

БИОПТРОН-СВЕТОТЕРАПИЯ И РЕСУРСЫ ЕЕ ПРИМЕНЕНИЯ В ХИРУРГИИ

Гуляр С.А.

Институт физиологии имени А.А.Богомольца НАН Украины
ул.Богомольца, 4, Киев, Украина, 01024, e-mail: gular@zepter.ua
Интернациональный медицинский инновационный центр, Киев

Обзор посвящен характеристике сфер эффективного применения поляризованного полихроматического света с ближним инфракрасным компонентом (480-3400 нм) в хирургии. Физиотерапевтический арсенал дополнился аппаратами БИОПТРОН, создающими новый лечебный фактор электромагнитной природы (ПАЙЛЕР-свет). Он обладает прямым регенеративным действием, способностью модификации компонентов форменных элементов и плазмы крови, соединительно-тканной сети. Разработаны также методики его неинвазивного использования. Применение ПАЙЛЕР-света целесообразно в послеоперационном периоде для ускорения заживления ран, травматических повреждений и посттравматических последствий, в т.ч. осложненных раневой инфекцией и расстройствами микроциркуляции. Выявлено, что ПАЙЛЕР-свет уменьшает болевую реакцию, вызванную тонической, острой и висцеральной болью. Наиболее эффективным является красно-инфракрасный диапазон поляризованного света.

Клинически доказана возможность уменьшения болевого, воспалительного, отеочного, аллергического, иммунодефицитного и др. синдромов за счет участия ПАЙЛЕР-света в прямой фотомодификации поверхностных структур, гемического, рефлексотерапевтического и зонально-транспортного механизмов.

Ключевые слова: раны, травмы, раневая инфекция, трофические язвы, боль, иммунитет, аппарат БИОПТРОН, ПАЙЛЕР-свет

Введение

Хирургические технологии характеризуются сочетанием инвазивных и анестезиологических акций, фармакологической премедикации и реанимации, реабилитации послеоперационной травмы, восстановления целостности тканей и функций. Если исход оперативного вмешательства основан на искусстве специалиста и возможностях специализированной техники, а его обеспечение – на массированном медикаментозном воздействии, то последующий период зависит от возможностей организма, которые, в свою очередь, могут определяться многими факторами. Среди них существенными являются те, которые могут содействовать более быстрому и качественному заживлению, ослаблению воспаления, отека, избыточного рубцеобразования и болевого синдрома. В последние годы публикуется все больше экспериментально-клинических работ, посвященных оценке эффективности применения полихроматического поляризованного света [10] для ускорения репаративных процессов.

Физиотерапевтические мероприятия в силу интенсивности их ведущих факторов (электромагнитные поля, перепады температуры, механические воздействия и др.), как правило, применяются в позднем периоде после операций. Однако оптимизация ранозаживления и восстановления системной резистентности требует как можно более раннего начала их применения. Поэтому использование низкоинтенсивных бесконтактных неповреждающих методик приобретает все большую популярность.

К их числу относится блок светотерапевтических воздействий, ведущим фактором которых является тот или иной диапазон видимого света с рассеянным или упорядоченным направлением движения электромагнитных волн (квантов). Источники света от солнечного до ламп накаливания имеют анизотропное излучение в широком спектральном диапазоне. Светодиодные источники имеют узкий спектральный диапазон; их излучение также не поляризовано. Лазерные аппараты создают поток поляризованного света

достаточной мощности, однако его очень узкий спектральный диапазон (в пределах долей нанометра), а также малая площадь светового пятна (до 1 см²) запускает биологические ответы, специфические именно для такого диапазона. Аппараты БИОПТРОН создают расширенный по площади (от 12,3 до 177 см²) световой поляризованный поток, который имеет полихроматические и монохроматические диапазоны (ПАЙЛЕР/PILER - Polarized Incoherent Low Energy Radiation). Именно эти свойства позволяют получить результаты, удовлетворяющие клиническим запросам.

Цель настоящего обзора – охарактеризовать современное состояние новой физиотерапевтической технологии, основанной на применении аппаратов БИОПТРОН, в частности, механизмы биологического действия ПАЙЛЕР-света и результаты его клинического использования в хирургической практике.

Источник и механизмы действия ПАЙЛЕР-света

ПАЙЛЕР-свет создается аппаратами БИОПТРОН (производитель ВІОРТРОН АG, ZЕРТЕР GROUР, Швейцария) трех модификаций – БИОПТРОН-Компакт (Медолл), БИОПТРОН-ПРО-1 и БИОПТРОН-2, отличающихся лишь диаметрами светового луча (рис. 1). Физические характеристики света одинаковы. Ведущими биотропными параметрами ПАЙЛЕР-света являются поляризованность (до 95%), полихроматичность (480-3400нм), некогерентность и низкоэнергетичность (40 мВт/см² с расстояния 10см). В базовом спектре ПАЙЛЕР-света ультрафиолетовое излучение отсутствует, в связи с чем им можно воздействовать на слизистую оболочку или рану. В зависимости от цвета светофильтра, который может применяться с аппаратом БИОПТРОН (красный, оранжевый, желтый, зеленый, голубой, синий, фиолетовый) или без основного фильтра (УФ-ПАЙЛЕР 320 нм), существует возможность получить поляризованный монохроматический свет соответствующей части видимого или ультрафиолетового спектра.

Исследования последних лет показали, что действие поляризованного полихроматического света на организм человека вызывает широкий ряд таких разнообразных профилактических и лечебных эффектов, как активация процессов регенерации, угнетение воспаления, нормализация иммунных процессов, десенсибилизация, анальгетическое, вазоактивное, вегетотропное, психотропное действие и др. [15, 17, 28]. Появились возможности обогатить комплексное послеоперационное лечение, улучшить уход за ослаблен-

ными пациентами с помощью назначения разнообразных режимов светотерапии.

В основе механизма действия поляризованного света лежат биологические реакции на молекулярном уровне, которые могут возникнуть только при поглощении кванта света. Энергия поглощенных квантов в биологических молекулах изменяет их энергетическое состояние. Это дает возможность согласованно действовать многочисленным ферментам, которые находятся в живых клетках, и обеспечивает в них обмен веществ, который имеет решающее значение для процессов восстановления нормальных функций соответствующих структур. Экспериментально установлены основные механизмы лечебного действия ПАЙЛЕР-света [9]. Локальным механизмом является восстановление функций клеток кожи или слизистых оболочек в зоне светового воздействия. К системным относятся чрескожная фотомодификация клеточных и белковых структур капиллярной крови и других органов кожи, а также активация рефлексогенных зон (точек акупунктуры) [12, 24]. Например, при действии поляризованного света на очаг боли существенно активируются противоболевые системы мозга одновременно с коррекцией процесса воспа-



Рисунок 1. Внешний вид аппаратов БИОПТРОН [9, 15, 17]

ления, уменьшением отека, усилением микроциркуляции и т.п. [32]. В механизме анальгетического и других вариантов системного действия поляризованных световых электромагнитных волн участвует система соединительной ткани, в частности, коллагеновые структуры, имеющие свойства жидких кристаллов [62]. Таким образом, биологическое действие поляризованного света проявляется на молекулярном, клеточном и системном уровнях.

