

Счастливая Н.И., Кузнецова Т.Е., Рыжковская Е.Л., Улащик В.С.

ВЛИЯНИЕ СВЕТА РАЗЛИЧНОЙ ДЛИНЫ ВОЛНЫ НА МОРФОФУНКЦИОНАЛЬНОЕ СОСТОЯНИЕ КОЖИ ПРИ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОМ ДЕРМАТИТЕ

ГНУ «Институт физиологии НАН Беларуси», 220072, Минск, Республика Беларусь

Изучено влияние оптического излучения различного спектрального диапазона на морфофункциональное состояние кожи при экспериментальном дерматите. Установлено, что эффективность воздействия зависит от длины волны излучения. Согласно клиническим, гистохимическим и морфологическим данным, наиболее эффективным при экспериментальном дерматите является применение синего и красного оптического излучения.

Ключевые слова: экспериментальный дерматит; оптическое излучение; фотохромотерапия.

Для цитирования: Счастливая Н.И., Кузнецова Т.Е., Рыжковская Е.Л., Улащик В.С. Влияние света различной длины волны на морфофункциональное состояние кожи при экспериментальном дерматите. *Физиотерапия, бальнеология и реабилитация*. 2017; 16(4): 190-194.

DOI: <http://dx.doi.org/10.18821/1681-3456-2017-16-4-190-194>

Для корреспонденции: Счастливая Надежда Ивановна, науч. сотр. ГНУ «Институт физиологии НАН Беларуси», 220072, Минск. E-mail: nadezhda.schastnaya@yandex.by

Schastnaya N.I., Kuznetsova T.E., Ryzhkovskaya E.L., Ulaschik V.S.

THE INFLUENCE OF LIGHT OF VARIOUS WAVELENGTHS ON THE MORPHOFUNCTIONAL CONDITION OF SKIN EXPOSED TO EXPERIMENTAL DERMATITIS

State research institution «Institute of Physiology», National Academy of Sciences of Republic Belarus», 220072, Minsk, Belarus

The influence of optical radiation of various spectral ranges on the morphofunctional state of the skin under conditions of experimental dermatitis was studied. It was demonstrated that the effectiveness of the light depends on the radiation wavelength. The clinical, histochemical, and morphological data obtained give evidence that the application of blue and red optical radiation to the skin affected by experimental dermatitis is likely to produce the most pronounced therapeutic effect.

Keywords: *experimental dermatitis; optical radiation; photochromotherapy.*

For citation: Schastnaya N.I., Kuznetsova T.E., Ryzhkovskaya E.L., Ulaschik V.S. The influence of light of various wavelengths on the morphofunctional condition of skin exposed to experimental dermatitis. *Fizioterapiya, Bal'neologiya i Reabilitatsiya (Russian Journal of the Physical Therapy, Balneotherapy and Rehabilitation)*. 2017; 16 (4): 190-194. (In Russ.). DOI: <http://dx.doi.org/10.18821/1681-3456-2017-16-4-190-194>

For correspondence: *Schastnaya Nadezhda Ivanovna*, researcher, State research institution «Institute of Physiology», National Academy of Sciences of Republic Belarus, 220072, Minsk, Belarus. E-mail: nadezhda.schastnaya@yandex.by

Acknowledgments. The study had no sponsorship.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

Received 24 May 2017

Accepted 30 May 2017

Широкая распространенность и неуклонный рост дерматозов, увеличение частоты тяжелых форм заболевания требуют совершенствования существующих методов терапии, а также поиск новых методов, обладающих высокой терапевтической активностью и минимальным риском местных и системных побочных явлений [1, 2].

Среди физических методов важное место занимает фотохромотерапия заболеваний кожи. Фотохромотерапия – лечение светом и цветом (от греческого *photos* – свет и *chroma* (*chromatos*) – цвет) в настоящее время широко применяется как в нашей стране, так и за рубежом. Различные виды фотохромотерапии используются в комплексном лечении дерматитов, обыкновенных

угрей, псориаза, экземы, нейродермита и других кожных заболеваний [3–6].

В основе лечебного действия светового излучения различных длин волн лежат фотофизические и фотохимические реакции, связанные с поглощением света биотканью. Ранее в дерматологии наиболее активно использовались ультрафиолетовые лучи. В последнее время в связи с появлением портативных аппаратов («Геска», «Биоптрон», «ФотоСПОК» и др.) при болезнях кожи стали активнее применять видимые и инфракрасные лучи различной длины волны [7–9]. Несмотря на широкое применение света в клинической медицине, в том числе и при патологии кожи, особенности действия лучей различного спектрального диа-

пазона изучены явно недостаточно. Почти отсутствуют исследования в эксперименте и клинике, посвященные сравнению действия света разных спектральных диапазонов при различных болезнях, включая заболевания кожи. Без таких сведений дифференцированный подход к назначению фотохромотерапии и оптимизация лечения заболеваний вряд ли возможны.

Целью работы являлась оценка влияния оптического поляризованного излучения различного спектрального диапазона на морфофункциональное состояние кожи при экспериментальном дерматите.

Материалы и методы

Эксперименты проведены на 87 белых беспородных крысах-самцах массой 200–220 г. Животных содержали в условиях вивария при стандартном пищевом режиме и свободном доступе к воде. Эксперименты выполнены согласно требованиям, изложенным в Хельсинкской декларации о гуманном обращении с животными.

