

## МОНОТЕРАПИЯ ОЖОГОВ ПОЛИХРОМАТИЧЕСКИМ ПОЛЯРИЗОВАННЫМ СВЕТОМ: ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ МЕХАНИЗМЫ

Стрельченко Ю.И.<sup>1</sup>, Гуляр С.А.<sup>2,3</sup>, Ельский В.Н.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Донецкий национальный медицинский университет имени М. Горького, Донецк

<sup>2</sup>Институт физиологии имени А. А. Богомольца НАН Украины, Киев

<sup>3</sup>Интернациональный медицинский инновационный центр, Киев  
strelchenkoirui@gmail.com, тел. +38(095)476-04-25

*Разработана валидная экспериментальная модель дозированного ожога кожи для изучения влияния поляризованного света на течение ожогов открытым пламенем с возможностью регуляции их основных параметров. Охарактеризованы выраженность и особенности течения воспалительной реакции, развития и динамики роста грануляций и процесса эпителизации ожоговой раны и показано положительное влияние поляризованного света на регенерацию ожоговой раны и скорость ее заживления. В частности, установлено: ограничение глубины альтерации дермы и вторичной альтерации тканей кожи и подлежащих мышц, активация механизмов ограничения воспаления, усиление пролиферации фибробластов, формирования грануляций и неангиогенеза, стимуляция пролиферации, миграции кератиноцитов и эпителизации раневой поверхности под воздействием поляризованного света. Показаны выраженные антиноцицептивный, антистрессорный и адаптационно-стимулирующий эффекты поляризованного света на функциональное состояние ЦНС при ожогах. Установлена гиперактивация центрального и периферического звеньев стрессорных гипоталамо-гипофизарно-кортикоадреналовой (ГГКА) и гипоталамо-гипофизарно-тиреоидной (ГГТ) систем с дезинтеграцией их взаимосвязей, угнетение центрального и периферического звеньев гипоталамо-гипофизарно-гонадной системы (ГГС) и синтеза соматотропного гормона (СТГ) при ожогах. Доказано положительное влияние поляризованного света на саногенетические механизмы регуляции взаимосвязей и адаптивный характер активации ГГКАС, ГГТС, ГГС и синтез СТГ. Наблюдалось угнетение клеточного (в том числе фагоцитарного) и гуморального звеньев иммунной системы при ожогах и модулирующее влияние поляризованного света на их состояние со стимуляцией клеточного (в том числе фагоцитарного) и нормализацией гуморального звеньев иммунитета.*

**Ключевые слова:** ожоговая травма, поляризованный свет, центральная нервная система, гипоталамо-кортикоадреналовая система, иммунная система.

### Введение

Ожоговый травматизм является важной медицинской и социальной проблемой. По данным ВОЗ термические повреждения занимают второе место в структуре травм мирного времени и составляют 10-12 % всех травм [12, 13, 14]. Результаты апробации поляризованного света в комбустиологической практике пока представлены одиночными исследованиями, но они свидетельствуют о высокой эффективности применения видимого диапазона электромагнитных волн для заживления ожоговых ран и реабилитации ожоговых больных [9, 11].

Статистически достоверное ускорение заживления глубоких ожогов было показано в работе Monstrey et al. [10]. У 67 пациентов с обширными

ожогами II-IIIa степени пять независимых исследовательских групп получили однонаправленные результаты. Они состояли в том, что ежедневное применение полихроматического поляризованного света (аппарат Биоптрон-2) на область ожога в течение 6 мин способствовало более быстрой эпителизации краев ран, снижению количества гипертрофических разрастаний, уменьшению или отсутствию контрактур за более короткий период времени по сравнению с контрольными данными (22 сут против 41 сут). У 20 пациентов, имевших стандартные донорские раны, было показано, что воздействие упомянутого света достоверно снижало воспалительную реакцию, ускоряло качество грануляций, эпителизацию, улучшало самочувствие и раннее физиологическое рубцеобразование [10].

Опыт применения ПАЙЛЕР-света у 48-ми пациентов с ожогами лица и дыхательных путей в условиях отделения интенсивной терапии на фоне обычных методов общего и местного лечения также свидетельствовал о позитивных результатах светотерапии [2]. Установлено, что применение световой терапии (аппарат Биопротрон-2) способствовало уменьшению отека лица и верхних дыхательных путей, восстановлению микроциркуляции в зонах стаза, близлежащих к ожоговым поверхностям. Выявлено благоприятное влияние поляризованного света на репаративные процессы, результаты оперативного лечения и характер формирования послеоперационных рубцов. Средняя длительность пребывания в отделении интенсивной терапии сокращалась на 2-3 суток.

Действие полихроматического поляризованного света на организм человека определяется широким спектром биологических эффектов, к которым относятся: стимуляция регенерации, угнетение воспаления, модуляция иммунных процессов, восстановление микроциркуляторных нарушений, вегетотропное и анальгетическое действие и др. [1, 3, 4]. Но патогенетические механизмы этих эффектов нуждаются в конкретных доказательствах, круг которых очень ограничен в клинической практике. Отсутствуют сведения о механизмах влияния поляризованного полихроматического света на функциональное состояние ЦНС, морфогенез ожоговой раны, состояние нейроэндокринной и иммунной систем. Для получения ответа на эти вопросы необходимо моделирование патологического процесса (ожоговой травмы), ее дозирование и изучение различных показателей гомеостаза организма под воздействием поляризованных световых волн в эксперименте, что и явилось **целью** данной работы.