Общеклинические направления применения ПАЙЛЕР-света

Клиническими критериями эффективности ПАЙЛЕР-светотерапии при хирургических, ортопе-

дических и др. оперативных вмешательствах могут быть названы снижение частоты и интенсивности болей, улучшение заживления послеоперационных ран, ускорение регенерации вялозаживающих ран, меньшее рубцеобразование и др. Дополнительное значение имеют положительная динамика в восстановлении функции конкретных органов, данных, полученных с помощью регистрирующей аппаратуры, улучшение или нормализация гемограммы, биохимических и иммунных показателей крови и внутренней среды и др.

Значительное количество заболеваний хирургического профиля в связи с поверхностным расположением очагов патологии имеет прямые показания для ПАЙЛЕР-светотерапии. К ним относятся послеоперационные и гранулирующие раны, травматические повреждения и воспалительные процессы в опорно-двигательном аппарате и др. Следствием курсовой светотерапии является ускорение заживления ран, улучшение эпителизации, снижение болевого синдрома и сокращение общего периода выздоровления [15, 17, 50, 59, 63, 78 и мн. др.]. В механизме ускорения ранозаживления существенное значение имеет фагоцитозактивирующее, ростостимулирующее [38, 72, 84] и противомикробное [16] действие ПАЙЛЕР-света независимо от спектральных диапазонов. При политравме ускорение консолидации переломов, рассасывание гематом, отеков, в т.ч. легких и мозга, уменьшение болевых синдромов и т.п. достигается влиянием света на участки повреждения, рефлексогенные и сегментарные зоны. Как правило, ПАЙЛЕР-светотерапия сочетается с лечением другими фармакологическими и физиотерапевтическими средствами. В зависимости от площади поверхности, которая подлежит лечению, применяются аппараты БИ-ОПТРОН с разным диаметром светового пятна.

Альгетическое действие ПАЙЛЕР-света

Объективная оценка альгетического действия у человека осложняется наличием психоэмоциональных проявлений и различием индивидуальной чувствительности к боли. Поэтому используются модели тонической, острой или висцеральной боли на лабораторных животных [9, 27, 30]. Экспериментально установлено (рис. 2), что ПАЙЛЕР-свет действует на противоболевые точки акупунктуры, активируя опиоидную систему мозга [26, 32, 61]. В зависимости от продолжительности (4, 8 и 10 мин) освещения точки акупунктуры E-36 ПАЙЛЕР-светом, альгезия тонической боли составляла 32,7; 33 и 50 %. Та-

кая альгезия не зависела от стороны приложения, составляя 50; 51,2 и 43,1 % (слева, справа и слева+справа), а зависела от локализации точки акупунктуры, например, для V-60 альгезия составила 34,4 %, а для зоны без точки акупунктуры – 33,2 %. Выявлена также возможность профилактического применения ПАЙЛЕР-света для снижения болевых приступов или последствий травмирующих манипуляций. В частности, соматическая боль снижалась на 31,5 % (точка акупунктуры E-36), а висцеральная - на 87,3; 76,6; 61,7; 59,4 и 39,5 % (точки акупунктуры VC-8, E-36, RP-6 и E-43 – за 10 мин до создания очага

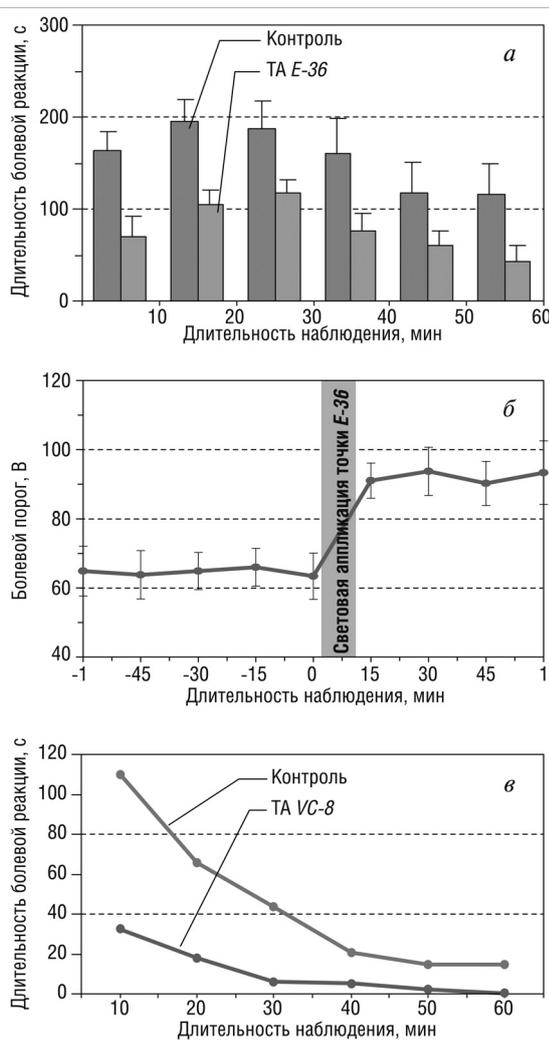


Рисунок 2. Влияние полихроматического поляризованного ПАЙЛЕР-света аппарата Биоптрон на тоническую (а), острую (б) и висцеральную (в) боль в эксперименте [9, 13, 14 24, 25, 27, 61].

ТА – точка акупунктуры

боли). Сравнительная экспериментальная оценка противоболевой эффективности поли- и монохроматического ПАЙЛЕР-света показала, что аналогичный неполяризованный свет также вы-

зывает анальгетический эффект, однако он заметно менее выражен [24, 25]. В значительном числе случаев, особенно при воздействии на очаг боли, эффективность монохроматической светотерапии (красная колортерапия) превышает анальгезию от белого ПАЙЛЕР-света, достигая 64,1 % [13, 14]. Новая интересная профилактическая возможность возникла в связи с феноменом анальгезии после предварительного воздействия на точки акупунктуры [29].

Светотерапевтическая анальгезия может сочетаться с другими анальгетическими воздействиями (фармакотерапия пониженными дозами анальгетиков, массаж, тепловые процедуры и т.п). Комбинированный подход позволяет обеспечить несколько путей получения анальгетического эффекта, что важно в сложных клинических случаях. В случаях, когда болевой синдром возникает преимущественно в результате локального воспалительного процесса, в острой фазе целесообразно местное использование с противовоспалительной целью синего или голубого ПАЙЛЕР-света. Углубленный эффект достигается продолжительным действием ПАЙЛЕР-света на зоны тела и применяется для получения дополнительного местного и иммуномодулирующего результатов, для оптимизации функции сегментарных и надсегментарных отделов нервной системы [11, 13-15, 17].