Экспериментальный контактный дерматит (ЭКД) воспроизводили по модифицированной методике [10] путем аппликаций 2,4-динитрохлорбензола (ДНХБ; 0,1 мл 5% спиртового раствора) на выстриженные участки кожи в межлопаточной области тела крыс в течение 2 дней.

На следующий день после последней аппликации ДНХБ осуществляли воздействие различными видами оптического излучения с помощью аппарата «Фото-СПОК» (ОДО «Магномед», Беларусь) [11]. Плотность потока мощности излучения колеблется от 0,6 до 3,5 мВт/см², глубина проникновения поляризованного света – до 1,5 см.

Процедуры проводили контактно на область поражения в течение 20 мин, курс лечения – 8 процедур.

Все животные были разделены на 5 групп:

- 1) интактная;
- 2) контрольная – крысы с ЭКД без лечения;
- 3) животные с ЭКД, подвергавшиеся воздействию синим светом (длина волны 460–480 нм, мощность излучения 1,5 мВт);
- 4) животные с ЭКД, подвергавшиеся воздействию красным светом (620–680 нм, 2 мВт);
- 5) крысы с ЭКД, подвергавшиеся воздействию светом в желтой области спектра (920–960 нм, 4,5 мВт).

Критериями эффективности фотохромотерапии служили клинические признаки заболевания (гиперемия, отек, наличие эрозий и корок), нормализация локальной температуры и микроциркуляции, динамика гистоморфологических изменений кожи крыс с ЭКД без лечения, а также до и после курсового применения света различной длины волны.

Термографию в области пораженного участка кожи крыс проводили с использованием азот-охлаждаемой сканирующей камеры IRTIS-2000ME, позволяющей регистрировать тепловое излучение живых объектов и преобразовывать его в видимые термограммы, качественно и количественно отображающие распределение температуры на поверхности тела [12].

Таблица 1

Изменение температуры (°C) кожи крыс под влиянием фотохромотерапии ($M \pm m$)

Физи- ческий фактор	Интактные животные	Животные с ЭКД		
		без лечения (контроль)	до лечения	после лечения
Синий свет	36,0 ± 0,07	37,1 ± 0,07 ⁺	37,2 ± 0,08 ⁺	36,0 ± 0,07 ^{*#}
Жёлтый свет	36,0 ± 0,07	37,1 ± 0,07 ⁺	37,2 ± 0,08 ⁺	36,3 ± 0,05 ^{*#}
Красный свет	36,0 ± 0,07	37,1 ± 0,07 ⁺	37,2 ± 0,08 ⁺	36,2 ± 0,07 ^{*#}

Примечание. Здесь и в табл. 2: ⁺ – $p < 0,05$ по сравнению с интактными животными; ^{*} – $p < 0,05$ по сравнению с животными до лечения; [#] – $p < 0,05$ по сравнению с контрольными животными.

Для исследования микрогемодинамики (МГД) кожи использовали устройство «Speckle-SCAN», разработанное в Белорусском государственном университете информатики и радиоэлектроники [13].

В качестве критериев для оценки МГД кожи выбрали следующие параметры: средняя частота спектра (F) и полосовой коэффициент флюктуаций интенсивности спекл-поля (K_b). Измерение параметров микроциркуляции проводили у здоровых животных, а также у крыс с ЭКД до и после курсового применения фототерапевтических факторов.

Для гистологического и гистохимического исследований по окончании эксперимента животных декапировали под эфирным наркозом и иссекали участки кожи вместе с подкожной жировой клетчаткой в межлопаточной области спины.

Образцы кожи подвергали заморозке в криостате. Серийные срезы толщиной 7 мкм (для гистологического исследования) и 14 мкм (для гистохимического исследования) изготавливали на микротоме-криостате НМ 525 («MICROM», Германия). Срезы подсушивали на воздухе в течение 2–3 мин, затем фиксировали в охлажденном 96° спирте и окрашивали для обзорной характеристики по общепринятой методике гематоксилином и эозином.

Активность ферментов, характеризующих состояние метаболизма кератиноцитов базального слоя эпидермиса – сукцинат-(СДГ) и лактатдегидрогеназу (ЛДГ), определяли в криостатных срезах тетразолиевым методом по методу Лойда [14] и оценивали по оптической плотности продукта реакции в цитоплазме, выражая результаты в условных единицах оптической плотности.

Статистический анализ данных выполняли с использованием программ Microsoft Excel и Statistica 6. Для проверки распределения данных использовали тест Шапиро–Уилка. О достоверности различий между группами судили по t -критерию Стьюдента. Количественные характеристики выборок представляли в виде среднего ± стандартной ошибки среднего. Вывод о статистической значимости отличий делали при $p < 0,05$.