### Материалы и методы

Исследование проведено на белых беспородных крысах-самцах, возрастом шесть месяцев, весом 180-220 г с соблюдением Хельсинской декларации, принятой Генеральной ассамблеей Всемирной медицинской ассоциации (2010 г.), и с разрешения Комиссии по биоэтике Донецкого национального медицинского университета им. М. Горького № 8/16 от 29.01.2011 года и № 112/16 от 22.10.2012 года.

Для моделирования дозированного ожога открытым пламенем был разработан, запатентован и использован способ [7], который имеет преимущества перед существующими, поскольку позволяет точно дозировать тяжесть и площадь полученных ожогов и приближает эксперимент к реальным ус-

ловиям бытовых или производственных пожаров. Наносились ожоги, составлявшие 5 % площади тела, на область спины и крестца. Расстояние от источника пламени до кожи было 15 мм. Длительность экспозиции составляла 3 с (мгновенный ожог). В этом случае создавались эпидермальные и поверхностные дермальные ожоги (по классификации XX съезда хирургов Украины, 2002 г.). Именно такие ожоги характерны для бытовых и производственных пожаров при взрывах горючего газа, поэтому в настоящей работе использовалась описанная стандартизированная модель дозированных ожогов открытым пламенем.

Использовались аппараты БИОПТРОН-компакт (Zepter-Biopton AG, Швейцария), которые создают световой поляризованный поток площадью 12,3 см<sup>2</sup>, который имеет полихроматические и монохроматические диапазоны (ПАЙЛЕР/PILER - Polarized Incoherent Low Energy Radiation). Воздействие поляризованным светом с частью инфракрасного излучения (длины волн 480-3400 нм, плотность мощности 40 мВт/см<sup>2</sup>, световая энергия в минуту 2,4 Дж/см<sup>2</sup>) осуществлялось с расстояния до кожи 10 см в течение 10 минут три раза в сутки согласно рекомендациям по лечению больных с ожогами [3, 4]. При этом расстоянии диаметр светового поля охватывал почти всю спину крысы с неповрежденной кожей. Таким образом, воздействие поляризованного света было не только местным, но и общим.

Для исследования влияния ПАЙЛЕР-света на скорость заживления ожоговой раны соответственно с фазами раневого процесса: спустя сутки, трое суток, неделю и 11 суток после травмы проведено морфометрическое исследование диаметра и площади ожоговой поверхности. Для оценки воздействия поляризованного света на морфогенез ожоговой раны, а именно, выраженность и динамику воспалительной реакции, развитие, динамику грануляций и процесс эпителизации, было проведено морфологическое изучение ожоговой раны.

Для оценки системных реакций исследовались функциональное состояние ЦНС, содержание в крови биологически активных веществ и иммунный статус.

Функциональное состояние ЦНС оценивали с помощью тест-методов «открытое поле» и «норковый рефлекс». Оценивалась ориентировочно-двигательная активность крыс в открытом поле и латентное время захода животного в темную камеру.

В плазме крови иммуноферментным и радиоиммунным методами определяли гормоны: тиреотропный гормон, тироксин, трийодтиронин, соматотропный гормон, фолликулостимулиру-

ющий гормон, тестостерон, адренкортикотропный гормон, кортикостерон, инсулин. Иммунограмма включала определение клеточного (Т-, В-лимфоциты, натуральные киллеры, хелперы/ супрессоры) с помощью моноклональных антител и гуморального (ЦИК, иммуноглобулины основных классов А, G, М) с помощью радиальной иммунодиффузии и преципитации звеньев иммунитета, а также фагоцитарный индекс и фагоцитарное число методом световой микроскопии.

### Результаты и их обсуждение

Применение модели экспериментального ожога позволило получить стандартизованную и достоверную картину морфогенеза ожоговой раны. Трёхсекундная экспозиция открытого пламени приводила к развитию эпидермального и дермального поверхностного ожога. Он характеризовался некрозом эпидермиса и поверхностных слоев дермы, развитием резкого тканевого отека, который проявлялся в формировании пузырей разного размера и десквамацией некротически измененного эпидермиса.

Нанесение ожогового повреждения негативно влияло на функциональное состояние ЦНС: изменялась ориентировочно-двигательная активность (ОДА) животных в открытом поле. Наблюдались значительное уменьшение количества пересеченных ими квадратов на 72,9 % ( $p < 0,001$ ) и осмотренных отверстий на 65,7 % ( $p < 0,001$ ) относительно интактных животных.

В связи с тем, что ведущая роль при формировании адаптации при ожоговом стрессе принадлежит гипоталамо-гипофизарно-кортикоадреналовой (ГГКАС) и гипоталамо-гипофизарно-тиреоидной (ГГТС) системам, оценивалось состояние нейрогуморальных регуляторных систем (ГГКА, ГГТ, гипоталамо-гипофизарно-гонадной (ГГГ) регуляторной системы, соматотропного гормона (СТГ) и инсулина при ожогах и влияние на них поляризованного света.