У 57 пациентов с дискогенными радикулопатиями (компрессия корешков грыжей, остеофитами, миофасциальный синдром) в процессе курсовой локальной ПАЙЛЕР-терапии выявлено уменьшение болевого синдрома либо наступление стойкой анальгезии, нормализация периферических рефлексов без существенного влияния на артериальное давление и частоту сердечных сокращений. У 87 % больных (49 человек) после первой процедуры возникла анальгезия, сохранявшаяся в течение двух-трех часов после ее окончания. После 5-ти процедур благодаря стойкой анальгезии у 17-ти человек (29 %) лечение было прекращено, после 10-ти – у 23 человек (40 %), после 12 – у 14 (25,5 %). У пятерых больных улучшения не наступало, причем у 4-х из них была найдена дисковая грыжа и они были направлены на оперативное лечение [2]. Снижение болевых ощущений в опорно-двигательном аппарате при травматических и воспалительных расстройствах показано в работах Stasinopoulos D. [81], которые зафиксировали, что прямое действие ПАЙЛЕР-света на очаг боли эффективно при эпикондилитах, карпальных синдромах, синовитах, артритах, невритах, остеохондрозах,

болезни Рейно и др. Имеются данные заметной анальгезии ожоговых ран, особенно при смене повязок [15]. Экспериментально показано, что анальгетические возможности зональной светотерапии (через очаг боли) составляют 30-35% при том, что при рефлексотерапевтической (через противоболевые точки акупунктуры) – 50-64% [11, 13, 14]. Если учесть, что при аналогичной методике измерения опиаты создают 80%-е обезболивание, то становится понятной существенность ПАЙЛЕР-анальгезии, а ее неинвазивность и отсутствие фармакологических нагрузок могут поставить ее в один ряд с применяемыми технологиями [15, 17].

Раневой процесс и поляризованный свет

Управление течением раневого процесса является одной из самых актуальных комплексных проблем современной биологии и медицины. Медицинские аспекты этого вопроса связаны с разработкой мер, способствующих заживлению и лечению ран, а биологические - с механизмами адаптации, регенерации, воспаления и иммунологической реактивности. Важность создания оптимальных условий для заживления ран усиливается в ситуациях, замедляющих этот процесс (травматизация, диабетическая ангиопатия, трофические расстройства и др.).

Экспериментальные и клинические исследования в этих целях поляризованного света свидетельствуют только о положительных результатах лечения ран при мощности излучения 20-50 мВт/см² (He-Ne-лазер: 632 нм; Ar: 488 и 514 нм; БИ-ОПТРОН: 480-3400 нм) [21, 22, 43, 64-66, 69]. Однако ответ на вопрос, какие именно свойства лазерного излучения - монохроматичность, когерентность, поляризация, мощность являются решающими до сих пор окончательно еще не получен. Была выдвинута гипотеза, раскрывающая физическую природу «биостимулирующего» эффекта поляризованного света, согласно которой именно поляризация влияет на этот феномен [60]. Согласно этой гипотезе, сила электрического поля линейно-поляризованного света изменяет конформацию липидного бислоя клеточных мембран, переориентируя полярные головки липидов, переводя структуру липидного бислоя в более упорядоченное состояние и модифицируя липидно-белковые взаимоотношения в мембране. Конформационные изменения липидного бислоя мембран могут влиять на все биологические функции последних, включая «распознавание» антител, гормонов и других биологически актив-

ных веществ, регуляцию биохимических клеточных процессов, активный и пассивный транспорт ионов и метаболитов, трансмиссию и конверсию энергии (например, окислительного фосфорилирования), передачу информации (нейротрансмиттеры). Таким образом, «биостимулирующий» эффект в зоне световой аппликации, в основном, зависит от поляризованности света и реализуется через его влияние на иммунные процессы и энергообразование в клетках.

Есть много оснований полагать, что этот механизм лежит в основе клинической эффективности поляризованного света, воздействующего на поверхностные биологические структуры. Аппараты БИОПТРОН с успехом применяются в дерматологической практике для лечения микробных, вирусных и аллергических дерматитов, акне, фурункулов и др. [9, 75]. Благоприятные клинические результаты были получены и при лечении ПАЙЛЕР-светом кожных ран с торпидным течением, которые не поддавались заживлению с помощью традиционной терапии [52, 65, 66]. Этиологическими факторами образования таких ран (пролежней, язв) были диабетическая ангиопатия, облитерирующий эндартериит, варикозное расширение вен, посттромботический синдром, хронический остеомиелит. Было показано, что под влиянием ПАЙЛЕР-света ускорялось заживление ран, уменьшались боли, не наблюдалось гиперпродукции рубцовой ткани.

Для понимания механизмов патогенеза раневого процесса и модифицирующей роли поляризованного света в нем необходимо учитывать фазность раневого процесса. Классификация R. Ross (1978), основанная на гистологических, гистохимических и электронно-микроскопических данных, выделяет три фазы заживления кожных ран: воспаление; пролиферация или регенерация и ремоделирование или реорганизация [70]. Первые две фазы связаны, в основном, с образованием грануляционной ткани (ГТ), последняя фаза характеризуется созреванием рубцовой ткани.

К морфологическим проявлениям кожного раневого воспаления относят гиперемию, отек и экссудацию, локальный некроз, лейкоцитарную инфильтрацию [19, 23, 44, 76]. При заживлении кожных ран на ранних стадиях воспаления преобладающими клеточными элементами, инфильтрирующими кожу, являются полиморфноядерные нейтрофилы (PMNs), очищающие рану от микробов, инородных тел и продуктов распада тканей [6, 19, 34]. Мощными хемоаттрактантами для PMNs являются клеточные и гуморальные факторы, стимулируемые действием травмы,

а именно - АДФ, энзимы, цитокины, включая различные факторы роста, а также калликреин, фибринопептиды, продукты метаболизма арахидоновой кислоты и др. [3, 46]. В свою очередь, осуществляемое нейтрофилами клеточное повреждение происходит благодаря секреции и продукции таких медиаторов, как цитокины, протеазы, эйкозаноиды, оксид азота, хемокины и кислородные радикалы [46, 71, 77]. На более поздних стадиях раневого процесса (уже в период формирования молодой грануляционной ткани) в зону воспаления мигрируют лимфоциты и моноциты (последние трансформируются в ране в макрофаги) - клетки, играющие ключевую роль в реализации функций неспецифического и специфического иммунитета и регенерации кожи [57, 70]. В то же время недавно было показано, что усиленная макрофагальная реакция способствует прогрессированию воспалительного каскада за счет высвобождения провоспалительных цитотоксических медиаторов – таких, как интерлейкины 1α и 1β , фактор некроза опухолей (TNF), протеолитические ферменты (коллагеназа, стромелизин), 5-липооксигеназа, свободные кислородные радикалы, оксид азота [45, 51, 58, 80, 82].

Заживление раны, несомненно, может рассматриваться как ангиогенез-зависимый процесс, т.к. новообразованная грануляционная ткань состоит преимущественно из макрофагов и фибробластов, «заключенных» в высоко васкуляризованный экстрацеллюлярный матрикс. Очевидно, что скорость заживления раны прямо пропорциональна образованию молодой грануляционной ткани [80]. Давно предполагалось, что макрофаги обладают способностью выделять индукторы ангиогенеза, стимулирующие пролиферацию эндотелиоцитов и рост сосудов [47, 76]. Однако лишь в последнее время эти гипотетические индукторы ангиогенеза были идентифицированы как различные факторы роста (фактор роста, выделенный из тромбоцитов, PDGF; базальный фибробластический фактор роста bFGF; эпидермальный фактор роста EGF; трансформирующий фактор роста бета TGF β), имеющие стимулирующий эффект на образование ГТ [46].