Таблица 2

Изменение K_b (отн. ед.) и F (Гц) до и после курсового применения физических факторов ($M \pm m$)

Физический фактор	Интактные животные	Животные с ЭКД		
		без лечения (контроль)	до лечения	после лечения
Синий свет				
K_b , отн. ед.	0,187 ± 0,006	0,253 ± 0,007 ⁺	0,299 ± 0,015 ⁺	0,207 ± 0,009 ^{**}
F , Гц	155,20 ± 2,77	179,92 ± 3,09	188,46 ± 6,03	151,29 ± 4,46 ^{**}
Жёлтый свет				
K_b , отн. ед.	0,187 ± 0,006	0,253 ± 0,007 ⁺	0,299 ± 0,015 ⁺	0,218 ± 0,006 ^{**}
F , Гц	155,20 ± 2,77	179,92 ± 3,09	188,46 ± 6,03	167,24 ± 2,65 [*]
Красный свет				
K_b , отн. ед.	0,187 ± 0,006	0,253 ± 0,007 ⁺	0,299 ± 0,015 ⁺	0,211 ± 0,011 ^{**}
F , Гц	155,20 ± 2,77	179,92 ± 3,09	188,46 ± 6,03	166,90 ± 4,89 ^{**}

Результаты и обсуждение

Степень развития ЭКД оценивали клинически. Через 1 сут после однократной накожной аппликации раствора ДНХБ у всех животных появились умеренная гиперемия и отек тканей, свидетельствующие о развитии ЭКД. После повторного нанесения раствора ДНХБ наблюдались выраженная гиперемия кожи, отёк, серозные и геморрагические корки, эрозии, животные были беспокойны. Локальная температура кожи повысилась в среднем на 1,2 °С (табл. 1).

У животных с ЭКД в этот срок отмечено нарушение гемомикроциркуляции в поражённом участке кожи, что выражалось достоверным ($p < 0,05$) повышением полосового коэффициента спектра интенсивности спекл-поля (на 45–62%) и средней частоты спектра (на 20–28%) по сравнению с интактными животными (табл. 2).

Микроскопически были выявлены обширные зоны выраженной деструкции всех слоев эпидермиса, имелись участки изъязвлений (рис. 1, а, б на 2-й стр. обложки). На участках с сохранённым эпидермисом роговой слой имел неравномерную толщину, местами был разорван либо полностью отсутствовал (см. рис. 1, а на 2-й стр. обложки). В отдельных участках эпидермис был представлен 1–2 слоями уплощённых клеток.

В верхней части дермы были заметны обширные лейкоцитарные инфильтраты, состоящие преимущественно из лимфоцитов (см. рис. 1, б на 2-й стр. обложки). Капилляры сосочкового слоя дермы расширены, часто заполнены эритроцитами (рис. 1, б, в на 2-й стр. обложки). Сосуды сетчатого слоя дермы также расширены. В волосных фолликулах и салных железах встречались очаги деструкции.

Гиподерма и подлежащие мышечные волокна имели нормальную структуру и расположение.

Кожа крыс, не получавших лечения, на 7-е сутки оставалась отечной, отмечались серозные и геморрагические корки. Репаративные процессы в коже протекали медленно. Видимые признаки выздоровления у животных без лечения отмечены лишь на 12–14-е сутки наблюдения.

Применение всех трех видов фотохромотерапии оказывало стимулирующее действие на восстановительные процессы в коже. В процессе лечения уже на 5–6-е сутки полностью исчезла гиперемия кожи, у значительного числа животных нормализовалась местная температура. Более выраженное нормализующее влияние на функциональные показатели кожи при дерматите оказывало, как и следовало ожидать, оптическое излучение синего диапазона: у некоторых животных этой экспериментальной группы уже к 5–7-м суткам внешне кожа не отличалась от кожи интактных крыс. К концу курса лечения кожа большинства экспериментальных крыс выглядела внешне нормальной.

Оценивая влияние фотохромотерапии на показатели МГД (K_b и F), сравнивали их значения до и после курсового применения различных видов видимого излучения.

Оценка МГД после курсового воздействия светом различных областей спектра показала, что при курсовом облучении красным светом значение K_b снизилось на 29,4% ($p < 0,05$), F снизилась на 11,5% ($p > 0,05$). Аналогичные изменения наблюдались при курсовом воздействии оптического излучения жёлтого диапазона: K_b уменьшился на 27,1% ($p < 0,05$), F – на 11,3% ($p < 0,05$). Курсовое облучение синим светом сопровождалось достоверными ($p < 0,05$) и наиболее значительными изменениями показателей МГД: K_b снизился на 30,8%, F – на 19,7%. В контроле K_b к этому сроку уменьшился на 14,6% ($p < 0,05$), а F – лишь на 4,5% ($p > 0,05$).

Анализ результатов гистохимического исследования позволил установить на 12-е сутки после моделирования ЭКД в кератиноцитах базального слоя эпидермиса контрольных животных снижение энергообразования как в цикле Кребса, так и за счёт гликолиза (табл. 3). На это указывало уменьшение активности СДГ на 25,6% ($p < 0,05$) и ЛДГ на 15,3% ($p < 0,05$) по отношению к нормальным значениям.

После применения оптического излучения красного диапазона установлена выраженная активизация исследуемых метаболических показателей в базальных кератиноцитах экспериментальных крыс. Активность СДГ увеличивалась на 49,2% ($p < 0,05$; табл. 3). Активность ЛДГ также возрастала на 31,7% ($p < 0,05$) по отношению к значениям у крыс контрольной группы с ЭКД.