В остром периоде ожоговой травмы выявлена резкая активация центрального (ведущего) звена ГГКАС в виде увеличения содержания адренкортикотропного гормона (АКТГ) на 102 % ( $p < 0,001$ ), и активация периферического звена кортикостерона (Кс) в виде увеличения его содержания на 600 % ( $p < 0,001$ ), с последующим его истощением и падением Кс на 44,9 % ( $p < 0,001$ ) относительно интактных животных. Перестройка медиаторного баланса гипоталамо-гипофизарной системы с активацией центрального звена ГГКАС привела к торможению секреции в аденогипофизе СТГ (на 29,2 % ( $p < 0,001$ ) относительно интактных живот-

ных). Была отмечена гиперинсулинемия (повышение на 257 % ( $p < 0,001$ ) относительно интактных животных), которая была реакцией организма в ответ на гипергликемию, которая в свою очередь была связана с гиперпродукцией катехоламинов (гиперактивация симпато-адреналовой системы), АКТГ и Кс. Нами получена активация тиреотропной функции аденогипофиза (на 220 % ( $p < 0,01$ ) относительно интактных животных), и секреторного процесса ( $T_4$ ) в щитовидной железе (на 110 % ( $p < 0,01$ ) относительно интактных животных) при снижении конверсии  $T_4$  в  $T_3$  в периферических тканях. Отмечена несогласованность взаимосвязей центрального и периферического звеньев ГГТС при ожоговой травме и сдвиг нейрохимического баланса гипоталамуса и гипофиза в сторону подавляющего синтеза АКТГ.

Отмечено торможение секреции в аденогипофизе фолликулостимулирующего гормона (ФСГ) на 55,8 % ( $p < 0,001$ ) относительно интактных животных. Резко снижалась и концентрация тестостерона (на 75,1 %,  $p < 0,001$ , относительно интактных животных).

Иммунологические исследования показали, что при ожогах развивалась выраженная иммуносупрессия. Она характеризовалась угнетением как клеточного, так и гуморального звеньев иммунитета, а именно, снижением количества натуральных киллеров (НК) на 36,3 % ( $p = 0,003$ ), Т-лимфоцитов на 27,1 % ( $p = 0,01$ ), Т-хелперов на 23,6 % ( $p = 0,04$ ) и Т-супрессоров на 58,3 % ( $p < 0,001$ ) относительно интактных животных. При анализе иммунорегуляторного индекса (ИРИ) мы обнаружили неравномерность поражения Т-супрессорного звена иммунитета. Отмечено угнетение общей активности фагоцитов на 41,1 % ( $p < 0,001$ ), дефекты фагоцитоза и внеклеточного киллинга в деятельности каждого отдельно взятого фагоцита (снижение фагоцитарного числа (ФЧ) на 31,7 % ( $p < 0,001$ ) относительно интактных животных). Анализ гуморального звена иммунитета показал иммуносупрессию с угнетением продукции Ig классов А на 16,3 % ( $p = 0,03$ ) и G на 23,5 % ( $p = 0,04$ ) относительно интактных животных и повышением концентрации ЦИК на 216 % ( $p < 0,001$ ) относительно интактных животных. Всё это указывало на выраженную антигенную нагрузку с возможным развитием аутоиммунных процессов.

Данные, полученные после аппликации поляризованного света, убедительно свидетельствуют о положительном влиянии полихроматического поляризованного света на морфогенез ожоговой раны (рис. 1).



Рис. 1. Механизмы положительного действия поляризованного света на заживление ожоговой раны: Левая часть рисунка по данным литературы, правая – по результатам наших исследований; ЛВ – лейкоцитарный вал

Было отмечено увеличение скорости заживления ожоговой поверхности: на 7-е сутки диаметр ожоговой поверхности был меньше на 20 % ( $p = 0,005$ ), а площадь на 36 % относительно группы сравнения. Через 11 суток диаметр ожоговой раны был меньше на 38,6 % ( $p < 0,001$ ), а площадь – на 62,3 % относительно группы сравнения.

Данные морфометрического исследования подтвердились морфологически (световая микроскопия). Действие ПАЙЛЕР-света определяет пространственные и хронологические изменения течения сосудистого и пролиферативного компонентов воспаления. Это способствует, во-первых, ограничению глубины повреждения кожи в области ожога и определяет более поверхностное расположение лейкоцитарного вала. Во-вторых, такое влияние светового потока оптимизирует течение острого воспалительного ответа на повреждение, которое проявляется активацией механизмов ограничения воспаления – формированием плотного и менее широкого (уже на  $45,8 \pm 2,4$  % ( $p < 0,01$ ) относительно группы сравнения) лейкоцитарного вала с уменьшением диффузной инфильтрации полиморфноядерными лейкоцитами и вторичной альтерации тканей кожи и подлежащих мышц. В-третьих, обеспечивает раннюю стимуляцию ре-

паративных процессов в глубоких слоях дермы при участии макрофагов и лимфоцитов, которые определяют активацию фибробластов в области дна и краёв раны. Действие ПАЙЛЕР-света вызывает стимуляцию механизмов заживления за счет усиления пролиферации фибробластов, как в области дна, так и краев раны. Морфологически это проявлялось формированием активных грануляций, стимуляцией пролиферации и миграцией кератиноцитов, что способствовало эпителизации раневой поверхности. ПАЙЛЕР-свет обуславливает раннюю стимуляцию репаративной регенерации в глубине дермы – на границе с мышцами. В фазу грануляций он усиливает пролиферацию фибробластов и эндотелиоцитов, стимуляцию эпителизации раневой поверхности. Поляризованный свет, благодаря усилению пролиферации фибробластов и эндотелиоцитов и стимуляции эпителизации раневой поверхности с увеличением толщины эпидермиса на  $23,2 \pm 1,1$  % ( $p < 0,05$ ) относительно группы сравнения, ускоряет заживление ожоговой раны.