Итак, заживление ран всегда связано с развитием воспалительной реакции и формированием ГТ. Однако, позже для закрытия раны и ее эпителизации требуется декомпозиция экстрацеллюлярного матрикса и сокращение (деваскуляризация) ГТ. Клетка, которая ответственна за этот процесс - это дермальный фибробласт [83]. В этот период количество фибробластов обратно пропорционально выраженности неоваскуляри-

заци раны [54]. Проліферація фібробластів обов'язково передв'язує розвиток колагенових волокон в м'якій ГТ, що означає наступлення фази ремоделювання рани. С увеличением и уплотнением колагеновых волокон в зоне раны пропорционально уменьшается количество фибробластов, еще быстрее происходит деваскуляризация ГТ [57]. В фазе реорганизации ведущими процессами являются констрикция и эпителизация раневого дефекта.

Морфологическая база регенеративного действия ПАЙЛЕР-света при лечении ран первично основывалась на изучении раневой секреции посредством цитологической идентификации мазков [52]. В этой работе было отмечено, что лечение ран с помощью ПАЙЛЕР-света в достаточной степени стимулирует клеточные механизмы защиты против бактерий, интенсифицируя бактериофагоцитоз, реализованный нейтрофилами, а также включает другие уровни клеточной защиты, осуществляемой плазматическими клетками, лимфоцитами и моноцитами. Была также показана мобилизация более глубоких иммунологических гуморальных механизмов, включая активацию иммунопротеинов - иммуноглобулинов А, М, G, α_2 -макроглобулина, трансферрина, α_1 -антитрипсина, α_1 -липопротеина. Был сделан вывод о том, что применение ПАЙЛЕР-света можно рассматривать как триггерное воздействие (специфическое или неспецифическое) на клеточные мембраны лейкоцитов, индуцирующее цепь иммунологических реакций, направленных на элиминацию бактерий и очищение раны. Bolton и соавт. [48, 49] в серии экспериментальных исследований, проведенных на культуре клеток U-937, показали, что экспозиция этих клеток под ПАЙЛЕР-светом сопровождается высвобождением ряда веществ, предположительно различных факторов роста, стимулирующих пролиферативную активность фибробластов. Freidlin и соавт. [53] продемонстрировали, что применение ПАЙЛЕР-света стимулирует активность факторов роста в крови здоровых добровольцев, а также обнаружили, что эта фотомодифицированная плазма оптимизирует пролиферацию фибробластов мышей, эндотелиоцитов и кератиноцитов, репарацию ДНК в поврежденных лимфоцитах человека. Эти факты дают основание полагать, что применение ПАЙЛЕР-света может оказывать стимулирующее влияние на продукцию факторов ангиогенеза, пролиферацию фибробластов и репаративные процессы в коже при заживлении ран.

Анализ прямых эффектов терапевтических доз (4,8-9,6 Дж/см²) ПАЙЛЕР-света у челове-

ка выявил немедленное увеличение фагоцитоза (моноцитарного и нейтрофильного), аккумуляцию бактерицидных катионных белков в гранулоцитах, а также улучшение реологических показателей крови, лиганд- и кислородсвязывающей способности эритроцитов [72]. Установлено влияние ПАЙЛЕР-света на механизмы ускорения заживления, а именно - на стимуляцию миграции кератиноцитов и пролиферацию фибробластов и эндотелиоцитов [47, 79]. Имеются данные и о том, что аппликации ПАЙЛЕР-света уменьшают накопление фиброзной ткани и способствуют обратному развитию рубцовых изменений при заживлении ран, т.е. их применение эффективно и на третьей стадии раневого процесса [52].

Изменения активности клеточных структур кожи сопровождаются усилением микроциркуляции в зоне освещения. Это подтверждается исследованиями Самойловой и соавт. [37] объемной скорости кровотока в микрососудах верхних и нижних конечностей, проведенными методом высокочастотной ультразвуковой доплерографии у здоровых лиц и больных сахарным диабетом 2-го типа, осложненного полинейропатией. Было показано, что под действием поляризованного света в диапазоне 385-1700 нм через 2 мин после аппликации на пояснично-крестцовую зону (12 Дж/см²) объемная скорость кровотока увеличивалась на 20-29 % в удаленных от зоны освещения тканях — коже кистей рук, что свидетельствовало об улучшении микроциркуляции на системном уровне. Достигнув максимума через 30 мин (на 32-35 %), она снижалась через 24 ч и вновь возрастала при повторных сеансах. Аппликации света на стопы сопровождались столь же быстрым возрастанием в них местного кровотока с максимумом (на 41-47 %) через 30 мин. Средний прирост кровотока на региональном и системном уровне был сходным. Повышение объемной скорости кровотока развивалось на фоне снижения ее чувствительности к внутрикожному введению с помощью ионофореза растворов ацетилхолина и нитроглицерина. Это означает, что свет влияет как на эндотелий-зависимую, так и эндотелий-независимую вазодилатацию. Степень увеличения кровотока через 2 мин после прямого и дистантного действия света превосходила таковую после внутрикожного введения 0,1 % раствора нитроглицерина и была сопоставима с величиной максимального прироста после ионофореза 0,3 % раствора ацетилхолина, хотя скорость достижения максимума была ниже. По мнению авторов световое воздействие инициирует появление эндогенных вазодилататоров, прежде всего, оксида азота.

Таким образом, применение ПАЙЛЕР-света приводит к клиническому улучшению течения раневого процесса, усилению микроциркуляции, повышению иммунологической и неспецифической резистентности. В зависимости от фазы, в

сразу после наложения швов или после ее очищения (рис. 3).

Эффективность ПАЙЛЕР-света в послеоперационном периоде

Многочисленные клинические работы, в которых ПАЙЛЕР-свет использовался как монотерапевтическое средство или в составе комплексного лечения, подтвердили его эффективность. Применительно к относительно неосложненным раневым процессам (стерильная послеоперационная или ушибленная рана, ожог 1-2 степени и т.п.) чаще всего использовались ежедневные 1-2-разовые 10-минутные световые аппликации, как правило, с применением стерильного кислородного аэрозоля (оксиспрей). Так, при комплексном лечении 507 травматологических больных 261 пациент получал комплексное лечение, которое включало светотерапию, а у 246 пациентов с аналогичными состояниями лечение проводилось по традиционной схеме. Выявлено заметное местное противоотечное, противовоспалительное и противоболевое действие поляризованного света. Это улучшало репаративные процессы и укорачивало сроки заживления [35]. У 170 пациентов основной и 116 пациентов контрольной группы, которым проводилось лечение по поводу воспалительных заболеваний, травм костей и мягких тканей, пластических и косметических операций, было установлено, что применение световых ПАЙЛЕР-аппликаций сокращало сроки лечения при острых процессах в челюстно-лицевой области на 2,6 суток. После оперативных вмешательств, связанных с рассечением и ушиванием мягких тканей, было отмечено, что после светотерапии улучшалось качество послеоперационных рубцов: образовывалось 69,6 % тонких рубцов, 30,4 % – средних и 0 % широких (в контроле соответственно 17,2; 69,0 и 13,8 %, $P < 0,05$). При лечении травматических повреждений челюстно-лицевой области отмечено укорочение сроков консолидации костных отломков на 3,8 сут, что соответственно сокращало период последующей реабилитации. Для переломов скуловой кости срок временной нетрудоспособности сокращался на 1,8 сут, переломов костей носа – 2,0 сут. При лечении ушибов, ссадин, ран мягких тканей сроки эпителизации сокращались на 20-30 %. У 90 % всех пациентов был отмечен анальгетический эффект, и во всех случаях не выявлено гнойно-воспалительных осложнений [1]. После оперативных вмешательств на ЛОР органах (подслизистая резекция перегородки носа, пластика внешнего носа, тимпаноластика, санитизирующие операции на ухе, ультразвуковая дезинтеграция нижних носовых раковин, тонзилэктомия,