При воздействии синим светом выявлено значительное усиление окислительного фосфорилирования в базальных кератиноцитах эпидермиса, о чём свидетельствовало повышение активности СДГ после курсового воздействия на 40,7% ($p < 0,05$) по сравнению с показателями контрольной группы животных. Активность ЛДГ практически не отличалась от показателей крыс контрольной группы.

После курсового облучения жёлтым светом активность СДГ увеличивалась на 31,8% ($p < 0,05$). Актив-

Таблица 3

Активность СДГ и ЛДГ в кератиноцитах базального слоя эпидермиса крыс с ЭКД после курсового применения света различного спектрального диапазона ($M \pm m$)

Группа животных	СДГ, усл. ед.	ЛДГ, усл. ед.
Интактные	87,90 ± 8,4	142,41 ± 6,7
ЭКД, 12-е сутки		
контроль	65,42 ± 4,3*	120,67 ± 6,5*
красный свет	97,60 ± 4,8 ⁺	158,95 ± 5,4 ⁺
синий свет	92,45 ± 3,3 ⁺	122,67 ± 3,2
жёлтый свет	86,21 ± 4,0 ⁺	139,44 ± 5,8 ⁺

Примечание. * – $p < 0,05$ по сравнению с интактной группой; ⁺ – $p < 0,05$ по сравнению с контролем.

ность ключевого фермента гликолиза – ЛДГ также увеличивалась (на 15,6% по сравнению с контролем).

Таким образом, все изученные виды оптического излучения оказывали стимулирующее влияние на процессы аэробного окисления глюкозы в цикле Кребса, что проявлялось выраженным повышением активности СДГ. Наиболее значимые изменения активности СДГ отмечены при воздействии оптическим излучением красного и жёлтого диапазонов.

Применение исследуемых видов фототерапии у крыс с ЭКД вызывало разнонаправленные изменения активности ключевого фермента гликолиза – ЛДГ. При воздействии синего света активность ЛДГ практически не отличалась от показателей контрольной группы. Жёлтый свет вызывал незначительную активацию гликолитических процессов в клетках. Воздействие красным светом приводило к выраженному подъёму активности ЛДГ.

Терапевтическую эффективность фототерапии при ЭКД подтверждают и результаты морфологических исследований. В контрольной группе к 12-м суткам развития ЭКД на гистологических препаратах выявлялись все слои эпидермиса и дермы (рис. 2, а на 2-й стр. обложки). Роговой слой имел неравномерную толщину, местами был разорван.

На отдельных участках имелся струп, отслаивающийся от поверхности регенерирующего эпидермиса (рис. 2, б, в на 2-й стр. обложки). Струп был представлен как безъядерными детритными массами, интенсивно окрашенными эозином в тёмно-малиновый цвет, так и хлопьями и нитями фибрина, окрашенными эозином в бледно-розовый цвет. Базальный слой не имел четкой границы. Местами эпидермис был утолщён за счет увеличения размеров шиповатого слоя (см. рис. 2, в на 2-й стр. обложки). На отдельных участках эпидермиса выявлялись акантолиз и вакуолярная дистрофия клеток.

В дерме у нелеченных животных сохранялся межклеточный отек, сосуды дермы расширены (см. рис. 2, в на 2-й стр. обложки). Наблюдалась диффузная инфильтрация лимфоидными клетками, нейтрофилами и макрофагами с присутствием фибробластов (см. рис. 2, б на 2-й стр. обложки).

После курса фототерапии на гистологических препаратах кожи определялись все слои эпидермиса и дермы (рис. 3 на 3-й стр. обложки).

При курсовом облучении синим и жёлтым светом сохранялись остатки струпа. Роговой слой у животных всех экспериментальных групп, получавших фототерапию, имел неравномерную толщину, иногда наблюдалось его отторжение от зернистого слоя. Зернистый слой был утолщён и состоял из 5–6 слоев клеток. Шиповатый слой имел нормальное строение после курсового воздействия красным светом. После применения синего и жёлтого света он был представлен 1–2 слоями клеток. Базальный слой кератиноцитов после использования красного света имел строение, близкое к такому у интактных крыс (рис. 3, г на 3-й стр. обложки), тогда как после воздействия синим и жёлтым светом он не имел четкой границы, его клетки располагались хаотично (рис. 3, д, е на 3-й стр. обложки).

Сосочковый слой эпидермиса был выражен после фототерапии красным светом, а после воздействия светом синего и жёлтого диапазонов он был сглажен. Во всех группах животных, получавших фототерапию, наблюдались незначительный отек в сосочковом слое и расширение сосудов дермы на отдельных участках. Коллагеновые волокна неравномерно расположены, отмечено лишь в группе с воздействием красного света. В дерме формировались новые волосяные луковицы и сальные железы. После терапии жёлтым светом они, как правило, не достигали поверхности кожи (рис. 3, в на 3-й стр. обложки). Клеточный инфильтрат был представлен преимущественно фибробластами с включением макрофагов и плазмоцитов.

Гиподерма и подлежащие мышечные волокна в группах с курсовым воздействием светом синего и жёлтого диапазонов имели нормальную структуру и расположение.

Таким образом, после 8 процедур фототерапии светом красного, синего и жёлтого диапазонов на гистологических препаратах кожи выявлялось формирование многослойного плоского эпителия на всей повреждённой поверхности с верификацией всех его слоёв и базальной мембраны. Отмечалось увеличение толщины зернистого слоя эпидермиса, свидетельствующее об усилении процессов кератинизации.