Объяснить полученные данные можно наличием в коже человека сенсоров электромагнитных полей, к которым относят активаторы плазминогена и протеины теплового шока. Они поддерживают гомеостаз эпителия и принимают участие в регенера-



ции кожи [1]. АТФ-азы мембран способны «абсорбировать» энергию электромагнитных волн и использовать ее для выполнения химической работы. Ферменты дыхательной цепи и цикла Кребса могут поглощать энергию инфракрасного диапазона. Абсорбция энергии и делокализация электронов приводит к взаимодействию протеинов и ДНК клетки. Таким образом, энергия электромагнитных полей (поляризованного света) действует непосредственно на клетки раневой поверхности и неповрежденных участков кожи, где она поглощается. Восстановление энергетического баланса клеток способствует стимуляции кератиноцитов, эндотелиоцитов и фибробластов, повышается способность восстанавливать пролиферацию и активировать систему репарации ДНК в поврежденных аутологических клетках. В результате прямой доставки квантов энергии к митохондриям происходит активация цитохромоксидазы, восстановление тканевого дыхания и синтеза АТФ, что важно для пластических процессов в ожоговой ране. Клеточная NO-синтаза является ферментом, который поглощает свет и при этом активируется, усиливая синтез оксида азота. Он, как мощный вазодилататор, способствует расширению мелких сосудов и улучшению микроциркуляции в ожоговой ране [1]. Происходит более физиологическая регенерация функции многих структур, расположенных в дерме (нервные окончания, потовые, сальные железы и волосные фолликулы).

В наших исследованиях поляризованный свет оказывал адаптационно-стимулирующее влияние на общую двигательную активность и мотивационные характеристики животных. Поддерживалась высокая способность активировать антиноцицептивные системы головного мозга, о чем свидетельствовали достоверное увеличение показателей, характеризующих состояние ЦНС (рост количества пересеченных животными квадратов на 338 % ( $p < 0,001$ ) и осмотренных отверстий на 204 % ( $p < 0,001$ ) относительно группы сравнения, снижение проявлений тревоги, страха и неуверенности. ПАЙЛЕР-свет положительно влиял на саногенетические механизмы регуляции функциональных взаимосвязей ЦНС, уменьшал боль, стресс-реакцию организма и клинические проявления энцефалопатии (рис. 2).

Именно в коже, которая богата нервными волокнами и окончаниями, начинается трансформация внешних электромагнитных полей поляризованного света в сигналы, которые влекут физиологические ответы. При умеренных раздражающих воздействиях периферическая секреция гормонов и гормоноподобных пептидов оказывает мощное стимулирующее действие на весь организм. Эти гормоны активируют рецепторы мембран клеток кожи, а также волокна соматических и вегетативных нервов.

Результаты проведенных исследований позволяют утверждать, что определенные участки кожи

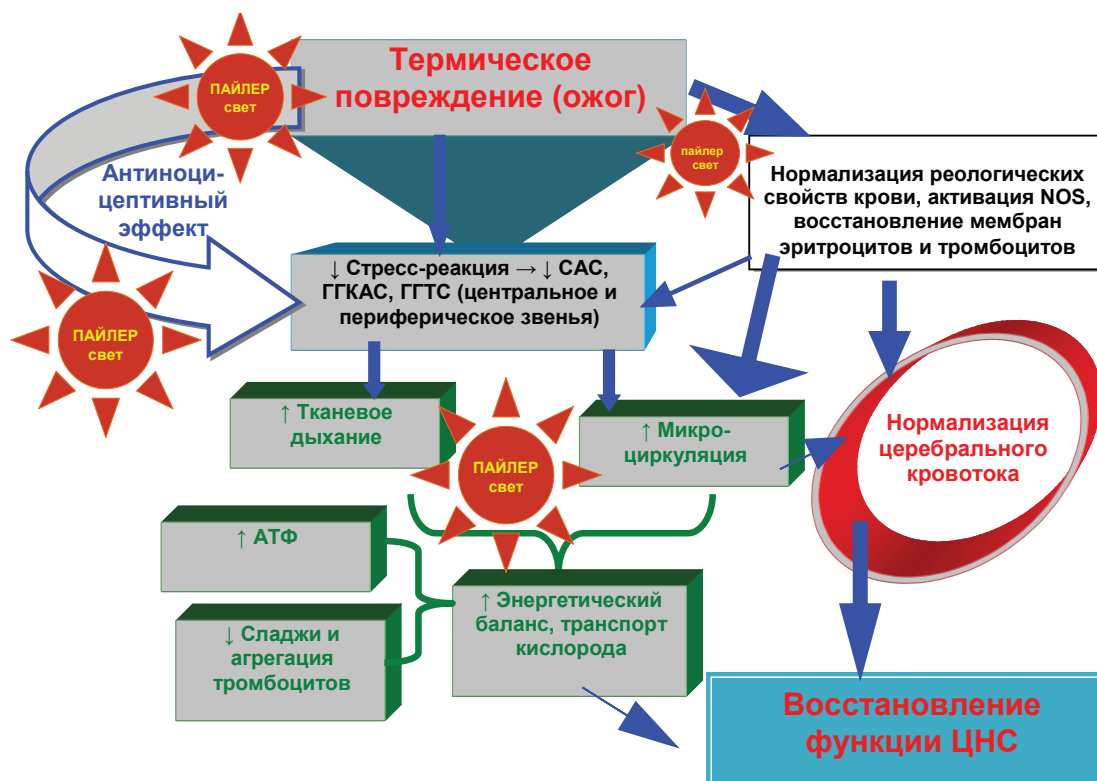


Рис. 2. Механизмы положительного действия поляризованного света на функциональное состояние центральной нервной системы при ожоговой болезни: стрелками (у показателей) показана направленность реакций