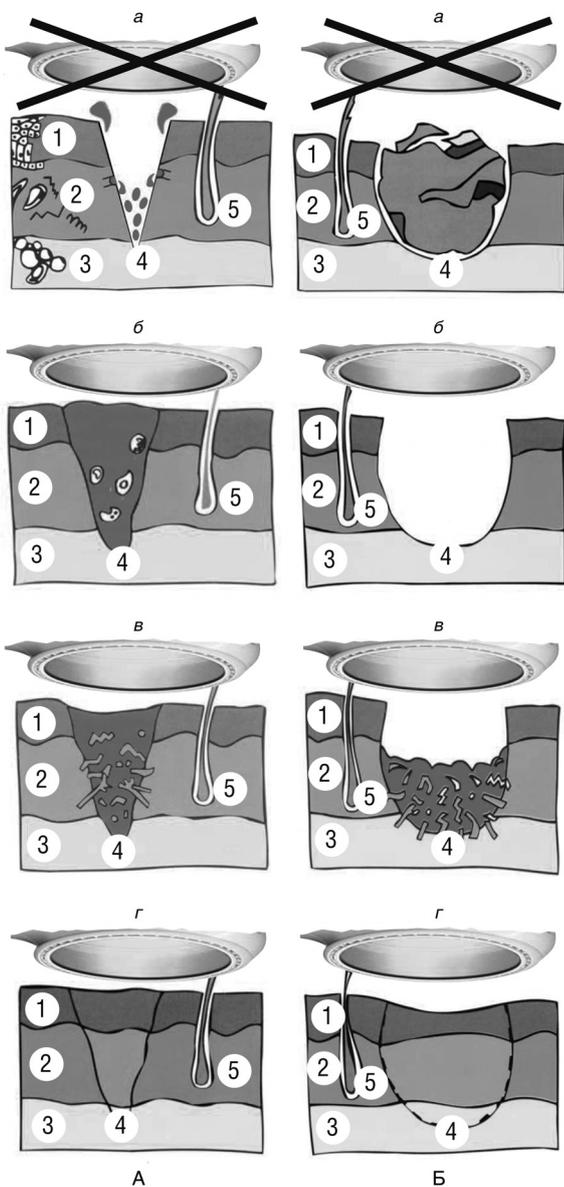


Рисунок 3. Фазы раневого процесса с учетом возможности применения ПАЙЛЕР-света [33]:

- А – неосложненная рана: а) повреждение, б) грануляция, в) рубцевание, д) эпителизация;
- Б – хроническая (инфицированная) рана: а) до очищения, б) после очищения, в) фаза грануляции, г) после эпителизации;
- 1 – эпидермис, 2 – дерма, 3 – подкожная клетчатка, 4 – полость раны, 5 – корень волоса.

Для каждой фазы сверху обозначена целесообразность применения аппарата биофотон

которой находится раневой процесс, оптимальным сроком начала светотерапии является период перед фиксацией на ране стерильной повязки, т.е.

удаление папиллом гортани, пластика гортани) ПАЙЛЕР-свет использовался у 52 детей в возрасте 2-14 лет. Вследствие курсового лечения (10-30 сут) отмечено существенное уменьшение отека слизистой оболочки, ускорение процессов регенерации [21]. Клиническое значение усиления микроциркуляции можно увидеть на примере ускорения рассасывания послеоперационного отека и внутритканевых кровоизлияний при косметических операциях. Наблюдалось 45 пациентов, у которых выполнялся фейс-лифтинг, 67 - блефаропластика и 350 с другими вмешательствами. Например, изменения в коже лица после двухсторонней блефаропластики оценивались путем сопоставления состояния идентичных послеоперационных зон, одна из которых обрабатывалась ПАЙЛЕР-светом. В этом случае ускоренное исчезновение последствий наблюдалось у 71,64 % пациентов [50].

Статистически достоверное ускорение заживления глубоких ожогов было доказано в работе Monstrey et al. [67, 68]. У 67 пациентов с обширными ожогами II-IIIa степени пять независимых исследовательских групп получили сходные результаты. Они состояли в том, что ежедневное применение ПАЙЛЕР-света на область ожога в течение 6 мин (аппарат Биоптрон-2) 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 суток против 41 суток). У 20 пациентов, имевших стандартные донорские раны, было показано, что ПАЙЛЕР-свет достоверно снижает воспалительную реакцию, ускоряет качество грануляций, эпителизацию, улучшает самочувствие и раннее рубцеобразование [67].

В работе М.В. Брусницыной [5] применялся ПАЙЛЕР-свет у 48-ми пациентов с ожогами лица и дыхательных путей в условиях отделения интенсивной терапии на фоне обычных методов общего и местного лечения. Установлено, что применение световой терапии (аппарат БИОПТРОН-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.

В экспериментах с моделированием ожога на животных с последующим воздействием ПАЙ-

ЛЕР-светом была выявлена модуляция воспалительной реакции (рис.4). В частности, наблюдалась нормализация числа полиморфноядерных и моноцитарных лейкоцитов в отличие от контрольной группы с лейкоцитозом, что свидетельствовало об отсутствии вторичной бактериальной инфекции. Отмечались также стимуляция лимфоцитарного звена иммунитета с увеличением абсолютного количества натуральных киллеров и В-лимфоцитов, а также активация Т-клеточного звена иммунитета с увеличением как абсолютного, так и процентного числа Т-хелперов и Т-супрессоров. Установлено усиление фагоцитарного звена иммунитета, проявляющегося в стимуляции общей фагоцитарной активности и отдельного фагоцитарного килинга [42]. ПАЙЛЕР-свет оказывал нормализующее действие на центральное звено гипоталамо-гипофизарно-надпочечниковой системы, обеспечивая экономии внутриклеточной энергии в отличие от энергомобилизации (протекатаболизм, гипергликемия, рост кислородного запроса) в контроле. Поэтому концентрация АКТГ была ниже контроля на 26,6 %, содержание кортикостероидов – на 35,6 % ниже ($p < 0,001$), а через трое суток показатели составили 26,9 и 83 % соответственно. Это свидетельствовало о восстановлении межцентральных взаимодействий, которое способствовало повышению чувствительности нейросекреторных клеток гипоталамуса к периферическим гормонам, что определяло торможение секреции кортикотропин-релизинг-фактора и, соответственно, АКТГ [41].

