскопа И.П.Лазаревича из книги [1].

на слишком большое электросопротивление последней. К тому же тонкая проволока, имевшая вид свободной от подвески петли, могла, провиснув при сильном нагреве, коснуться стеклянных стенок зонда, вызвав тем их разрушение. Жесткая же и относительно толстая платиновая пластинка в роли излучающего элемента устраняла оба эти недостатка. О том, кто предложил это полезное изменение конструкции диафаноскопа, И.П.Лазаревич промолчал.

Как, впрочем, и о неудачной попытке жить *своим умом*, используя в качестве охладителя воздух. Только теперь, поняв, что Лачинов был прав, применяя воду как теплоноситель, Лазаревич воспользовался этой здравой идеей столичного физика. Но при этом благоразумно отделил воду от электрической цепи второй прозрачной стенкой.

Скажем в заключение и еще об одном важном событии 1871 г., оставшемся, кажется, не

замеченным историками. Летом, незадолго до выступления И.П.Лазаревича на съезде в Киеве, в Военное министерство пришло из-за границы прошение об увольнении от службы по военно-медицинскому ведомству, подписанное надворным советником Миллиотом. Приказом от 1 августа 1871 г. это прошение было удовлетворено. Таким образом, вышеприведенный некролог о павшем от прусской пули первопроходце отечественной диоптроорганоскопии оказался преждевременным. Вероятно, бегущие французы как всегда все перепутали[7], а убили тогда другого русского (польского?) врача.

Так или иначе, В.А.Миллиот выжил, а с ним и все его прогрессивные идеи. Но теперь бывший киевлянин окончательно стал французом, а на своей родине был прочно забыт.

(Окончание следует)

Литература

1. Курс акушерства Ивана Лазаревича, ординарного профессора директора клиники акушерской и женских болезней при Императорском Харьковском университете. Часть первая.- Харьков: Типография М.Зильберберга, 1877.- 337 с.

2. Лачинов Д. Освещение полостей человеческого тела посредством электричества // Медицинский вестник.- 1870.- №30 (суббота, 25 июля).- С.246-248; №32 (суббота, 8 августа).- С.259-262.

3. Прибавление к протоколу заседания от 24-го августа 1871 года // Труды III съезда русских естествоиспытателей по отделению научной медицины – Киев: Университетская типография, 1873.- С.9.

4. Ржонсницкий Б.Н. Дмитрий Александрович Лачинов. Жизнь и труды.- М.-Л.: Государственное энергетическое издательство, 1955.- 352 с.

5. Congrés Médical de toutes les nations á Florence, 1869. Deuxiéme session.- Bologne, 1870.- 456 p.

6. Milliot B. De la dioptro-organo et somatoscopie // Gazette médicale de Paris: journal de médecine et des sciences accessoires.- 1870.- №30 (23.07).- P.399-400.

СТОРІНКИ ІСТОРІЇ ФОТОМЕДИЦИНИ: ТЕХНІКА ДІАГНОСТИЧНОГО ПРОСВІЧУВАННЯ У 1860-1880-ті РОКИ

Русанов К.В., Русанова Є.Г.
вул. Космонавтів, б. 8, к. 12, м. Харків, 61103 Україна,
тел.: +38 (068)607-64-93,
e-mail: construsanov@yandex.ru

У перших апаратах для діагностичного просвічування тканин і органів людського тіла застосовували в якості джерела світла платиновий дріт, нагрітий до білого струмом від акумуляторів і захищений скляним екраном. Маючи невеликий зовнішній діаметр, такий апарат міг бути введений у внутрішні порожнини тіла через природні отвори. У другій половині 1860-х рр. були запропоновані і випробувані кілька конструкцій цього типу. Лідером даного інженерно-медичного напрямку стали лікарі Російської імперії.

У вересні 1869 р просвічувач для акушерсько-гінекологічної діагностики (діафаноскоп), роком раніше розроблений в Харкові проф. І.П.Лазаревічем, успішно демонструвався в Італії. Автор подарував просвічувач лікарні Santa Maria Nuova у Флоренції, і італійські медики повідомили про діафаноскоп з трибуни II Міжнародного медичного конгресу, що проходив там же.

Випускник Київського університету лікар В.А.Мілліот, який продемонстрував близький по конструкції просвічувач в 1867 р під час I Медичного конгресу, продовжував працювати у Франції. Тут він, зокрема, досліджував можливості електромагнітів для вилучення з ран уламків і куль, але не залишав і діафаноскопію. У 1870 р В.А.Мілліот надрукував в Парижі статтю, де були запропоновані цікаві нові рішення по удосконаленню методу діагностичного просвічування - зокрема, стосовно до дослідження шлунка. Однак в тому ж році почалася франко-прусська війна, і незабаром газети опублікували повідомлення про загибель відважного лікаря на полі бою під час надання їм медичної допомоги французьким пораненим.

[7] Вспомним хоть эпилог тургеневского «Рудина» и реакцию французов на нелепую смерть русского питомца Гейдельберга, зачем-то вмешавшегося в баррикадную схватку двух одинаково чужих ему сил:

«- Tiens! - сказал один из убегавших другому, - on vient de tuer le Polonais (Смотри-ка!.. поляка убили).

- Bigre! (Черт возьми!) - ответил тот, и оба бросились в подвал дома, у которого все ставни были закрыты и стены пестрели следами пуль и ядер».

Недоліком запропонованих конструкцій було поєднання відносно слабкого світла нитки розжарювання, недостатнього для просвічування товстих шарів тканини, і значного нагріву екрану, що обмежує час внутрішньопорожнинного дослідження. Влітку того ж 1870 р. петербурзький фізик Д.А.Лачінов, викладач Лісового інституту, опублікував двухчастеву статтю, де була описана конструкція внутрішньопорожнинний просвічувач з потужним дуговим джерелом світла і проточним водяним охолодженням екрану. Лачинов першим застосував порівняльний вимір сили світла різних джерел фотометром Бунзена і переконливо показав переваги дугового джерела з регульованими вугільними електродами над нитками розжарювання щодо сили світла. Він прагнув оптимізувати цю перспективну конструкцію для клінічної практики, а не для приватних кабінетів. Однак той факт, що електрична дуга горіла в конструкції Лачинова безпосередньо в охолодженій воді (дистиляті?), викликав законну недовіру до безпеки такої системи. Можливо, тому фізик так і не зумів організувати випробування своїх просвічувачів на тваринах і людях. Цьому завадило і те, що в 1871-1872 рр. Лачинов перебував під слідством за поширення серед студентів антиурядової літератури.

Не знайшовши практичного застосування в медицині, ідеї Д.А.Лачінова дали імпульс новим розробкам вітчизняних медиків. У 1871 р. лікар К.Р.Овсяний, випускник Київського університету, побудував і випробував внутрішньопорожнинний просвічувач з дуговим джерелом світла. Однак незабаром талановитий медик залишив цю тематику і вважав за краще стати архітектором.