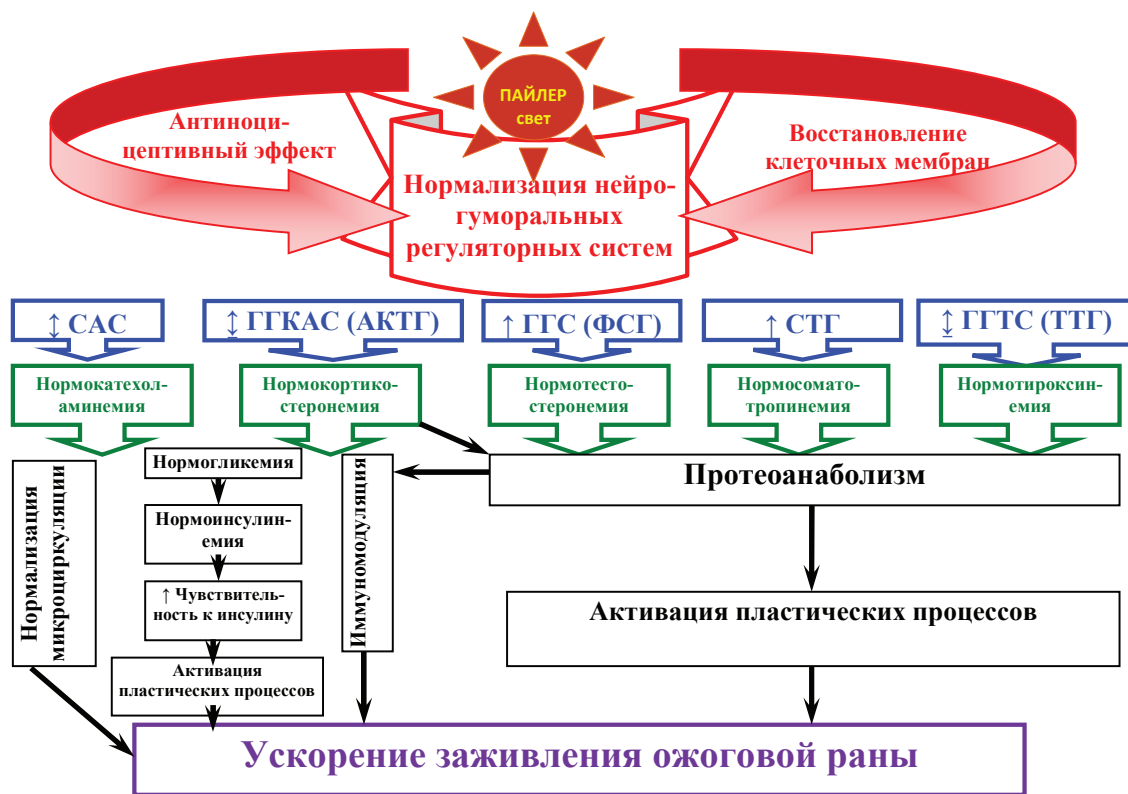


Рис. 3. Механизмы положительного действия поляризованного света на функциональное состояние нейрогуморальных регуляторных систем при ожоговой болезни: Стрелками (у показателей) показана направленность реакций

выполняют функции экстраокулярных фоторецепторов и являются частью сенсорной эоцептивной системы, которая обеспечивает взаимодействие организма с внешними электромагнитными волнами [1, 4]. При болевых синдромах можно проследить все звенья возникающих реакций, включая рецепторы электромагнитных волн поляризованного света на противоболевые (опиоидные) структуры ЦНС.

Результаты исследования убедительно говорят о положительном влиянии поляризованного света на состояние стрессорной ГКАС при ожогах. Это подтверждалось, во-первых, нормализацией активности центрального звена ГКАС (АКТГ), уровень которого был ниже на 26,9 % ( $p = 0,04$ ) относительно группы сравнения, во-вторых, предотвращением дезинтеграции и истощения периферического звена (Кс), уровень которого не отличался от интактных животных ( $p = 0,82$ ) и, в-третьих, сохранением их первоначальных взаимосвязей (то есть положительной связи между ними).

Это можно расценивать как положительное влияние поляризованного света на саногенетические механизмы регуляции взаимосвязей центрального и периферического звеньев ГКАС и адаптивный характер ее активации.

Полученные данные свидетельствуют и о положительном влиянии поляризованного света на

регуляцию центральных нейросекреторных процессов в гипоталамусе и секрецию в аденогипофизе, о чем свидетельствовало повышение содержания СТГ на 20 % ( $p = 0,02$ ) относительно группы сравнения. Это, в свою очередь, положительно влияло на репаративные процессы в ожоговой ране, поскольку СТГ как анаболический гормон положительно влиял на синтез белка и пластические процессы (что подтверждено морфологически и морфометрически). Отмечено положительное влияние поляризованного света на концентрацию инсулина в крови (был ниже на 20,6 % ( $p = 0,04$ ) относительно группы сравнения), что говорит о снижении ожоговой гипергликемии, возобновлении чувствительности тканей к инсулину и сбалансированности метаболических процессов под воздействием поляризованного света.

Анализ влияния поляризованного света на состояние стрессорной ГГТС показал нормализацию тиреотропной функции гипофиза (ТТГ был ниже на 47 % ( $p < 0,01$ ) относительно группы сравнения) и секреторной функции щитовидной железы ( $T_4$  был ниже на 40 % ( $p < 0,01$ ) относительно группы сравнения). Это говорит об антистрессорном влиянии поляризованного света, нормализации обмена веществ и сдвиге обменных процессов в сторону анаболизма, что по-

ложительно повлияло на регенерацию ожоговой раны. Отмечены сохранение физиологических взаимосвязей между центральным и периферическим звеньями ГГТС, нормализация индекса отношения АКТГ к ТТГ и отсутствие корреляций между их уровнями. Это указывает на положительное влияние ПАЙЛЕР-света на саногенетические механизмы регуляции взаимосвязей центрального и периферического звеньев ГГТС и адаптивный характер ее активации.