Зависимость динамики раневого процесса от состояния иммунитета является общеизвестной, хотя роль локальных и общих механизмов, активируемых поляризованным светом, окончательно еще не выяснена. С этой целью возможности иммунокоррекции после оперативного лечения инфильтративно-протоковой формы рака молочной железы I-II стадии (мастэктомия) изучались на 19 больных ($54,0 \pm 4,3$ лет) [20]. Курсовая 7-суточная светотерапия ПАЙЛЕР-светом (аппарат БИОПТРОН-2) предотвращала вызванное операцией снижение количества моноцитов, естественных киллеров, общей фракции CD3+-Т-лимфоцитов, CD4+-Т-хелперов, активированных Т-лимфоцитами (CD3+HLA-DR+клеток), содержания IgA, а также скорости внутриклеточного лизиса фагоцитированных нейтрофилами бактерий. Одновременно более быстро нормализовывался послеоперационный лейкоцитоз, активировались цитотоксические CD8+-Т-лимфоциты и снижались высокие концентрации низкомолекулярных циркулирующих иммунных комплексов. Установлено, что оперативное вмешательство вызывало

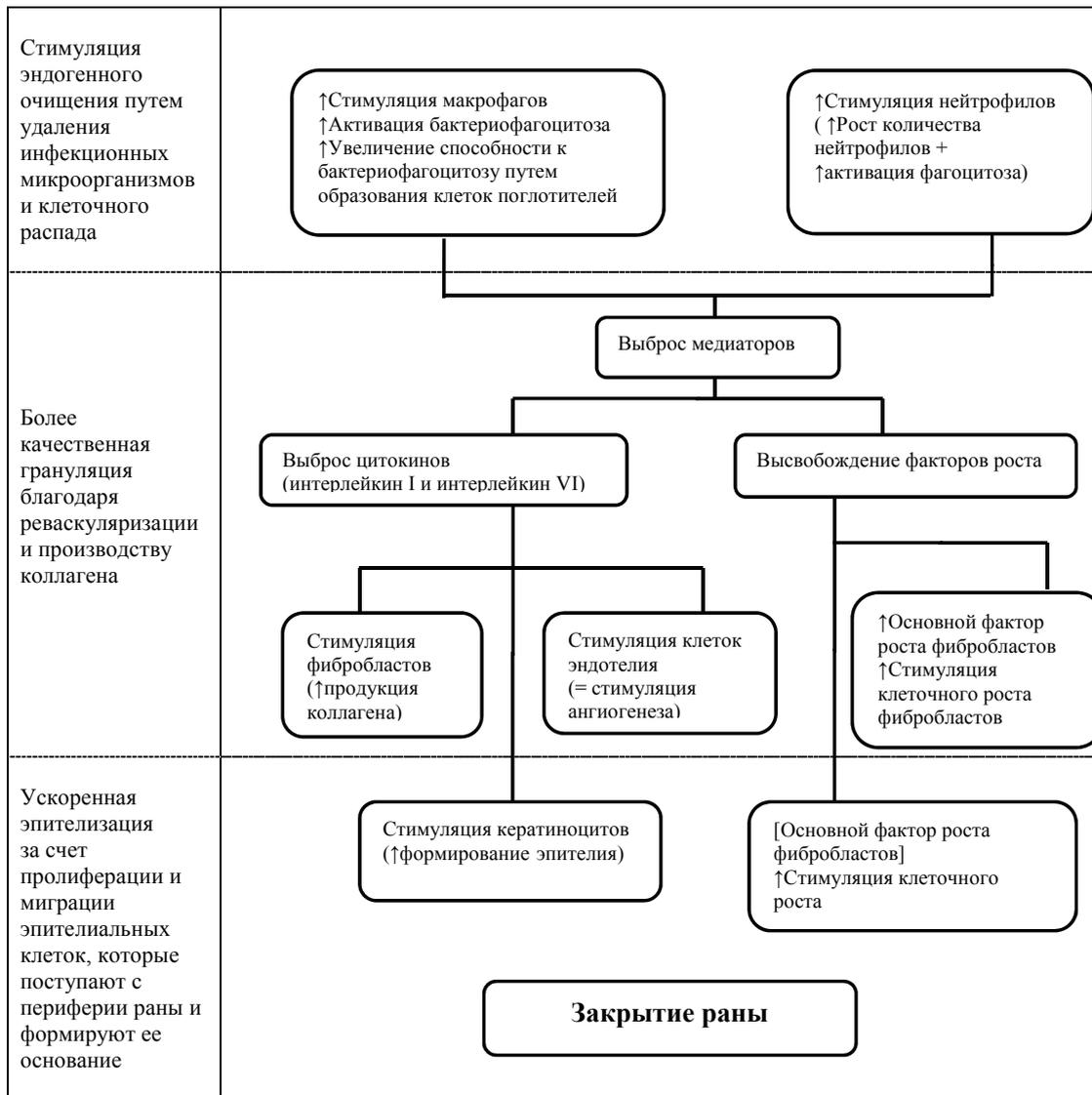


Рисунок 4. Физиологические и патофизиологические механизмы заживления ожоговой раны [41, 42]

значительное увеличение двух из шести изученных цитокинов (IL-1 β , TNF- α , IL-6, IL-10, IFN- γ и IFN- α): IL-6 (через 1 сут) и IFN- γ (через 7 сут). Курс светотерапии вызывал снижение содержания этих двух провоспалительных цитокинов до исходных значений. В дальнейшем за 4-летний период наблюдений не было обнаружено рецидивов заболевания и развития метастазов. Авторы связывают положительные эффекты поляризованного света с транскутанной модификацией компонентов крови и развитием общестимулирующего системного иммуномодулирующего действия [72-74].

Раневой процесс, осложненный вторичной инфекцией

Ряд патологических состояний поверхностных структур, когда инициирующие их микроорганизмы локализуются на грани «ткань-атмосфера», представляется наиболее перспективным для све-

тотерапии. Клинические данные о ее применении при заболеваниях кожи и слизистых оболочек свидетельствуют о том, что облегченный доступ к микрофлоре патологического очага существенно снижает его обсемененность. В частности, экспериментально установлено, что после прямых 10-минутных световых аппликаций как полихроматического, так и монохроматического ПАЙЛЕР-света наблюдалось торможение роста кокковых колоний на 50-60 % и уменьшение их количества на 70-90 % (p<0,001). Ингибирующий и бактерицидный эффект сине-ультрафиолетовой части спектра был более выраженным. Все это улучшало состояние раневой поверхности и сокращало сроки лечения воспалительных заболеваний десен [16].

Этот механизм является одним из основных, которые способствуют ослаблению и деградации гнойно-септических поражений. Он является наиболее щадящим при комплексном лечении инфи-

цированных ран, абсцессов, остеомиелита и т.п., поскольку негативное резорбтивное, токсическое, аллергизирующее и т.п. действие препаратов, а также развитие устойчивых форм микроорганизмов, общеизвестны. Установлено, что саногенные эффекты ПАЙЛЕР-света состоят в уменьшении химической нагрузки при обеспечении аналогичного лечебного результата [15-17, 31]. При комплексном лечении ПАЙЛЕР-аппликации проводятся перед применением наружных средств [18]. Как правило, экспозиция составляет 10 мин на раневую, иммунонормализующую или противоболевую зоны, на глубинные структуры – 10-20 мин. Целесообразно применение кислородного аэрозоля (оксиспрей). Для дополнительного антиинфекционного действия применяются короткие (по 2-4 мин) сеансы ПАЙЛЕР-света с ультрафиолетовой составляющей (аппараты биофотон без УФ-фильтра). Такую методику применяли многие авторы, например, в работе Iordanou et al. [59] приведены результаты лечения пролежней у 55 пациентов. Авторы показали, что поляризованный свет ускорял эпителизацию пролежней 1-3 степени через неделю лечения на 30,9 % (контроль – 5 %, $p=0,02$), после семи суток - еще на 21,7 % (контроль – 3,1 % $p=0,003$). Количество раневого экссудата также достоверно уменьшалось: $p<0,001$ и $p<0,002$ соответственно, а средняя площадь ран сократилась через 14 суток с 2, 84 до 2, 26 cm^2 ($p<0,001$) при контрольных данных 2,1 и 2,04 cm^2 .