На III з'їзді російських природознавців в Києві (серпень 1871 р.) І.П.Лазаревіч продемонстрував діафаноскоп з проточним водяним охолодженням, де нитка розжарювання була замінена жорсткою платиновою платівкою. При цьому охолоджувався не весь внутрішній об'єм екрану, а кільцевий проміжок між двома скляними трубками. Таким вдосконаленим апаратом Лазаревич виробляв на з'їзді в Києві просвічування органів малого таза; в подальшому він демонстрував новий діафаноскоп в 1872 р. суспільству російських лікарів в Москві і представив його на міжнародні виставки в Лондоні і у Відні в 1873 р

Ключові слова: *медична діагностика, просвічування тканин і органів, внутрішньопорожнинне джерело світла, платинова нитка розжарювання, електрична дуга, водяне охолодження, В.А.Мілліот, І.П.Лазаревіч, Д.А.Лачінов, К.Р.Овсяний.*

CHAPTERS OF PHOTOMEDICINE HISTORY: DIAGNOSTIC TRANSILLUMINATION TECHNIQUE IN 1860-1880s

Rusanov K.V., Rusanova Y.G.
8 Kosmonavtov Str., app. 12, Kharkiv, 61103 Ukraine
tel.: +38 (068)607-64-93, e-mail: construsanov@yandex.ru

The first devices for diagnostic transillumination of human body tissues and organs used as a light source a platinum wire, which was white heated by current from the battery and protected by the glass screen. Having a small outer diameter, such device could be inserted into the internal body cavity through the natural orifice. In the second half of the 1860s number of structures of this type was proposed and tested. Physicians from Russian Empire became the leading specialists in this engineering and medical area.

In September 1869 the diaphanoscope for obstetric diagnosis, which was developed in Kharkiv by prof. I.P. Lazarevich a year earlier, was successfully demonstrated in Italy. The author has presented diaphanoscope to Santa Maria Nuova Hospital in Florence and Italian physicians reported about diaphanoscope from the rostrum of the II International Medical Congress, held in the same place.

A graduate of Kyiv University, doctor V.A. Milliot, demonstrated similar in design transilluminator in 1867 during the I Congress of Medicine; doctor continued his work in France. Here, in Paris he studied possibilities of electromagnets for the taking out shrapnel and bullets from wounds, but he did give up diaphanoscopy. In 1870 V.A. Milliot published his article in Paris, where he offered some interesting new solutions to improve transillumination diagnostic method – in particular, with regard to the stomach examination. However, in the same year, the Franco-Prussian War began, and soon newspapers published a report about death of the brave doctor on the battlefield while providing with medical care to the wounded French soldiers.

The disadvantage of the proposed designs was a combination of weak light of incadescent filament, which was insufficient to transilluminate through thick layers of tissue, and a large screen heating, limiting the time of

intracavitary studies. In the summer of 1870, the St. Petersburg physicist D.A. Lachinov, the teacher of the Forest Institute, published a two-part article, where he described the design of intracavitary transilluminator with a powerful arc light source and the flowing water cooling of screen. Lachinov was the first to use a comparative measurement of the luminous intensity of different sources by Bunsen photometer; and he convincingly demonstrated the advantages of arc source with adjustable carbon electrodes above the incandescent filaments against the luminous intensity. He sought to optimize this promising design for clinical practice, and not for private offices. However, the fact that the electric arc was burning in Lachinov's construction directly in the cooling water (distillate?), caused reasonable doubts about security of such a system. Perhaps that is why the physicist couldn't arrange the tests of his transilluminators in animals and humans. One more reason was the fact that in 1871-1872 Lachinov was under investigation due to distribution of anti-government literature among students.

Unable to find practical use in medicine, D.A. Lachinov's ideas gave impetus to the new developments of domestic physicians. In 1871 doctor K.R. Ovsyany, a graduate of the Kyiv University, built and tested intracavitary transilluminator with an arc light source. Soon, however, a gifted medic left this subject and chose to become an architect.

At the III Congress of Russian scientists in Kiev (August 1871) I.P. Lazarevich demonstrated diaphanoscope with flowing water cooling, where the incandescent filament has been replaced by a rigid platinum plate. In this case not the whole internal volume of the screen was cooled, but the annular space between two glass tubes. Lazarevich used this improved device to transilluminate the pelvic organs at congress in Kyiv; later in 1872 he demonstrated the new diaphanoscope to the Society of Russian Physicians in Moscow and presented it at the international exhibitions in London and in Vienna in 1873.

Keywords: *medical diagnosis, transillumination of tissues and organs, intracavitary light source, platinum incandescent filament, electric arc, water cooling, V.A. Milliot, I.P. Lazarevich, D.A. Lachinov, K.R. Ovsyany.*

УДК 621.396:615.47(075)

МЕХАНІЗМИ ДІЇ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ, НА БІООБ'ЄКТ, ЩО ЗНАХОДИТЬСЯ В ВОДНОМУ СЕРЕДОВИЩІ

Павлов С. В., Клапоущак А. Ю., Тітова Н. В., Барановський Д. М.

Вінницький національний технічний університет,
21021, м. Вінниця, Хмельницьке шосе, 95,
тел.: (0432) 56-08-48, факс: (0432) 46-57-72,
e-mail: vntu@vntu.edu.ua

***Анотація**: В даній роботі проведено дослідження, яке дозволило збудувати якісні залежності поглинання міліметрових хвиль в водяному розчині. Конвективне перемішування водяного середовища має значні наслідки для біологічних об'єктів, особливо у випадках пов'язаних з переносом речовини через шар рідини. Одним із первинних проявів дії міліметрового випромінювання низької інтенсивності на процеси в живих клітинах є конвекція, яка знімає дифузійні обмеження в середовищі, а також в зовнішньо та внутрішньоклітинних областях.*

***Ключові слова**: ЕМП, випромінювання, міліметрові хвилі, біооб'єкт, білки, водний розчин.*

Перша теорія генерації коливань живими організмами, яка отримала право на існування була запропонована англійським фізиком Г. Фреліхом. Ідея виникла в результаті поширення на живі об'єкти методів та уявлень фізики когерентного стану конденсованих середовищ [1]. Суть гіпотези Фреліха полягає в наступному. Біологічні системи можуть мати поляризаційні (дипольні) коливання в діапазоні частот від 100 до 1000 ГГц (довжина хвилі 0,3 … 3 мм). Різні процеси життєдіяльності в біологічних клітинах надають енергію локально збудженим дипольним коливанням (біологічна накачка). За рахунок нелінійних ефектів взаємодії дипольних коливань і нелінійного зв'язку цих коливань з пружними коливаннями може відбутися перехід системи в метастабільний стан, в якому енергія трансформується в один тип коливань [1].

Під впливом випромінювання метастабільний стан може перейти в основний – утворення диполя, який є частинним випадком когерентного стану біооб'єкту. В цій моделі подібні коливання відбуваються на рівні біологічних мембран або частини біомакромолекул [2].

У відповідності до іншої гіпотези – «білок-машина», радянських фізиків Д. С. Чернавського та С. Е. Шноля, можливе накопичення енергії в формі напруженого, механічного, метастабільного стану біомакромолекули, але яке є частинним випадком когерентного стану. Дані вчені вважають, що в глобулярних білках «когерентне збудження» по моделі Фреліха малоймовірне [3].

Дані моделі відрізняються одна від одної лише формою накопичення енергії, але об'єднанні ідеєю існування в біологічних структурах виділеного ступеня свободи, який має механічний характер і на якому може накопичуватися енергія, а сам виділений ступінь свободи виконує важливу функціональну роль в біологічних процесах [3].

Аналіз результатів теоретичного та експериментального вивчення коливальних станів білків і ДНК в сантиметровому, міліметровому та субміліметровому діапазонах показав, що хоча теорія і передбачає існування різного роду коливань в цих біополімерах, частоти яких попадають у вказані діапазони електромагнітних хвиль, експериментально такі коливання не виявляються [4].