Сосочковый слой дермы, выполняющий трофическую функцию для клеток эпидермиса, в большинстве экспериментальных групп несколько сглажен. В соединительнотканной основе кожи сохранялись лишь остаточные признаки воспаления: инфильтрация, отёчность межклеточного вещества. Расширенные сосуды могут свидетельствовать об активации капиллярного кровоснабжения дермы. Происходило интенсивное формирование и созревание молодых коллагеновых волокон. Они имели нормальную толщину и форму, но их расположение местами упорядочено, местами хаотично. Дериваты кожи в основном сформированы, однако не во всех экспериментальных группах животных они достигали поверхности.

В целом, морфологические данные свидетельствуют о более быстром и более полном восстановлении повреждённых при дерматите структур кожи у животных, получавших различные виды фотохромотерапии (в особенности облучение синим и красным светом) по сравнению с контролем.

Заключение

Результаты проведённого экспериментального исследования показали, что местная фотохромотерапия оптическим излучением красного, жёлтого и синего спектров позитивно влияет на обратное развитие клинических и морфологических признаков ЭКД, снижает тяжесть течения заболевания и ускоряет заживление повреждений кожи. Это обусловлено стимуляцией восстановительных процессов в коже при ее повреждении, которая вызвана, по-видимому, улучшением регионарного кровотока, усилением метаболизма, а также противовоспалительным и противоотёчным действием света различной длины волн.

Все использованные виды видимого излучения оказывали позитивное влияние на течение ЭКД, однако действие каждого из спектральных диапазонов имело свои особенности. Сравнительный анализ действия изученных видов оптического излучения позволяет сделать вывод, что согласно клиническим, гистохимическим и морфологическим данным, наиболее эффективным при ЭКД является применение синего и красного оптического излучения. Эти данные могут служить основанием для дифференцированного использования света различных длин волн в дерматологии, а также при разработке сочетанных методов фотохромотерапии.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.
Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

ЛИТЕРАТУРА

- Адаскевич В.П. *Актуальная дерматология*. Н.-Новгород: НГМА; 2001.
- Скрипкин Ю.К. *Кожные и венерические болезни: Учебник*. М.: ГЭОТАР-Медиа; 2012.
- Бардт А.Е. Фототерапия – современный метод лечения дерматологических патологий. *Новости экспертизы и регистрации*. 2014; 117(9): 19–22.
- Владимиров В.В. Светотерапия в лечении кожных болезней. *Les nouvelles esthétiques*. 2003; (2): 90–6.
- Корчажкина Н.Б., Круглова Л.С., Турбовская С.Н., Елфимов М.А. Профилактика и реабилитация пациентов с хроническими дерматозами. *Медицина труда и промышленная экология*. 2016; (11): 33–7.
- Левшин Р.Н., Круглова Л.С., Корчажкина Н.Б. Эффективность комбинированного применения структурно-резонансной терапии и полихроматического поляризованного света у больных красным плоским лишайём. *Физиотер., бальнеол. и реабил.* 2016; 15(2): 66–70.
- Лазаренко Н.Н. *Применение фототерапии от аппаратов «Биоптрон» в дерматокосметологии: Методические рекомендации*. М.: РУДН; 2009.
- Левицкий Е.Ф., Гриднева Т.Д., Лаптев Б. И и др. *Фотомангнотерапия. Применение магнитосветодиодных аппаратов серии «Геска-маг» для оздоровления, профилактики и лечения заболеваний*. Томск; Новосибирск; 2001.