Показательны результаты монотерапии поляризованным полихроматическим светом трофических язв голени. В исследовании Medenica [63] у 25 пациентов, имевших 73 язвы, ежедневно местно применялся ПАЙЛЕР-свет. Через месяц после начала курса полное заживление наступило для 51 язвы (57,15 %, $p<0,01$), для остальных - существенное уменьшение размеров язв, скорость их редукции составила 3,53 cm^2 в неделю. При более значительных сосудистых нарушениях (тромбофлебит), а также в случае наличия осложнений сахарного диабета (ангиопатия, облитерирующий ангиосклероз) с хронической недостаточностью кровообращения световые аппликации применялись в составе комплексного лечения с детралексом, фраксипарином, алпростаном, сахароснижающими препаратами и др. [43]. В этом случае такое лечение становилось

эффективным даже при поражении глубоких вен. В целом, положительный эффект наблюдали уже через 10 суток, а через 15 суток пациенты отмечали значительное уменьшение цианоза, боли, жжения, зуда, судорог, увеличение интервалов между приступами перемежающейся хромоты, улучшение показателей свертываемости крови и др.

При хронических инфицированных раневых процессах существенное негативное значение имеет адаптация микрофлоры к антимикробным препаратам и прогрессирующее ослабление локальной и общей иммунорезистентности. В этих условиях физические факторы, имеющие ранозаживляющее и иммуновосстановительное действие, могут сыграть ведущую роль. Примером таких взаимоотношений является остеомиелит, который рассматривается как сумма местных (в ране и сегменте) и органических нарушений. Авторы специального клинического исследования [4, 36] считают, что в развитии воспалительной реакции при травматическом остеомиелите активно участвуют цитокины, оксид азота, фактор агрегации тромбоцитов, активированные эндотелиальные клетки, а гемодинамические нарушения приводят к гипоксии тканей в очаге воспаления. В комплекс мероприятий для лечения гнойных осложнений при травмах была включена ПАЙЛЕР-светотерапия, которую применяли в предоперационном и послеоперационном периодах. Это обусловило благоприятное течение послеоперационного периода, сокращение сроков пребывания на стационарном

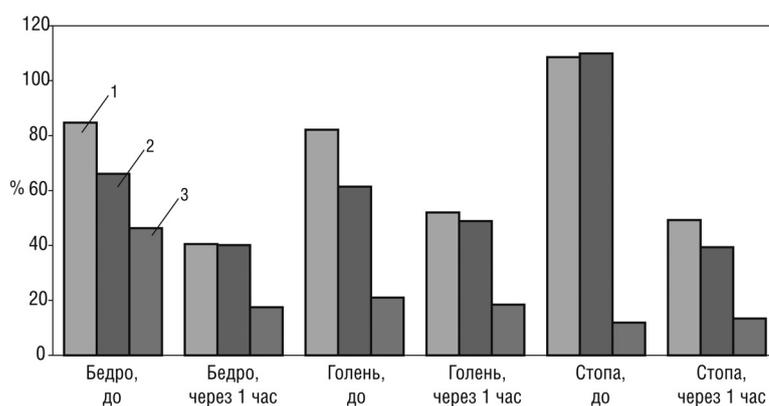


Рисунок 5. Динамика реовазографических показателей (коэффициентов асимметрии между здоровой и больной конечностями) перед и через 60 мин после ПАЙЛЕР-терапии [4, 36]:

По вертикали: коэффициент асимметрии в %, по горизонтали: 1 – ДКИ (Ka), межамплитудный показатель инцизуры (коэффициент асимметрии); 2 – ДСИ (Ka), межамплитудный показатель диастололической волны (коэффициент асимметрии); 3 – РК (Ka), показатель тонуса артерий (коэффициент асимметрии)

лечения до 17,7 суток (21,5 суток – контроль, $p<0,05$), стойкую ремиссию и восстановление тру-

доспособности в 77,4 % случаев. Все это сопровождалось улучшением состояния травмированной конечности (уменьшение отека, воспаления, очищение раны, своевременное гранулирование, ранняя эпителизация), нормализацией показателей крови, иммунитета, а также оптимизировало условия для последующей кожной пластики дефектов травматического происхождения (рис. 5).

Преимущества ПАЙЛЕР-света, когда включаются все механизмы его действия (стимуляция регенерации, активация микроциркуляции, иммунонормализация, обезболивание и др.), особенно проявляются при заболеваниях со сложным патогенезом, охватывающим труднообратимые расстройства нескольких систем. К таким относится ВИЧ-инфекция, ведущим симптомом которой является иммунодепрессия с сопутствующими системными заболеваниями, плохим заживлением ран и т.д. Наблюдалось 658 пациентов с наркотической зависимостью, из которых 154 были ВИЧ-инфицированными (38,7 %) и имели гнойно-септические осложнения (постинъекционные флегмоны, некрозы и т.п.) [22]. Алгоритм комплексной терапии включал оперативное вмешательство с санацией очага инфекции, рациональную антибиотикотерапию, эндолимфатическую и непрямую лимфотропную терапию, инфузионно-детоксикационную терапию и физиотерапевтические методы, включавшие применение поляризованного света (аппарат биофотон). В результате эффективность лечения повысилась по сравнению со стандартной терапией, что подтверждалось уменьшением длительности пребывания больных в стационаре в 1,8 раза, снижением летальности с 11,6 % (при хронических гнойно-септических осложнениях) и 21,7 % (в контрольной группе) до 6,3 % (у больных с хроническими гнойно-септическими осложнениями).

Новым шагом в лечении инфицированных ран является совместное использование поляризованного света и фотосенсибилизаторов, которые им активируются. Применительно к фотодинамической терапии преимущественно поверхностных опухолей установлено, что избирательное накопление в них фотосенсибилизаторов (порфирины, фталоцианины, хлорины) и последующее их освещение поляризованным светом с определенной длиной волны, соответствующей пику поглощения препарата, ведут к образованию в очагах патологии синглетного кислорода и свободных радикалов. Они, в свою очередь, вызывают деструктивные изменения в клеточных мембранах и органеллах, которые ведут к гибели раковых клеток [7, 8, 40, 55, 56]. Этот механизм оказался

действенным при гнойно-воспалительных процессах мягких тканей. В частности, аппликации раствором фотосенса с последующей (через 24 часа) обработкой красным поляризованным светом показали возможность сокращения сроков лечения на 35 % при обширных трофических язвах сосудистой этиологии, в том числе диабетической, абсцессах и флегмонах, пролежнях [39].

Большинство авторов, применявших ПАЙЛЕР-свет, пришли к заключению о его эффективности преимущественно в послеоперационном периоде для ускорения заживления ран, травматических повреждений и посттравматических последствий [9, 15, 17]. Перечень таких состояний содержит асептические, гранулирующие и инфицированные раны, ожоги, отморожения, пролежни, осложнения ангиопатий и трофических расстройств, воспалительные инфильтраты и околораневые дерматиты, переломы костей, растяжения и разрывы мышц и связок, вывихи, политравмы, гематомы, ушибы и инфильтраты мягких тканей, острые и хронические тендовагиниты, синовиты и бурситы, болевые синдромы, обусловленные артритами, остеохондрозом, мочекаменной болезнью, спастическими или воспалительными состояниями внутренних органов. Основанием для включения в указанный список показаний является экспериментально и клинически доказанная эффективность ПАЙЛЕР-света для уменьшения болевого, воспалительного, отека, аллергического, иммунодефицитного и др. синдромов за счет участия прямой фотомодификации поверхностных структур, гемического, рефлексотерапевтического и зонально-транспортного механизмов [15, 17]. Противопоказания обусловлены, в основном, особенностями патологических процессов. Например, при остром тромбозе из-за улучшения реологических показателей крови при прямом действии света возникает угроза смещения тромба, при острых хирургических заболеваниях органов брюшной полости ослабление болевого синдрома может дезориентировать при принятии решения о необходимости оперативного лечения.