Якщо врахувати, що органічні речовини та біологічні середовища можуть бути описані як молекулярні кристали, то стає очевидною необхідність розгляду ефектів просторової дисперсії при дослідженні дії електромагнітних полів на такі об'єкти. Фізична причина просторової дисперсії полягає в урахуванні нелокальності відгуку середовища на зовнішнє електромагнітне поле. Нехай існує система заряджених частинок, в якій можливі процеси їх переносу. Поляризація в деякій точці простору буде визначатися полем в цій точці і зарядами, які прийшли в область точки з інших областей простору і фактично принесли інформацію про значення поля в цих областях. Таким чином, через процеси переносу виявляється можливою ситуація, коли поляризація середовища залежить від значень поля в інших точках [5].

© Павлов С. В., Клапоущак А. Ю., Тітова Н. В., Барановський Д. М., 2016

Енергія випромінювання може трансформуватися в енергію полярних молекул, зв'язану з обертовими ступенями свободи. Роль таких акумуляторів енергії можуть відігравати полярні молекули води, які мають дипольний момент 1.84 D.

Молекули вільної води поглинають КВЧ випромінювання інтенсивніше, ніж молекули зв'язаної води. Частоти обертового руху молекул води в значній мірі припадають на область міліметрових та субміліметрових довжин хвиль. При наявності зовнішнього електромагнітного поля відбувається перекачування енергії саме в ці системи вільності полярних молекул з наступною дисипацією енергії за рахунок міжмолекулярних зв'язків [5].

При поляризаційному вимірюванні залежностей «С» поглинання випромінювання низької інтенсивності (довжиною хвилі 2 мм, густиною потоку потужності Р=1…3мВт/см^2) водяними розчинами, виявилось, що поглинання випромінювання змінюється в залежності від характеру взаємодії молекул води із молекулами розчиненої в ній речовини (Ю. І. Хургін, В. А. Кудряшова) [6] (рис. 1):

1. Поглинання електромагнітного випромінювання розчином дорівнює сумі поглинань розчинника та розчиненої речовини.

2. Загальне поглинання менше суми поглинань.

3. Загальне поглинання більше суми парціальних поглинань.

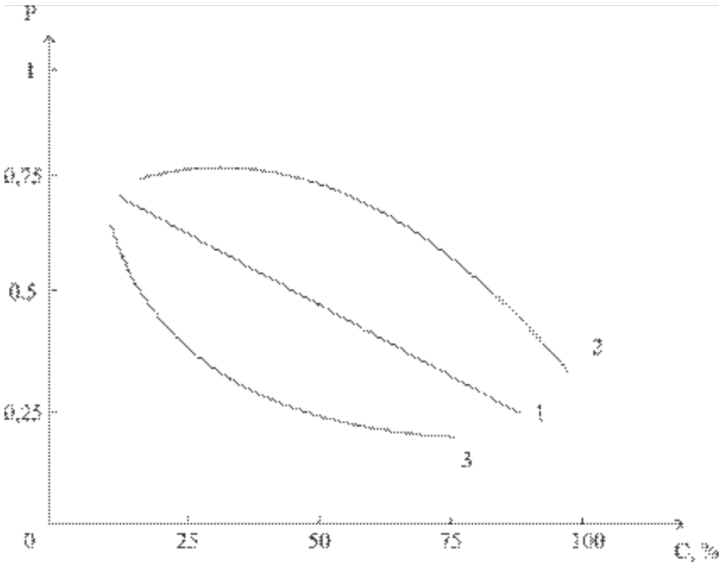


Рис. 1. Якісні залежності поглинання міліметрових хвиль в двохкомпонентному водяному розчині від концентрації розчиненої речовини [6]

В першому випадку молекули води мало взаємодіють із молекулами розчиненої речовини. В другому – частина молекул води втрачає обертову рухливість за рахунок міжмолекулярної взаємодії, тобто сумарне поглинання зменшується. В третьому випадку міжмолекулярні взаємодії призводять до збільшення обертової рухливості молекул води, що надає додаткового збільшення сумарного поглинання.

Конвективне перемішування водяного середовища може мати значні наслідки для біологічних об'єктів, особливо в тих випадках коли процеси пов'язані з переносом речовини через шар рідини (в міжклітинному чи внутрішньоклітинному середовищі).

Потужно взаємодіючи з молекулами води, випромінювання впливає на її властивості як в зовнішньому, так і у внутрішньому середовищі живих клітин [6].

Конвекція яка знімає дифузійні обмеження в середовищі, а також в зовнішніх та внутрішньоклітинних областях, може бути одним із первинних проявів дії міліметрового випромінювання низької інтенсивності на процеси в живих клітинах (наприклад на іонний транспорт та перенесення різних речовин через мембрану) [6].

Моделювання динаміки фізіологічних параметрів тест-об'єктів при дії ЕМП-випромінювання, приводить висновку, що вплив потрібно здійснювати електрофізіологічними параметрами збурення, яке викликає до здійснення бажаний процес або явище. Тобто фактично мова йде про вплив на інформаційно-керуючу систему організму [7].

В [8] пропонується пояснювати ефект ЕМП-впливу низької інтенсивності на біооб'єкти повільним гуморальним зсувом в рамках симпатоадреналової та гіпофізно-надниркової систем. Якщо існує інтерференція міліметрових хвиль в біооб'єкті, то при загальному нагріванні тканин не більше ніж на 0,1 ^{o}C, будуть існувати локальні області з вищою температурою, що може спричиняти збільшення кількості білків теплового шоку, які регулюють функцію білків-рецепторів стероїдних гормонів, зв'язуючись з їх неактивними центрами.

Висновки

1. Електромагнітні коливання низької інтенсивності в міліметровому діапазоні хвиль виявляють значний вплив на життєдіяльність різних організмів (від мікроорганізмів до савців)

2. Сукупність виявлених ефектів можна розділити на дві взаємозв'язані групи, виходячи з наявності або відсутності частотних залежностей резонансного типу.

3. Нерезонансні ефекти мають місце у випадках, коли взаємодія низькоінтенсивних електромагнітних коливань в міліметровому діапазоні довжин хвиль відбувається з молекулами води, які найбільш сильно поглинають міліметрове випромінювання.

Литература

1. Агранович В. М. Перенос энергии электронного возбуждения в конденсированных средах / В. М. Агранович, М. А. Голанин – М. : Наука, 1978. – 383с.

2. Бецкий О. В. Волны и клетки / О. В. Бецкий, В. В. Кислов – М. : Знание, 1990. – 64с.

3. Бецкий О. В. Миллиметровые волны в биологии. – М. : Знание, 1988, 64с.

4. Малеев В. Я. О молекулярных механизмах взаимодействия ЭМИ ММ диапазона с белками и ДНК. Теория и эксперимент / В. Я. Малеев, В. А. Кашпур // Исследование взаимодействия электромагнитных волн ММ и СубММ диапазона с биологическими объектами : Сб. науч. Тр. / АН УССР. Ин-т радиофизики и электрон. – К. : Наукова думка, 1989, с. 3 – 10.

5. Яцышен В. В. Модель среды с пространственной дисперсией – учет нелокальности взаимодействия // вестник новых медицинских технологий. – 1996. – Т. 3, №4. – С. 11, 12.

6. Шван Х. П. Воздействие высокочастотного поля на биологические системы: электрические свойства и биофизические механизмы / Х. П. Шван, К. Р. Фостер // ТИИЭР, – 1980. №1, с. 121 – 132.

7. Гаврилов В. Ю. К вопросу о соблюдении ряда условий биоинформационной трансляции // Вестник новых медицинских технологий. – 1996. – Т. 3, №4. – С. 21, 22.

8. Родштат И. В. Некоторые новые физиологические подходы к оценке КВЧ воздействия на биообъекты // Вестник новых медицинских технологий. – 1996. – Т. 3, №4 – С. 16.