Установлено положительное влияние поляризованного света на состояние анаболической ГГС при ожогах. Об этом свидетельствовали повышение уровня ФСГ на 49 % ( $p = 0,01$ ), и тестостерона на 26 % ( $p = 0,02$ ) относительно группы сравнения. Повышение уровня ФСГ говорит о положительном влиянии ПАЙЛЕР-света на регуляцию центральных нейросекреторных процессов в гипоталамусе и секрецию ФСГ в аденогипофизе. Повышение уровня тестостерона свидетельствует о позитивном влиянии поляризованного света на синтетические процессы в семенниках, повышении их чувствительности к ФСГ, и о сдвиге обменных процессов в сторону анаболизма, что положительно влияло на синтез белка и регенерацию ожоговой раны. Отмечен параллелизм активации центрального и периферического звеньев

ГГС, что связано с сохранением их физиологических взаимосвязей (рис. 3).

Эффект экстраокулярной фототрандукции состоит в том, что физическое воздействие квантов поляризованного света на экстраокулярные фотосенсорные молекулы кожи и дальнейший их транспорт в таламус и гипоталамус ведет к процессам интеграции в нем. Этот механизм может быть существенным в системных реакциях как со стороны антистрессорной системы, так и иммунной. По нашим данным поляризованный свет оказывал модулирующее влияние на иммунную систему (рис 4).

Во-первых, отмечена нормализация абсолютного количества лейкоцитов (меньше на 26,4 % ( $p < 0,001$ ) относительно группы сравнения) без нейтрофильного сдвига, что указывало на отсутствие гнойных осложнений ожоговой раны.

Во-вторых, отмечена стимуляция клеточного звена иммунитета, а именно, увеличение натуральных киллеров на 27 % ( $p = 0,04$ ), В-лимфоцитов на 39 % ( $p < 0,001$ ), Т-лимфоцитов на 51 % ( $p = 0,001$ ), Т-хелперов на 47 % ( $p = 0,001$ ), Т-супрессоров на 68 % ( $p = 0,002$ ) относительно группы сравнения. Отмечена нормализация иммунорегуляторного индекса.

В-третьих, анализ функциональных свойств фагоцитов показал увеличение общей фагоцитар-

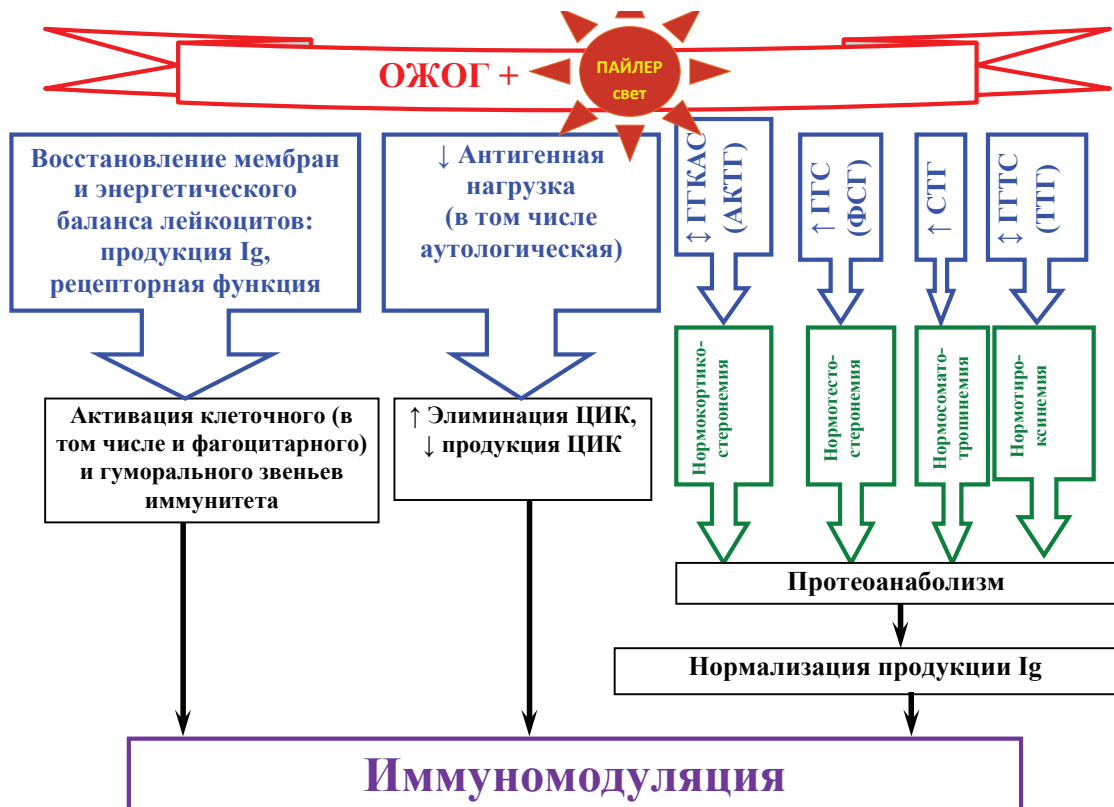


Рис. 4. Механизмы положительного действия поляризованного света на функциональное состояние иммунной системы при ожоговой болезни: Стрелками (у показателей) показана направленность реакций; ЦИК – циркулирующие иммунные комплексы, Ig – иммуноглобулины, остальные сокращения приведены в тексте

ной активності на 23,7 % ( $p < 0,001$ ) і фагоцитарного килінга на 73 % ( $p < 0,001$ ) відносно групи порівняння.