- Мумин А.Н., Волотовская А.В. Магнитофототерапия с использованием аппарата «Фотоспок» у больных с ограниченным нейродермитом. *Современные методы физиотерапии: материалы научно-практической конференции*. Минск; 2008: 130–4.
- Залкан П.М., Иевлева Е.А. Экспериментальная модель аллергического дерматита. В кн.: *Актуальные вопросы профессиональной дерматологии*. М.: Медицина; 1965.
- Волотовская А.В., Улащик В.С., Плетнёв А.С. *Магнитофототерапия: применение аппарата «Фотоспок» в клинической медицине*. Минск: Смэлток; 2011.
- Иваницкий Г.Р. Тепловидение в медицине. *Вестник РАМН*. 2006; 67(1): 48–62.
- Дик С.К. *Лазерно-оптические методы и технические средства контроля функционального состояния биообъектов*. Минск: БГУИР; 2014.
- Лойда З. Госсрау Р., Шиблер Т. *Гистохимия ферментов*. М.: Мир; 1982.
- Adaskevich V.P. *Actual Dermatology [Aktual'naya dermatologiya]*. Nizhny Novgorod: NGMA; 2001. (in Russian)
- Skripkin Yu.K. *Skin and Venereal Diseases: A Textbook [Kozhnye i venericheskie bolezni: Uchebnik]*. M.: GEOTAR-Media; 2012. (in Russian)
- Bardt A.E. Phototherapy is a modern treatment treating dermatological pathologies. *Novosti ekspertizy i registratsii*. 2014; 117(9): 19–22. (in Russian)
- Vladimirov V.V. Light therapy in the treatment of skin diseases. *Les nouvelles esthétiques*. 2003; (2): 90–6. (in Russian)
- Korchazhkina N.B., Kruglova L.S., Turbovskaia S.N., Elfimov M.A. Prophylaxis and rehabilitation of patients with chronic dermatoses. *Meditsina truda i promyshlennaya ekologiya*. 2016; (11): 33–7. (in Russian)
- Levshin R.N., Kruglova L.S., Korchazhkina N.B. Efficacy of combined use of structural resonance therapy and polychromatic polarized light in patients with red planar lice. *Fizioter., bal'neol. i reabil.* 2016; 15(2): 66–70. (in Russian)
- Lazarenko N.N. *Application of Phototherapy from Devices «Bioptron» in Dermatocosmetology: Methodical recommendations*. M.: RUDN; 2009. (in Russian)
- Levitskiy E.F., Gridneva T.D., Laptev B.I. et al. *Photomagnetotherapy. The use of magnetosvetodiode devices of the «Geska-mag» series for the improvement, prevention and treatment of diseases [Fotomagnitoterapiya. Primenenie magnitosvetodiodykh apparatov serii «Geska-mag» dlya ozdorovleniya, profilaktiki i lecheniya zabolevaniy]*. Tomsk; Novosibirsk; 2001. (in Russian)
- Mumin A.N., Volotovskaya A.V. Magnitofototerapiya s ispol'zovaniem apparata «Fotospok» u bol'nykh s ogranichenym neyrodermitom. In: *Modern methods of physiotherapy: materials of the scientific-practical conference [Sovremennye metody fizioterapii: Materialy nauchno-prakticheskoy konferentsii]*. Minsk; 2008: 130–4. (in Russian)
- Zalkan P.M., Ievleva E.A. Experimental model of allergic dermatitis. In: *Actual issues of professional dermatology [Aktual'nye voprosy professional'noy dermatologii]*. Moscow; 1965. (in Russian)
- Volotovskaya A.V., Ulashchik V.S., Pletnev A.S. *Magneto-phototherapy: application of the «Photospec» apparatus in clinical medicine [Magnitofototerapiya: primeneniye apparata «Fotospok» v klinicheskoy meditsine]*. Minsk: Smeltok; 2011. (in Russian)
- Ivanitskiy G.R. Thermal imaging in medicine. *Vestnik RAMN*. 2006; 67(1): 48–62.
- Dik S.K. *Laser-optical methods and technical means of monitoring the functional state of bioobjects [Lazerno-opticheskie metody i tehicheskie sredstva kontrolya funktsional'nogo sostoyaniya bioob'ektov]*. Minsk: BGUIR; 2014. (in Russian)
- Loyda Z. Gossrau R., Shibler T. *Histochemistry of enzymes [Gistohimiya fermentov]*. Moscow: Mir; 1982. (in Russian)