МЕХАНИЗМЫ ВОЗДЕЙСТВИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ НА БИООБЪЕКТ, НАХОДЯЩИЙСЯ В ВОДНОЙ СРЕДЕ

Павлов С. В., Клапоущак А. Ю., Титова Н. В., Барановский Д. Н.

Аннотация: *В данной работе проведено исследование, которое позволило построить зависимости поглощения миллиметровых волн в водном растворе. Конвективное перемешивание водной среды имеет значительные последствия для биологических объектов, особенно в случаях связанных с переносом вещества через слой жидкости. Одним из первичных проявлений действия миллиметрового излучения низкой интенсивности на процессы в живых клетках является конвекция которая снимает диффузные ограничения в среде, а также во внеших и внутриклеточных областях.*

Ключевые слова: *ЭМП, излучение, миллиметровые волны, биообъект, белки, водный раствор.*

MECHANISMS OF ELECTROMAGNETIC RADIATION ON THE BIOOBJECT, WHICH IS IN AN AQUEOUS MEDIUM

Pavlov S. V., Klapouschak A. Y., Titova N. V., Baranovskiy D. M.

Abstract: *In this article we which allowed to build quality depending on the absorption of millimeter waves in a water solution. Convective mixing water environment has significant implications for biological objects, particularly in cases related to the transfer of substances through the layer of liquid. One of the primary manifestation of low intensity millimeter radiation processes in living cells are convection which removes restrictions diffusion in the environment, as well as external and intracellular domains.*

Keywords: *EMF radiation, millimeter waves, biological objects, fibers, aqueous solution.*

РЕДАКЦІЙНА СТАТТЯ

КЛІНІЧНА ФОТОМЕДИЦИНА

ФОТОБІОЛОГІЯ ТА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ФОТОМЕДИЦИНА

ФІЗИКО-ТЕХНІЧНІ ОСНОВИ ФОТОБІОЛОГІЇ ТА ФОТОМЕДИЦИНИ

КОРОТКІ ПОВІДОМЛЕННЯ

РЕФЕРАТИ ПУБЛІКАЦІЙ З ФОТОМЕДИЦИНИ

НИЗКОИНТЕНСИВНАЯ ЛАЗЕРНАЯ ТЕРАПИЯ БОЛЬНЫХ С АСТЕНО-ДЕПРЕССИВНЫМ СИНДРОМОМ

[1]Жуков В.В., [1]Кожин А.А., [2]Мрыхин В.В.
[1]ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет», г. Ростов-на-Дону, Россия;
[2]ГБОУ ВПО «Ростовский государственный медицинский университет»
Лазерная медицина.- 2016.- Т.20, №2.- С.28-31

Цель исследования: оценка эффективности применения эндоназальной лазерной терапии (ЭНЛТ) при лечении астено-депрессивного синдрома (АДС) по сравнению с традиционной фармакотерапией.

Материалы и методы. Наблюдались 130 больных обоего пола с АДС, находившихся на стационарном лечении. В 1-й группе (30 человек) ЭНЛТ была единственным методом лечения. В утренние часы ежедневно воздействовали в течение 4 мин. инфракрасным (длина волны 0,89 мкм) низкоинтенсивным лазерным излучением (НИЛИ) аппарата «Узор» через световод, введенный в носовой ход на глубину около 15 мм. Частота импульсов НИЛИ – 3 кГц, мощность в импульсе – 2,8 Вт. На курс 10 сеансов ЭНЛТ.

70 больным 2-й группы курс ЭНЛТ назначался при отсутствии клинического эффекта от лечения антидепрессантами в течение 20 дней; фармакотерапия при этом отменялась. В группе плацебо (30 пациентов) выполнялась имитация ЭНЛТ. Результаты оценивались по данным психофизиологических, электрофизиологических и биохимических исследований до и после лечения.

Результаты и обсуждение. После курса ЭНЛТ у 76,6% больных 1-й группы и у 64,3% больных 2-й группы отмечалась тенденция к восстановлению функциональной активности корковых нейронов; показатели ЭЭГ приблизились к нормальному уровню. Сосудистый тонус нормализовался в 1-й группе также в 76,6% случаев, а во 2-й – в 40%. У остальных больных этих групп имела место тенденция к нормализации тонуса и улучшению мозгового кровообращения. На биостимулирующий эффект НИЛИ указывал рост концентрации ДНК в ядрах лимфоцитов (в среднем на 20%), свидетельствующий об ускорении созревания клеток. При оценке тяжести депрессии по шкале Гамильтона эффективность ЭНЛТ составила 76,6% в 1-й группе больных и 71,4% - во 2-й. Психопатологическая активность снизилась после курса лечения в среднем до 5,7-5,8 балла с исходных 20,4-21,5 баллов.

ЭНЛТ была более эффективной у больных АДС молодого возраста (20-29 лет) с меньшей длительностью заболевания (до 5 лет). Это говорит о том, что реакция нейроэндокринной системы на воздействие в значительной степени зависит от исходного фона адаптационных резервов. При применении ЭНЛТ сроки лечения в стационаре достоверно сокращались: у больных 1–й группы они составили в среднем 31,3 дня, во 2-й группе – 36,3, в группе плацебо – 45,7 дня.

Выводы. Подтверждена эффективность предложенного метода лечения АДС и возможность значительного социально-экономического эффекта от его внедрения. Отсутствие побочных эффектов и простота реализации позволяют рекомендовать ЭНЛТ к использованию в амбулаторной практике.

EFFECTS OF PHOTOBIOMODULATION ON THE FATIGUE LEVEL IN ELDERLY WOMEN: AN ISOKINETIC DYNAMOMETRY EVALUATION

[1]Vassão P.G., [1]Toma R.L., [1]Antunes H.K.M., [2]Tucci H.T., [1]Renno A.C.M.
[1]Department of Biosciences, Federal University of São Paulo, Santos, São Paulo, Brazil;
[2]Department of Human Movement Science, Federal University of São Paulo
Lasers in Medical Science.- 2016.- Vol.31, №2.- P.275-282

Background and Objective. Aging is responsible by a series of morphological and functional modifications that lead to a decline of muscle function, particularly in females. Muscle tissue in elderly people is more susceptible to fatigue and, consequently, to an increased inability to maintain strength and motor control. In this context, therapeutic approaches able of attenuating muscle fatigue have been investigated. Among these, the photobiomodulation demonstrate positive results to interacts with biological tissues, promoting the increase in cell energy production. Thus, the aim of this study was to investigate the effects of photobiomodulation (808 nm, 250 J/cm^2, 100 mW, 7 J each point) in the fatigue level and muscle performance in elderly women.

Materials and Methods. Thirty subjects entered a crossover randomized double-blinded placebo-controlled trial. Photobiomodulation was delivered on the rectus femoris muscle of the dominant limb immediately before the fatigue protocol. In both sessions, peripheral muscle fatigue was analyzed by surface electromyography and blood lactate analysis. Muscle performance was evaluated using an isokinetic dynamometer.

Results. The results showed that photobiomodulation was able of reducing muscle fatigue by a significant increase of electromyographic fatigue index (P=0.047) and decreasing significantly lactate concentration 6 min after the performance of the fatigue protocol (P=0.0006) compared the placebo laser session. However, the photobiomodulation was not able of increasing muscle performance measured by the isokinetic dynamometer.

Conclusions. Thus, it can be conclude that the photobiomodulation was effective in reducing fatigue levels. However, no effects of photobiomodulation on muscle performance was observed.