В-четвертих, в гуморальному звені імунітета відзначена нормалізація продукції Ig класу М (не відрізнявся від інтактних тварин на весь термін спостереження ( $p = 0,84; 0,29$  і  $0,21$ ) і стимуляція продукції Ig класів А і G (підвищення на 31 % ( $p = 0,04$ ) відносно групи порівняння) зі зниженням концентрації ЦИК на 30,3 % ( $p = 0,003$ ) відносно групи порівняння, що говорить про зменшення антигенної навантаження, елімінації антигенів і ЦИК з організму і модуляції аутоімунних процесів при опіку.

Приведені вище дані про позитивний вплив ПАЙЛЕР-світла на ослаблення проявлених опікової хвороби [8] свідчать про загальні закономірності процесу прискореної репарації [1-4]. За рахунок глибокого проникнення поляризованого світла в шкіру здійснюється неінвазивна фотомодифікація формених елементів і біохімічних компонентів крові. В лейкоцитах підвищується продукція іммуноглобулінів, відновлюються рецепторна і іммуномедіаторна функції. Зменшується дефіцит місцевого і системного імунітету в зоні опіку. Клітинні елементи крові, які відновлюють свою функцію, відрізняються від своїх попередників тим, що супроводжується генералізованим іммуномодулюючим відкликом. Ці ж механізми проявляються і на більш широкому полі патологічних станів (раневі процеси, пролежні, замороження, діабетичні порушення кровообігу і др. хірургічні захворювання) [5, 6].

### Висновки

Можливо констатувати, що дія поляризованого світла при дозованих опіках відкритим полем позитивно впливає на морфогенез опікової рани, функціональний стан ЦНС, нейрогуморальних регуляторних і імунних систем організму. Отримані дані, з однієї сторони, відкривають раніше невідомі механізми патогенезу опікової рани відкритим полем, з іншої сторони, слугують основою для світлотерапевтичної корекції і методичних рекомендацій надання медичної допомоги потерпілим з опіковою травмою при монотерапії, в комплексному лікуванні, для профілактики ускладнень і покращення реабілітації. Експериментально доведено, що поляризоване світло може бути використано для лікування і зменшення ступеня інвалідизації і летальності у потерпілих з опіками.

### Література

1. Антологія світлотерапії. Медичні Біоптрон-технології (теорія, клініка, перспективи) : збірник наук. трудов / гл. наук. ред. – проф. С. А. Гуляр. – Київ : ІФБ НАН України. – 2009. – 1024 с.
2. Брусницька М.В. БІОПТРОН-2 в комплексній інтенсивній терапії опіків обличчя і дихальних шляхів // Антологія світлотерапії / Збірник наук. трудов. – Київ: ІФБ НАН України, 2009. – С. 362-364.
3. Гуляр С.О. Застосування БІОПТРОН-ПАЙЛЕР-світла в медицині. / С.О. Гуляр, А.Л. Косаковський - Київ: ІФБ НАН України та КМАПО МОЗ України, 2006. - 152 с.
4. Гуляр С.А. Застосування БІОПТРОН-ПАЙЛЕР-світла в медицині / С.А. Гуляр, А.Л. Косаковський. - Київ: ІФБ НАН України та КМАПО МОЗ України, 2011. - 256 с.
5. Гуляр С.А. БІОПТРОН-світлотерапія і ресурси її застосування в хірургії / С.А. Гуляр // Фотобіологія та фотомедицина, 2012. - 9, № 1-2. - С. 16-30.
6. Маньковська І.Н. Вплив поляризованого світла на розвиток раневого процесу в експерименті і клініці / І.Н. Маньковська, С.А. Гуляр // Антологія світлотерапії : Збірник наук. трудов. - ІФБ НАН України, 2009. – С. 276-282.
7. Пат. 52390 Україна, МПК G09B 23/28 (2006.01). Спосіб моделювання дозованого термічного опіку / В. М. Сельський, Г. К. Кривобок, Ю. Я. Крюк, Л. П. Лінчевська, А. І. Дегонський, Ю. І. Стрельченко; заявник і патентовласник Донецький національний медичний університет ім. М. Горького МОЗ України. - № 201001899; заявл. 22.02.10; опубл. 25.08.10, Бюл. № 16.

8. Стрельченко Ю. І. Патогенетичні механізми опікової травми та можливість їх корекції поляризованим світлом (експериментальні дослідження). Автореф. дис... канд. медичних наук. - Донецьк, 2013. - 20 с.
9. Guillot M. Physiotherapy for the treatment of scarring due to serious burns / M. Guillot // 12th Congress of the European Burns Association : Abstracts. – Budapest, 2007. – P. 8.
10. Monstrey S. A conservative approach for deep dermal burn wounds using polarised-light therapy / S. Monstrey, H. Hoeksema, H. Saelens [et al.] // Br. J. Plast. Surg. - 2002. - 55. - P. 420-426.
11. Oliveira P.C.. Evaluation of the effects of polarized light ( $\lambda$  400-2000 nm) on the healing of third-degree burns in induced diabetic and nondiabetic rats / P.C. Oliveira, A.L. Pinheiro, I.C. de Castro. // Photomed. Laser Surg. – 2011. – 29, № 9. – P. 619-625.
12. Peck M. D. Epidemiology of burns throughout the world. Part I: Distribution and risk factors / M. D Peck. // Burns. – 2011. – 37, № 7. – P. 1087-1100.
13. Shah A. Epidemiology and profile of pediatric burns in a large referral center / A. Shah, S. Suresh, R. Thomas [et al.] // Clinic. Pediatr. (Phila). – 2011. – 50, № 5. – P. 391-395.
14. Yao Y. The epidemiology of civilian inpatients' burns in Chinese military hospitals, 2001-2007 / Y. Yao, Y. Liu, J. Zhou [et al.] // Burns. – 2011. – 37, № 6. – P. 1023-1032.