Поступила 24.05.17

Принята в печать 30.05.17

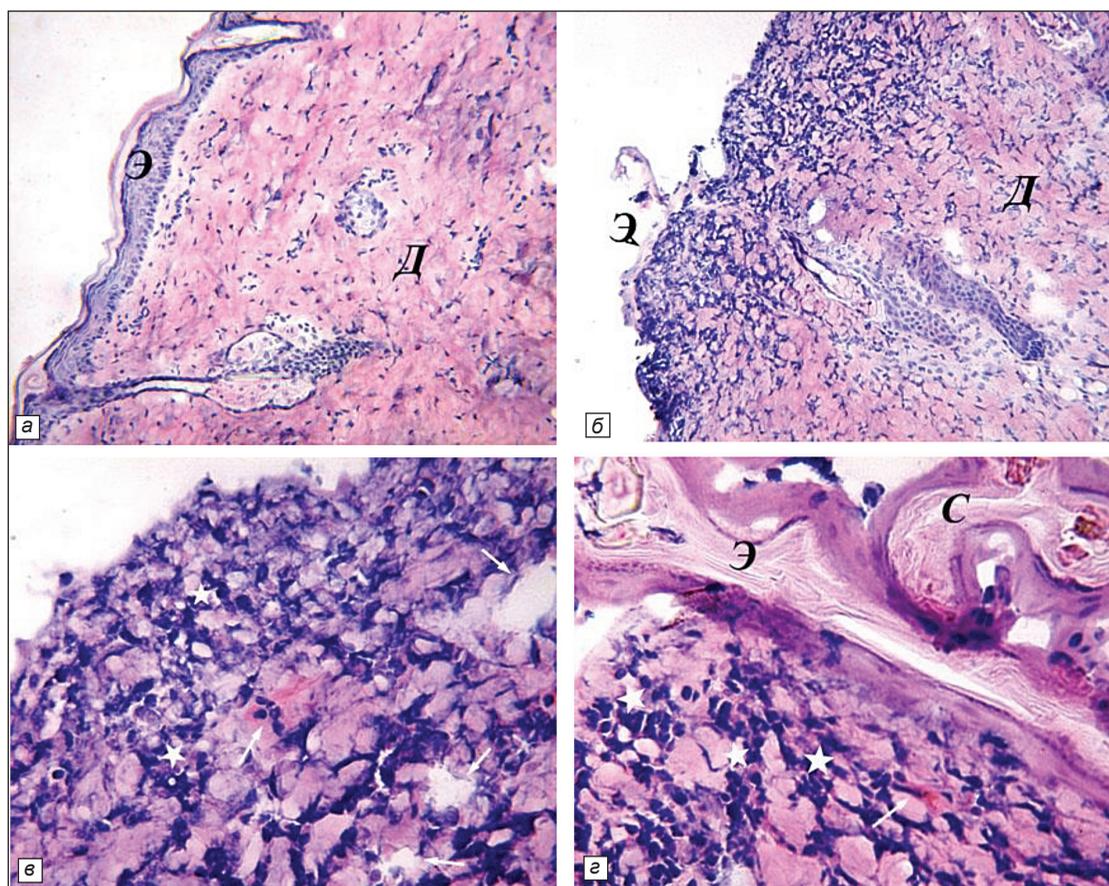


Рис. 1. Участок кожи интактной крысы (а) и на 3-и сутки ЭКД (б-е).
Э – эпидермис; Д – дерма; С – струп; звездочки – инфильтрат; белые стрелки – расширенные капилляры.
Окраска гематоксилином и эозином, ув. 100 (а, б), ув. 400 (в, г).

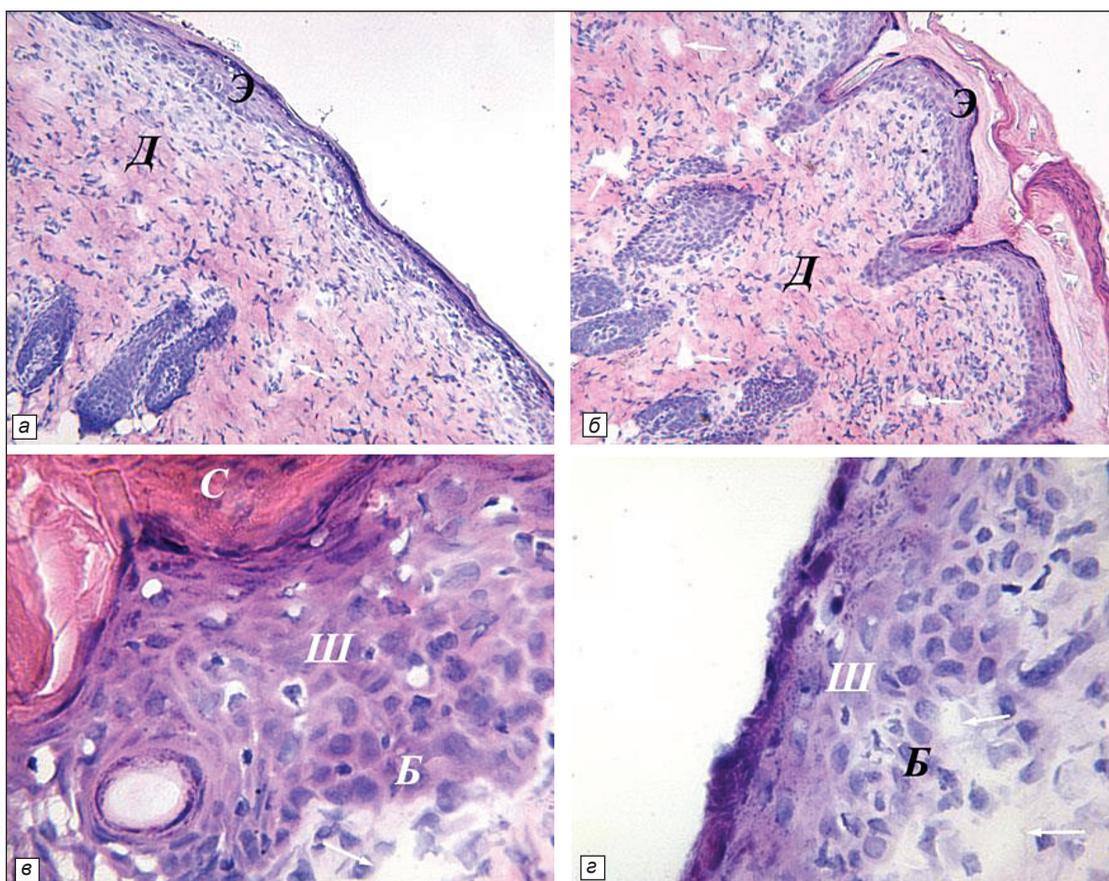


Рис. 2. Участок кожи крысы на 12-е сутки ЭКД.
Э – эпидермис; Д – дерма; Ш – шиповатый слой; Б – базальный слой; С – струп; белые стрелки – капилляры.
Окраска гематоксилином и эозином, ув. 100 (а, б), ув. 400 (в, г).

К ст. Н. И. Счастной и соавт.