ТРАНСАНАЛЬНА ГЕМОРОЇДАЛЬНА ДЕАРТЕРІАЛІЗАЦІЯ З ЛАЗЕРНОЮ АБЛЯЦІЄЮ ЗОВНІШНІХ ГЕМОРОЇДАЛЬНИХ ВУЗЛІВ – МАЛОТРАВМАТИЧНИЙ СПОСІБ ВИРІШЕННЯ ПРОБЛЕМИ КОМБИНОВАНОГО ГЕМОРОЮ В АМБУЛАТОРНИХ УМОВАХ

Шевцов А.М., Духовенко К.К., Медведик Я.Я., Шевченко Т.А.
Дніпропетровська обласна клінічна лікарня, Дніпропетровська державна медична академія МОЗ України
Шпитальна хірургія.– 2016.– №2.– С.96-98

Мета роботи. Вивчити ефективність поєднання двох хірургічних методик - гемороїдальної деартеріалізації (ГДА) внутрішніх з лазерною вапоризацією (ЛВ) зовнішніх гемороїдальних вузлів (ЗГВ) при лікуванні хворих на хронічний комбінований геморой (ХКГ) в амбулаторних умовах.

Матеріалы та методи. Проаналізовано результати лікування 52 пацієнтів на ХКГ. У 1-й групі було 29 хворих (20 з II стадією геморою, ускладненою кровотечею, 9 – з III стадією). Для їх лікування використовували комбінацію ГДА внутрішніх гемороїдальних вузлів (ВГВ) з ЛВ ЗГВ лазерним коагулятором «Ліка-хірург» (довжина хвилі випромінювання 940 нм, потужність 30 Вт). 2-у группу складали 23 хворих (17 з II стадією ускладненого геморою, 6 – з III стадією), у лікуванні яких комбінували ГДА ВГВ з висіченням ЗГВ за методом Паркса. В обох группах операції виконували під пресакральною анестезією з внутрішньовенним потенціюванням. Після дивульсії сфінктера в задній прохід вводили ультразвуковий проктоскоп HAL- Doppler II (Австрія) та виконували S-подібне прошивання гілки нижньої гемороїдальної артерії. Для лікування хворих з III стадією ХКГ використовували ректоанальну репарацію.

У 1-й групі після маркування ЗГВ світловод підводили до гемороїдального вузла та за допомогою лазерного променя робили «вікно» і без коагуляції проходили в напрямку до основи вузла під кутом 70 градусів. Далі в імпульсному режимі (0,1 мсек, 20 Вт) виконували коагуляцію судинної ніжки з подальшою вапоризацією ГВ. У 2-й групі виконували підслизову гемороїдектомію ЗГВ.

Результати та обговорення. Всі пацієнти залишили стаціонар у першу добу після операції. В 1-й групі середня тривалість операції склала 34,1 хв. проти 47,4 хв. у 2-й групі. Больова реакція: у 1-й групі 41,3% пацієнтів відмовились від анальгетиків на 2-у добу, 58,6% - на 3-ю, 3,4% - на 5-у добу. У 2-й групі 30,4% пацієнтів відмовились від анальгетиків на 3-ю добу, 69,6% - на 4-у. На першу добу пацієнти в обох групах відчували помірний набряк, який зменшувався або зникав повністю протягом першого тижня. Повернення до звичайного способу життя без значних фізичних навантажень: 1-а группа – на 3-ю добу в 58,6% випадків, на 5-у добу в 37,9%, на 7-у – в 3,4%. У 2-й групі: на 7-у добу у 52,2% випадках, на 10-у – усі пацієнти. У 2-й групі у 21,7% пацієнтів відмічено незначні капілярні кровотечі, які самостійно зупинились.

Висновки. Менша тривалість операції, мінімальна післяопераційна больова реакція, швидке повернення до звичайного способу життя дозволяють рекомендувати поєднання ГДА під контролем ультразвукової доплерометрії з ЛВ в лікуванні хворих на ХКГ в амбулаторних умовах.

EFFECT OF LASER THERAPY ON IMMUNE CELLS INFILTRATE AFTER EXCISIONAL WOUNDS IN DIABETIC RATS

De Loura Santana C., Teixeira Silva D., Pires de Souza A. et al.
Postgraduate Program in Biophotonics Applied to Health Sciences, University Nove de Julho, São Paulo, SP, Brazil
Lasers in Surgery and Medicine.- 2016.- Vol. 48, №1.- P.45-51

Background and Objective. Diabetes alters innate and specific immunity, causing an imbalanced tissue repair process. Very active neutrophils and macrophages are found for a long time in chronic wounds in those individuals. The aim of this study was to evaluate the response of the main effector cells of immunity (neutrophils, macrophages, and T lymphocytes) and to compare the effects of two laser therapy regimens in the postoperative treatment of excision wounds.

Materials and Methods. Diabetes was induced in female Wistar rats and a punch was used to cause wounds in the dorsum of each individual. The animals were randomly allocated to a control group (CG), in which the wound was untreated, a single-dose laser group (SLG), in which the wound was submitted to single dose of laser radiation (LR) with wavelength of 660 nm, power of 30 mW, energy density of 4 J/cm^2 and 26-second exposure time, and a fractionated-dose laser group (FLG), submitted to 1 J/cm^2 of LR on Days 1, 3, 8, and 10. Euthanasia was performed on 5 animals from each group Days 1, 3, 8, 10, 15, and 22. The wound was removed and routinely processed for immunohistochemistry against elastase, CD3, CD68, and CD206 antibodies. The samples were photographed and labeled cells were counted. The Kruskal–Wallis test was used for the statistical analysis.

Results. Neutrophils were predominant in the SLG on Day 1, whereas these cells were mostly found in the on Day 3 ($P<0.05$). The T lymphocyte count was similar in all groups in the throughout the experiment. On Day 3, the SLG exhibited a greater number of total macrophages (CD68+) ($P<0.05$), whereas the macrophage count was similar among the different groups on the other days. The CD206+ cell counts revealed that the SLG had more M2 macrophages than the CG on Day 8 ($P<0.05$), whereas the FLG exhibited more M2 macrophages on Day 10 ($P<0.05$).

Conclusions. LR can alter the composition of inflammatory infiltrate in diabetic wounds, leading to a more balanced response transiting from a rapid neutrophil infiltration through to M2 macrophage polarization, especially with a single application of 4 J/cm^2 in the immediate postoperative period.

ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ РЕЗУЛЬТАТІВ ЕНДОВАЗАЛЬНОЇ ЛАЗЕРНОЇ КОАГУЛЯЦІЇ ТА СТАНДАРТНОЇ ФЛЕБЕКТОМІЇ ПРИ ЛІКУВАННІ ХРОНІЧНИХ ЗАХВОРЮВАНЬ ВЕН НИЖНІХ КІНЦІВОК

Саволюк С.І., Горбовець В.С., Ходос В.А.
Національна медична академія післядипломної освіти імені П.Л.Шупика МОЗ України, м. Київ, Україна;
Київська міська клінічна лікарня №8
Клінічна хірургія.- 2016.- №3.- С.43-45

Мета роботи – порівняльна оцінка ефективності ендовазальної лазерної коагуляції (ЕВЛК) і стандартної флебектомії в хірургічному лікуванні хронічних захворювань вен (ХЗВ) нижніх кінцівок (НК).

Матеріали та методи. С 2014 по 2016 рр. у клініці лікували 60 пацієнтів у віці 25-68 років з приводу ХЗВ НК С2-С6 функціонального классу за класифікацією СЕАР. Всім пацієнтам проводили ультразвукове дуплексне сканування (УЗДС); в усіх виявлений рефлюкс по великій підшкірній вені (ВПВ).