**МОНОТЕРАПІЯ ОПІКІВ ПОЛІХРОМАТИЧНИМ ПОЛЯРИЗОВАНИМ СВІТЛОМ:  
ФІЗІОЛОГІЧНІ МЕХАНІЗМИ**

Стрельченко Ю. І.<sup>1</sup>, Гуляр С. О.<sup>2,3</sup>, Єльський В. М.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Донецький національний медичний університет імені М. Горького,

<sup>2</sup>Інститут фізіології імені О. О. Богомольця НАН України,

<sup>3</sup>Інтернаціональний медичний інноваційний центр, Київ

Розроблено валідну експериментальну модель дозованого опіку шкіри для вивчення впливу поляризованого світла на перебіг дозованих опіків відкритим полум'ям з можливістю регулювання її основних параметрів. Надані характеристики виразності та особливості перебігу запальної реакції, розвитку й динаміки зростання грануляцій та процесу епітелізації опікової рани і показано позитивний вплив поляризованого світла на регенерацію опікової рани та швидкість її загоєння. Зокрема встановлено: зменшення глибини альтерації дерми й вторинної альтерації тканин шкіри й підлеглих м'язів, активацію механізмів обмеження запалення, активацію та посилення проліферації фібробластів, активацію формування грануляцій та неоангіогенезу, стимуляцію проліферації, міграції кератиноцитів та епітелізації ранової поверхні під впливом поляризованого світла. Було показано виражені антиноцицептивний, антистресорний та адаптаційно-стимулюючий ефекти поляризованого світла на функціональний стан ЦНС при дозованих опіках відкритим полум'ям. Встановлено гіперактивацію центральної й периферичної ланок стресорних гіпоталамо-гіпофізарно-кортикоадrenalової (ГГКА) й гіпоталамо-гіпофізарно-тиреоїдної (ГГТ) систем з дезінтеграцією їх взаємозв'язків, пригнічення центральної й периферичної ланок гіпоталамо-гіпофізарно-гонадної системи (ГГС) й синтезу соматотропного гормону (СТГ) при опіках. Доведено позитивний вплив поляризованого світла на саногенетичні механізми регуляції взаємозв'язків та адаптивний характер активації стресорних ГГКА та ГГТ систем та анаболічної ГГГ системи та синтезу СТГ. Спостерігалось пригнічення клітинної (у тому числі фагоцитарної) та гуморальної ланок імунної системи при опіках та модулюючий вплив поляризованого світла на їх стан із стимуляцією клітинної (у тому числі фагоцитарної) та нормалізацією гуморальної ланок імунітету.

**Ключові слова:** опікова травма, поляризоване світло, центральна нервова система, гіпофізарно-кортикоадrenalолова система, імунна система.

**MONOTHERAPY OF BURNS BY THE POLYCHROMATIC POLARIZED LIGHT:  
PHYSIOLOGICAL MECHANISMS**

Iurii Strelchenko<sup>1</sup>, Sergey Gulyar<sup>2,3</sup>, Victor Jelski<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Donetsk National Medical University,

<sup>2</sup>Bogomoletz Institute of Physiology of National Academy of Sciences of Ukraine,

<sup>3</sup>International Medical Innovation Center, Kiev, Ukraine

Valid experimental model of dosed burn trauma by open flame was developed with possibility of adjusting of their basic parameters. New pathogenetic links of standard burn trauma by open flame were discovered. Inflammatory characteristic of burn wound, mechanisms, intensity and course of inflammatory reaction, of granulations and epithelization were discovered and characterized. New pathogenetic positive mechanisms of polarized light influence on burn trauma regeneration were investigated. Depth of skin alteration limitation, mechanisms of inflammation limitation, fibroblasts and keratinocytes proliferation, forming of granulations and neoangiogenesis activating were discovered. The polarized (PILER) light has adaptation-stimulant influence on motivational descriptions. Also there were system anaesthetic, antistressing and general stimulant effects. The PILER-light has high ability to activate the antinociceptive system of brain with correction of process of inflammation. Hypothalamus-hypophysis-thyroid and hypothalamus-hypophysis-adrenal systems posttraumatic activation were observed. Disintegration of these systems was discovered. The polarized light has a normalizing influence on the posttraumatic changes of the hypothalamus-hypophysis-thyroid and hypothalamus-hypophysis-adrenal systems. The polarized light activate the sanogenetic mechanisms of regulation of interactions of central and peripheral links of the neuroendocrine system. Posttraumatic immunosuppression was observed. Cell and humoral links of immune system were depressed. Processes of inflammation modulation with a tendency to normalization of absolute amount of leucocytes (polymorphonuclear neutrophiles and monocytes) was registered. Phagocytic and humoral links activation with general phagocytic activity and individual phagocytic killing stimulation were registered.

**Key words:** burn trauma, polarized light, PILER-light, central nervous system, hypophysis-adrenal system, immune system.