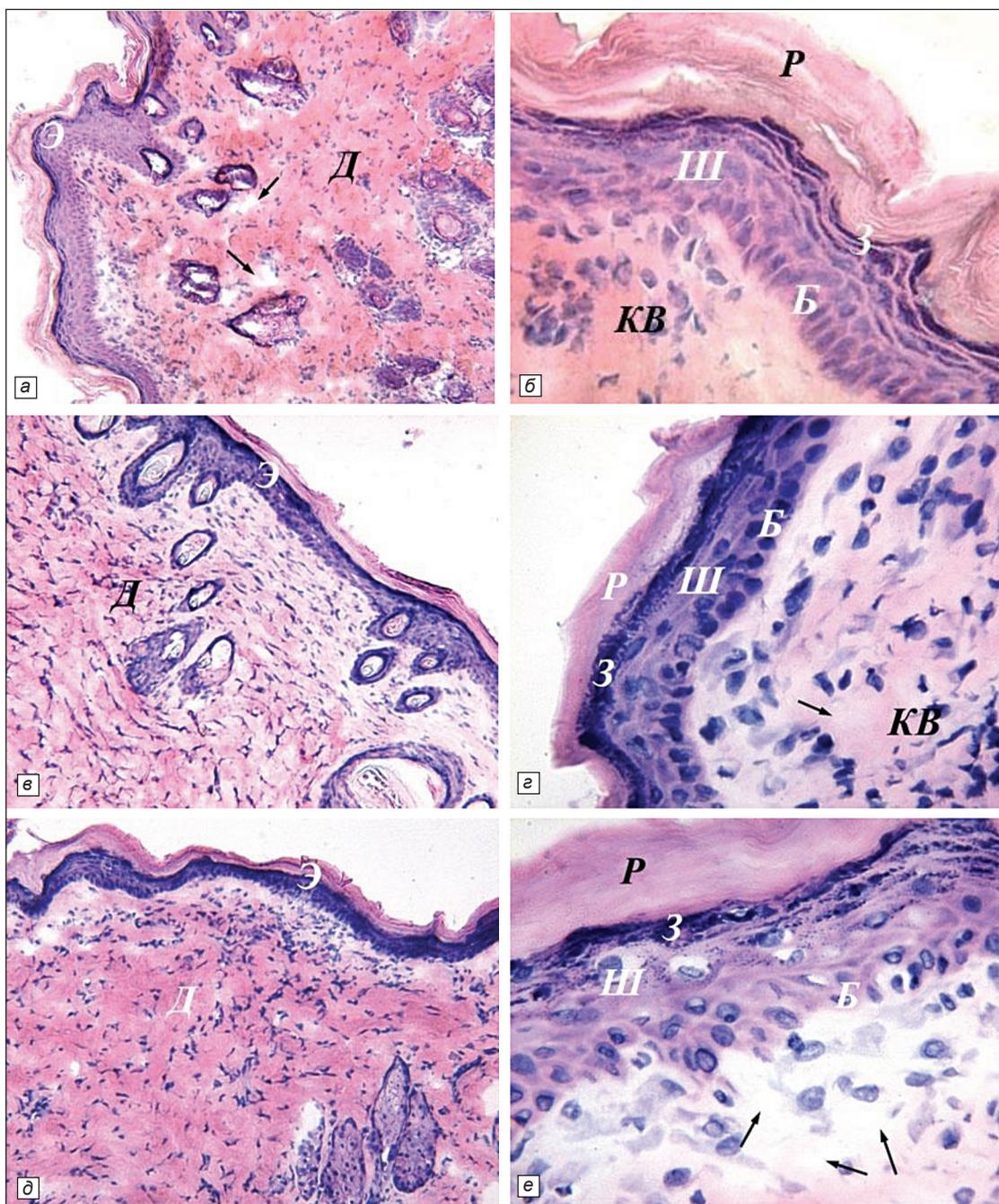


Рис. 3. Участок кожи крыс с ЭКД после фототерапии красным (а, з), синим (б, д) и желтым (в, е) светом. Э – эпидермис; Д – дерма; Р – роговой слой; З – зернистый слой; Ш – шиповатый слой; Б – базальный слой; КВ – коллагеновые волокна; стрелки – капилляры. Окраска гематоксилином и эозином, ув. 100 (а-в), ув. 400 (з-е).

К ст. А. П. Талыбовой, А. Г. Стенько

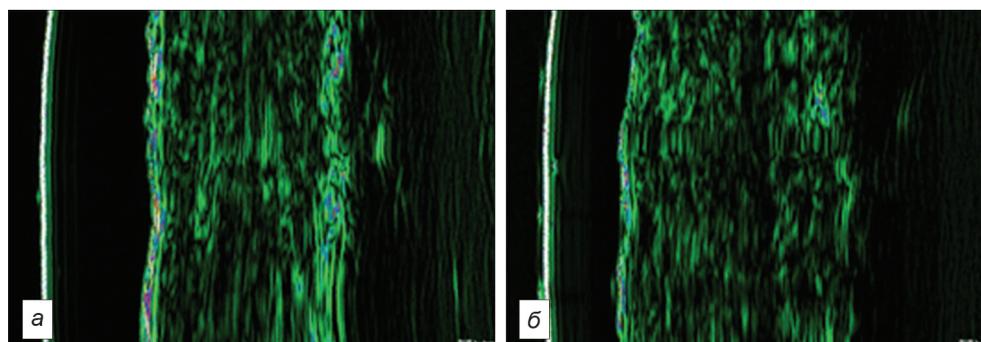


Рис. 3. Сканограммы атрофического рубца (гормонально-зависимого генеза) до (а) и после (б) комбинированного применения селективной лазеротерапии и неодимового лазера.