У 28 хворих I групи вертикальний рефлюкс усунутий за методом ЕВЛК, яку здійснювали як етап хірургічного втручання після кросектомії, перев'язування і пересічення неспроможних пронизних вен. Використували лазерну систему Dornier MedTech Medilas D Lite Beam+ 1470 (Німеччина) в постійному режимі випромінювання з довжиною хвилі 1470 нм та потужністю 15 Вт. Швидкість екстракції світловодів під контролем УЗДС 0,5 см/с. У 32 хворих II групи виконана стандартна флебектомія за Бебкоком (ФЕБ). В усіх пацієнтів оперативне втручання виконували під монолатеральною спінальною анестезією.

Критерії оцінки результатів лікування: наявність інтенсивного больового синдрому, утворення після операції гематом, інфільтратів, наявність парестезії, гіпестезії, тривалість лікування у стаціонарі. Стабільність оклюзії ВПВ після ЕВЛК оцінювали на підставі даних УЗДС у строки 7 діб, 1, 3, 6 і 12 місяців.

Результати та обговорення. Всі пацієнти I групи після операції скаржились на незначний та нетривалий біль, що локалізувався в ділянці рани. Для його усунення застосовували таблетовані анальгетики протягом 6-12 год. Відсутність інтенсивного болю давала можливість активізувати пацієнтів вже через 1 год. після ЕВЛК, що було дієвим способом профілактики тромбоемболічних ускладнень. У II групі у 29 хворих (90,63%) виник значний больовий синдром не тільки в ділянках операційних ран, а й по ходу видаленої вени. Це потребувало призначення наркотичних анальгетиків та перешкоджало ранній активізації пацієнтів. Профілактична антикоагулянтна терапія проведена у 18 хворих.

У хворих I групи частота ускладнень та їх тяжкість були незначними у порівнянні з II групою, що свідчило про переваги ЕВЛК над ФЕБ. Після ЕВЛК тривалість лікування у стаціонарі пацієнтів I групи становила в середньому 1,2±0,1 дня. У II групі – 4,8±0,8 дня.

При УЗДС через 1-6 місяців після ЕВЛК спостерігали повну оклюзію коагульованих стовбурів. Через 12 місяців тільки у 1 з 21 пацієнтів виявлена часткова реканалізація ВПВ.

Висновки. Застосування ЕВЛК в хірургічному лікуванні ХЗВ НК С2-С6 функціонального классу забезпечує значно менші травматичність оперативного втручання та строки лікування у стаціонарі, ніж ФЕБ. ЕВЛК дозволяє досягти повної фіброзної трансформації магістральних вен у 95,24% хворих.

PHOTOTHERMAL CANCER THERAPY BY GOLD-FERRITE NANOCOMPOSITE AND NEAR-INFRARED LASER IN ANIMAL MODEL

[1,2]Heidari M., [1]Sattarahmady N., [3]Azarpira N.et al.
[1]Department of Medical Physics, School of Medicine, Shiraz University of Medical Sciences, Shiraz, Iran;
[2]Nanomedicine and Nanobiology Research Center, Shiraz University of Medical Sciences;
[3]Transplant Research Center, Shiraz University of Medical Sciences
Lasers in Medical Science.- 2016.- Vol.31, №2.- P.221-227

Background and Objective. Surface plasmon resonance effect of gold nanostructures makes them good candidates for photothermal therapy application. Herein, gold-ferrite nanocomposite (GFNC) was synthesized and characterized as a photothermal agent in photothermal therapy. The aim of this study was to investigate the effect of GFNC upon laser irradiation on treatment of cancer in mice bearing melanoma cancer.

Materials and Methods. Thirty mice received 1.5×10^6 B16/F10 cells subcutaneously. After 1 week, the mice bearing solid tumor were divided into four groups: control group (without any treatment), laser group (received laser irradiation without GFNC injection), GFNC group (only received intratumorally GFNC), and GFNC+laser group (received intratumorally GFNC upon laser irradiation). In GFNC+laser group, 200 μL of fluid, 1.3×10^{-7} mol L^{-1} gold nanoparticles, was injected intratumorally and immediately the site of tumor was exposed to continuous wave diode laser beam (808 nm, 1.6 W cm^{-2}) for 15 min.

Results. All mice but four were euthanized 24 h after treatment to compare the necrotic surface area histologically by using measuring graticule. Statistical analyses revealed significant differences in necrosis extent for GFNC+laser group, compared to other groups. Four subjects (control group and GFNC+laser group, two mice each) were kept for longitudinal study. Histological analyses and tumor volume measurements of the four subjects indicated that tumor in GFNC+laser group was controlled appropriately.

Conclusions. It was concluded that combining an 808 nm laser at a power density of 1.6 W cm^{-2} with GFNC has a destruction effect in melanoma cancer cells in an animal model.

ФОТОДИНАМИЧЕСКАЯ ТЕРАПИЯ В ЛЕЧЕНИИ ТРОФИЧЕСКИХ ЯЗВ НИЖНИХ КОНЕЧНОСТЕЙ ВЕНОЗНОЙ ЭТИОЛОГИИ

Насыров М.В.
ГБОУ ВПО «Самарский государственный медицинский университет»,
кафедра и клиника госпитальной хирургии, г. Самара, Россия
Инновационная наука.- 2016.- №2.- С.119-121.

Цель работы: повысить эффективность лечения и предоперационной подготовки трофических язв (ТЯ) у пациентов с хроническими заболеваниями вен (ХЗВ) за счет фотодинамической терапии (ФДТ).

Материалы и методы. Проведен анализ результатов лечения 112 пациентов с ХЗВ класса С6. В 86,6% случаев размер ТЯ не превышал 20 см^2. Для динамического контроля применялись ультразвуковое исследование, контактная планиметрия размеров ТЯ, микробиологический и цитологический методы. В контрольной группе II (45 больных) лечение проводилось по стандартным методикам. В группе I (67 больных) на область ТЯ наносили фотосенсибилизатор радахлорин-гель в дозе 0,2 мл/см^2; через 30 мин. облучали ТЯ красным излучением лазерного аппарата «Кристалл-2000» с максимальной мощностью 3 Вт. В дальнейшем у 88,1% пациентов группы I и 95,6% пациентов группы II выполнялась флебэктомия в сочетании со свободной аутодермопластикой расщепленным лоскутом.

Результаты и обсуждение. При ФДТ осложнений и аллергических реакций не наблюдалось. На 4-е сутки лечения в группе I уровень обсемененности золотистым стафилококком снизился с 61,2% до 4,5%, тогда как в группе II – с 62,2% до 53,3%. У большинства пациентов группы I на 4-е сутки отмечена статистически значимая смена цитограммы с воспалительно-дегенеративного типа на воспалительно-регенераторный. У пациентов группы II увеличение доли воспалительно-регенераторного типа цитограммы наблюдалось значительно позже – на 10-20-е сутки наблюдения. С учетом данных микробиологического исследования посевов и степени микробной обсемененности ТЯ, флебэктомия и аутодермопластика в группе I проводились в среднем на 5,1±0,8 сутки, в группе II – на 17,2±1,3 сутки. В отдаленные сроки (до 3 лет) рецидив ТЯ выявлен у 18,8% пациентов группы I и у 34,1% - в группе II.

Выводы: ФДТ является эффективным неинвазивным методом местного лечения и предоперационной подготовки ТЯ у пациентов с ХЗВ С6 клинического класса. ФДТ оказывает выраженные бактериостатический и бактерицидный эффекты, улучшает микроциркуляцию и реэпителизацию.

ЭФФЕКТИВНОСТЬ НОВОЙ КОМБИНИРОВАННОЙ ЛАЗЕРНОЙ ТЕРАПИИ БОЛЬНЫХ С ХРОНИЧЕСКИМИ ЯЗВАМИ НИЖНИХ КОНЕЧНОСТЕЙ И ХРОНИЧЕСКОЙ ВЕНОЗНОЙ НЕДОСТАТОЧНОСТЬЮ

Москвин С.В., Гейниц А.В., Асхадулин Е.В.
ФГБУ «Государственный научный центр лазерной медицины ФМБА РФ», г. Москва; Московский медицинский университет «Реавиз»; ГУЗ «Городская больница №2 г. Тулы имени Е.Г.Лазарева», Россия
Вестник новых медицинских технолологий.- 2016.- Т.23, №1.- С.96-101

Цель работы - улучшение результатов амбулаторного лечения пациентов с трофическими язвами (ТЯ) нижних конечностей (НК) венозной этиологии путем включения в комплекс традиционной терапии воздействия низкоинтенсивным лазерным излучением (НИЛИ) с различными длинами волн.

Материалы и методы. Проведено амбулаторное лечение 102 пациентов в возрасте от 39 до 78 лет с венозными ТЯ НК, имевших хроническую венозную недостаточность стадии 6 по CEAP. Консервативное лечение применяли как подготовку к оперативным вмешательствам для коррекции венозного кровотока НК, либо как основную терапию, когда имелись противопоказания к хирургическому лечению.

Больные были разделены на три группы по 34 человека. В I группе проводили только традиционную терапию: эластичную компрессию НК; фармакотерапию и местное лечение по общехирургическим правилам. Во II группе в комплекс включали также 12 сеансов внутривенного лазерного облучения крови (ВЛОК) на длине волны 635 нм. В III группе традиционную терапию дополняли 12 сеансами наружного воздействия НИЛИ с длиной волны 635 нм (длительность импульсов 100-130 нс, мощность 40 Вт) на 1-4 ТЯ по 2 мин. на зону с расстояния до 7 см, а также ВЛОК от аппарата «Лазмик» попеременно НИЛИ с длиной волны 365-405 (экспозиция 2 мин.) и 520-525 нм (5 мин.), мощность в непрерывном режиме 1-2 мВт.

Результаты. В I группе через 14 суток отечность голени уменьшилась лишь у 26,5% пациентов, а болевой синдром был купирован у 20,6%. Во II группе гиперемия тканей сохранялась 5,5-6 сут., а инфильтрация в области краев ТЯ – 6,5-7 сут. В III группе отмечали уменьшение болей на 5-7-е сут.; гиперемия сохранялась 3-3,5 сут., а инфильтрация – 4-4,5 сут. В I группе средние сроки очищения ТЯ составили 9,8 сут., появление грануляции отмечали через 10,3 сут., а заживление – через 28,1 сут. Во II группе эти сроки сократились до 8,1; 8,6 и 19,8 сут. В III группе отмечалось еще большее ускорение вышеперечисленных процессов – до средних сроков 6,4; 7,1 и 12,8 сут. Через 6 месяцев у больных I группы эпителизация ТЯ отмечена в 31,25% случаях, во II группе - в 64,7%, в III - у 82,3% пациентов.

Выводы. Показана высокая эффективность новой комбинированной методики лазерной терапии в лечении ТЯ венозной этиологии в сочетании с традиционными методами консервативного лечения.

ИНСТРУКЦИЯ ДЛЯ АВТОРОВ

В редакцию подаются на CD-дисках или по электронной почте отдельными файлами:

1) статья, оформленная согласно требованиям;

2) иллюстрации (отдельными графическими файлами);

3) сведения об авторах (фамилия, имя, отчество; должность; научная степень, ученое звание; место работы; научные достижения; количество печатных статей, патентов и др.; адрес электронной почты; адрес для переписки; контактные телефоны);

4) качественные портретные фотографии авторов форматом 5 см (высота)х4 см (ширина) (см. требования к фотографиям). **Фотографии, вставленные в Word не допускаются!**

Макет страницы

Поля на страницах: верхнее и нижнее – 2 см; левое – 3 см; правое – 2 см.

Интервал межстрочный – одинарный.

Гарнитура шрифта Times New Roman.

Размер шрифта*:* 11 pt для текста, 10 pt для таблиц.

Текст статьи строится по структурной схеме:

1. УДК
2 Заголовок статьи
3. Фамилии и инициалы авторов
4. Название организации авторов, адрес, телефон, факс, электронный адрес
5. Аннотация на языке оригинала
6. Ключевые слова
7. Основной текст статьи
8. Список литературы
9. Аннотации на английском и украинском языках (если статья на русском языке) вместе с транскрипциями фамилий авторов, переводом названия работы и соответствующими списками ключевых слов. **Машинный перевод аннотаций не принимается.**

Структурные элементы

Формулы и входящие в них символы, упоминаемые в тексте, должны быть набраны в редакторе формул Math Type Equation. Каждая формула должна быть отдельным объектом, шрифт всех формул однообразен. Обязательна нумерация формул – в круглых скобках с правой выключкой.

Иллюстрации (рисунки, диаграммы и схемы, чертежи) должны быть подготовлены с помощью графических редакторов и переданы в виде графического файла изображения, размерами не менее 60х60 мм. Графики и чертежи должны быть выполнены в векторном редакторе (*cdr).

Фотографии должны иметь разрешение 300 dpi и формат JPG или TIFF. Не допускается вставка рисунков в файл статьи непосредственно из прикладных программ (Excel и т.п.), минуя графический формат.

Все иллюстрации и таблицы должны содержать названия (для рисунков – снизу, для таблиц – сверху), они должны располагаться в соответствующих местах текста статьи и быть последовательно пронумерованы.

Термины и обозначения технических параметров следует употреблять в соответствии с нормами Госстандарта, а единицы измерения – в международной системе единиц (СИ).

Требования к изложению текста статьи

Название статьи должно быть кратким, информативным и отображать содержание статьи.

Аннотация должна иметь объем – до 10 строк. Она строится по типу рефератов в реферативных журналах и отображает суть экспериментов, основные результаты и их интерпретацию. Аннотация не должна содержать балластные слова, вводные фразы и неинформативные выражения.

Раздел ***«Введение»*** должен содержать постановку проблемы в общем виде и ее связь с важными научными или практическими задачами; краткий анализ последних исследований и публикаций, в которых начато решение данной проблемы, выделение конкретных нерешенных вопросов, которым

посвящается статья, формулировку цели работы. Иными словами, введение должно отвечать на вопросы: что известно в данной области; что остается неизвестным; какова задача данной работы.

Раздел ***«Методика»*** должен содержать сведения об объектах исследования, условия экспериментов, аналитические методы, приборы и реактивы. В этом же разделе даются сведения о повторностях экспериментов, методах статистического анализа результатов.

В разделе ***«Результаты»*** необходимо описать выявленные эффекты. Изложение результатов должно отображать закономерности, которые вытекают из полученных данных.

Задачей раздела ***«Обсуждение»*** является обобщение и интерпретация результатов, анализ причинно-следственных связей между выявленными эффектами. Полученную информацию необходимо сравнить с имеющимися литературными данными и показать ее новизну. Обсуждение должно завершаться ответом на вопрос, который поставлен во введении.

Ссылки на литературу в тексте подаются в квадратных скобках арабскими цифрами. Литературные источники должны располагаться в алфавитном порядке (сначала – кириллицей, потом - латиницей). Библиографическое описание приводится в соответствии с действующим международным стандартом ГОСТ 7.1-84, на языке оригинала.

Ниже приводятся примеры описания библиографических источников:

1) *Один автор:* Ніколенко В.Ю. Хвороби нервової системи в гірників і імунопатологія. – Донецьк: Донеччина, 1999. – 288 с.

2) *Два и более авторов:* Корж А.А. Посттравматический остеомиелит – инфекционное осложнение открытых повреждений / А.А. Корж, Г.В. Бэц // Искусство лечения. – 2004. – № 8. – С. 56-59.

Каплан А.В. Гнойная травматология костей и суставов / А.В.Каплан, Н.Е. Махсон, В.М. Мельникова. – М.; К.: Медицина, 1985. – 384 с.

Ono W. Osteomyelitis / W.Ono, K.Saotome // Ryoikibetsu Shokogun Shirizu. – 1999. – Vol. 23, №1. – P. 599-602.

3) *Пять и больше авторов:* Бідненко С.І. Мікробіологічний спектр збудників хронічного остеомієліту довгих кісток верхньої кінцівки та антибіотикотерапія захворювання / С.І. Бідненко, М.П. Грицай, Д.В. Івченко та ін. // Укр. мед. альманах. – 2002. – Т. 5, № 1. – С. 17-20.

Редакционная подготовка

Статья, которая поступает в редакцию, регистрируется и направляется научному рецензенту, подписывающему статью в печать. При наличии замечаний статью возвращают авторам на доработку. Исправленный вариант автор должен возвратить в редакцию вместе с ответом на замечания.

Редакция оставляет за собой право исправлять и сокращать рукопись, а также возвращать авторам работы, которые не соответствуют профилю журнала и требованиям редакции.

Наукове видання

ФОТОБІОЛОГІЯ
ТА
ФОТОМЕДИЦИНА

Міжнародний науково-практичний журнал
т. XII, № 1, 2 ’2016

Українською, російською, англійською мовами

Комп’ютерне верстання М. В. Швачка

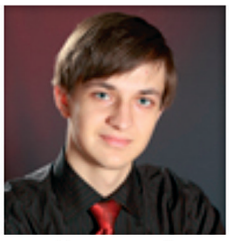
Підписано до друку 19.06.2015. Формат 60х84/8.
Папір офсетний. Друк ризографічний
Умов. друк арк. 10,01. Обл.-вид. арк. 14,91.
Тираж 200 прим. Ціна договірна

61022, м. Харків, пл. Свободи, 4,
Харківський національний університет імені В.Н.Каразіна

Надруковано з комп’ютерного набору ФОП «Петрова І.В.»
61144, м. Харків, вул. Гвардійців Широнінців, 79 в, к. 137,
тел. 38 (057) 362-01-52
Свідоцтво про державну реєстрацію ВОО №948011 від 03.01.03

Фотобіологія та Фотомедицина

Наші автори:



Барановський Дмитро Миколайович
Аспірант Вінницького національного технічного університету



Бойко Валерій Володимирович
Д.м.н., професор, директор ДУ «Інститут загальної та невідкладної хірургії імені В.Т.Зайцева НАМН України»



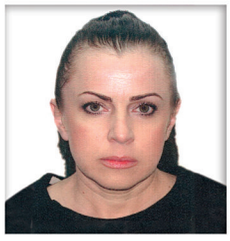
Буцька Лідія Володимирівна
Радник в.о. Міністра охорони здоров'я України, професор кафедри психології Міжрегіональної Академії управління персоналом



Данілова Ольга Олександрівна
Докторант кафедри медичної психології Міжрегіональної Академії управління персоналом



Древицька Оксана Остапівна
Д.м.н., професор Міжнародної кадрової академії, зав. кафедри психології Міжрегіональної Академії управління персоналом



Іванова Юлія Вікторівна
Д.м.н., головний науковий співробітник ДУ «Інститут загальної та невідкладної хірургії імені В.Т.Зайцева НАМН України»



Кізілова Наталія Миколаївна
Д.ф.-м.н., професор, зав.кафедри теоретичної та прикладної механіки Харківського національного університету імені В.Н Каразіна



Клапоущак Андрій Юрійович
Асистент кафедри загальної фізики Вінницького національного технічного університету



Клімова Олена Михайлівна
Д.б.н., професор, завідувач діагностичної лабораторії ДУ «Інститут загальної та невідкладної хірургії імені В.Т.Зайцева НАМН України»



Кокодій Микола Григорович
Д.ф.-м.н., професор кафедри квантової радіофізики Харківського національного університету імені В.Н Каразіна



Коробов Анатолій Михайлович
К.ф.-м.н., завідувач НД лабораторії квантової біології та квантової медицини Харківського національного університету імені В.Н Каразіна



Кубаш Володимир Іванович
Лікар-травматолог, аспірант кафедри загальної хірургії з курсом оперативної хірургії, травматології, ортопедії та судинної медицини Ужгородського національного університету



Левковська Вікторія Іванівна
Лікар- фізіотерапевт, завідувач відділенням відновлювального лікування Дорожньої клінічної лікарні № 2



Мушенко Євген Володимирович
К.м.н., науковий співробітник відділення захворювань стравоходу та шлунково-кишкового тракту ДУ «Інститут загальної та невідкладної хірургії імені В.Т.Зайцева НАМН України»



Павлов Сергій Володимирович
Д.т.н., професор, проректор з наукової роботи Вінницького національного технічного університету



Прасол Віталій Олександрович
Д.м.н. ,професор, зав відділенням гострих захворювань судин ДУ «Інститут загальної та невідкладної хірургії імені В.Т.Зайцева НАМН України»

Фотобіологія та Фотомедицина

Наші автори:



Пушкаш Іван Іванович
Асистент кафедри загальної хірургії з курсом оперативної хірургії, травматології, ортопедії та судинної медицини Ужгородського національного університету



Русанов Костянтин Вікторович
Інженер науково-виробничої медико-біологічної корпорації «Лазер і Здоров'я»



Русанова Євгенія Георгіївна
Інженер НД лабораторії квантової біології та квантової медицини Харківського національного університету імені В.Н Каразіна



Сидорик Євгеній Петрович
Д.м.н., професор, завідувач лабораторії біофізики Інституту експериментальної патології, онкології та радіобіології імені Р. Є. Кавецького НАН України



Тіманюк Володимир Олександрович
К.ф.-м.н., професор, завідувач кафедри фізики Національного фармацевтичного університету



Тітова Наталія Володимирівна
К.т.н., доцент кафедри інформаційних систем і технологій Київського національного транспортного університету



Федоров Сергій Миколайович
К.м.н., доцент кафедри медичної реабілітації, фізіотерапії та спортивної медицини Національної медичної академії післядипломної освіти



Цибулін Олександр Сергійович
К.б.н., доцент, докторант кафедри біофізики Білоцерківського національного аграрного університету



Чухраєв Микола Вікторович
К.т.н., академік Міжнародної академії технічних наук, засновник і директор ТОВ НМЦ «Медінтех»



Шерегій Андрій Андрійович
Доцент кафедри загальної хірургії з курсом оперативної хірургії, травматології, ортопедії та судинної медицини Ужгородського національного університету



Шимон Василь Михайлович
Д.м.н., професор, завідувач кафедри загальної хірургії з курсом оперативної хірургії, травматології, ортопедії та судинної медицини Ужгородського національного університету



Шимон Михайло Васильйович
Доцент кафедри загальної хірургії з курсом оперативної хірургії, травматології, ортопедії та судинної медицини Ужгородського національного університету



Якименко Ігор Леонідович
Д.б.н., професор, завідувач кафедри біохімії та екологічного контролю Національного університету харчових технологій

Фототерапевтичний апаратний комплекс
Коробова А.-Коробова В.
«Барва-Терапевт»



Фототерапевтичний апарат Коробова А.-Коробова В.
для профілактики та лікування
синдрому діабетичної стопи
«Барва-СДС»