Методические особенности ПАЙЛЕР-терапии применительно к конкретным процессам описаны авторами [9, 15, 17]. Дополнительно отметим, что при лечении инфицированных ран в активной фазе с наличием гноя сначала целесообразно раскрытие, удаление некротических и разложившихся тканей, а затем применение ПАЙЛЕР-света [18, 22], в том числе с УФ-компонентом (при снятом штатном фильтре). В случае глубоких раневых полостей, внутреннего геморроя и т.п. возможно использование тубусных приставок к аппарату БИОФТОН-компакт.

Литература

1. Безруков С.Г. Двухлетний опыт использования аппаратов БИОНИК и БИОПТРОН в клинике челюстно-лицевой и пластической хирургии / С.Г.Безруков, В.Н.Кириченко // Антология светотерапии. Сборник научных трудов.- Киев: ИФБ НАН Украины, 2009.- С. 349-353.
2. Беланович Е.В. ПАЙЛЕР-световая терапия вертеброгенного болевого синдрома // Антология светотерапии / Сборник научных трудов.- Киев: ИФБ НАН Украины, 2009.- С. 353-354.
3. Бережная Н.М. Нейтрофилы и иммунологический гомеостаз.- К.: Наук.думка, 1988.- 212 с.
4. Бодаченко К.А. Консервативна терапія в комплексному лікуванні хронічного посттравматичного остеомієліту довгих кісток кінцівок: Автореф. дис. канд. мед. наук.- Київ, 2008.- 22с.
5. Брусницына М.В. БИОПТРОН-2 в комплексной интенсивной терапии ожогов лица и дыхательных путей // Антология светотерапии / Сборник научных трудов.- Киев: ИФБ НАН Украины, 2009.- С. 362-364.
6. Воложин А.И. Динамика раневого процесса ран кожи, нанесенных лазером и скальпелем в эксперименте / А.И.Воложин, С.Я.Меркулов, В.И.Елисеенко, Н.А.Данилин // Бюл. эксперим. биологии и медицины.- 1991.- 111, № 6.- С. 666-668.
7. Гамалея Н.Ф. Фотосенсибилизированное порфиринами действие лазерного излучения на клетки солидного рака Эрлиха у мышей./ Н.Ф.Гамалея, В.Н.Залесский, Т.Ю.Басс, К.Н.Соловьев, Г.Д.Егорова // Экспер. онкология.- 1983.- 5, № 4.- С. 70-73.
8. Гамалія Н.Ф. Підвищення ефективності фотодинамічної терапії пухлин шляхом застосування колоїдного золота / Н.Ф.Гамалія, І.О.Лісняк, І.В.Прокopenko та ін. // Фотобіологія та фотомедицина.- 2010.- 7, № 1-2.- С. 67-75.
9. Гуляр С.А. (Гл. ред). Антология светотерапии. Медицинские БИОПТРОН-технологии (теория, клиника, перспективы) // Сборн. научн. трудов.- Киев: ИФБ НАН Украины.- Киев, 2009. - 1024 с.
10. Гуляр С.А. Библиография и анализ публикаций по БИОПТРОН-светотерапии и колортерапии // Антология светотерапии / Сборн. научн. трудов.- Киев: ИФБ НАН Украины, 2009.- С. 917-978.
11. Гуляр С.А. Боль и БИОПТРОН: лечение болевых синдромов поляризованным светом./ С.А.Гуляр, Ю.П.Лиманский, З.А.Тамарова - Киев: Цептер.- 2000.- 80 с.
12. Гуляр С.А. Механізми первинної рецепції електромагнітних хвиль оптичного діапазону / С.А.Гуляр, Ю.П.Лиманський // Фізіол. журнал - 2003. - 49, № 2. - С. 35-44.
13. Гуляр С.А. Боль и цвет: лечение болевых синдромов цветным поляризованным светом./ С.А.Гуляр, Ю.П.Лиманский, З.А.Тамарова - Киев-Донецк: БИО-СВЕТ.- 2004.- 122 с.
14. Гуляр С.А. Колортерапия боли: лечение болевых синдромов цветным поляризованным светом./ С.А.Гуляр, Ю.П.Лиманский, З.А.Тамарова - Киев: ИФБ НАНУ.- 2007.- 128 с.
15. Гуляр С.О. Застосування БИОПТРОН-ПАЙЛЕР-світла в медицині / С.О.Гуляр, А.Л.Косаковський (ред). - Київ: ІФБ НАН України та КМАПО МОЗ України, 2006.- 152 с.
16. Гуляр С.А. Влияние поли- и монохроматического света на рост микроорганизмов на твердых питательных средах / С.А.Гуляр, Е.А.Украинская, Г.И.Лесик, О.Ф.Толочина, Ю.В.Чаленко // Антология светотерапии. Сборн. научн. трудов.- Киев: ИФБ НАН Украины, 2009.- С. 802-824.
17. Гуляр С.А. Применение БИОПТРОН-ПАЙЛЕР-света в медицине./ С.А.Гуляр, А.Л.Косаковский - Киев: ИФБ НАНУ и НМАПО МЗ Украины, 2011.- 256 с.
18. Десятерик В.І. Використання поляризованого світла в гнійно-септичній хірургії/ В.І.Десятерик, С.П.Міхно, Ю.М.Кривицький, С.О.Костюк // Клін. хірургія.- 2002.- № 9.- С. 34-36.
19. Ефимов Е.А. Посттравматическая регенерация кожи.- М.: Медицина, 1976.- 168 с.
20. Жеваго Н.А. Эффективность полихроматического видимого и инфракрасного излучения в послеоперационной иммунореабилитации больных раком молочной железы / Н.А.Жеваго, К.А.Самойлова, Н.И.Давыдова и др.// Вопросы курортологии, физиотерапии и лечебной физической культуры.- 2012.- № 4.- С. 23-32.
21. Косаковский А.Л. Опыт использования поляризованного некогерентного света у детей с ЛОР-заболеваниями в послеоперационном периоде // Антология светотерапии. Сборн. научн. трудов.- Киев: ИФБ НАН Украины, 2009.- С. 514-517.
22. Краснослободский А.И. БИОПТРОН-светотерапия в комплексном лечении хирургических гнойно-септических осложнений // Антология светотерапии. Сборн. научн. трудов.- Киев: ИФБ НАН Украины, 2009.- С. 518-523.
23. Кузин М.И., Костюченко Б.М. Раны и раневая инфекция.- М.: Медицина, 1990.- 591 с.
24. Лиманський Ю.П. Дослідження анальгетичної дії поляризованого світла на точки акупунктури / Ю.П.Лиманський, З.А.Тамарова, С.О.Гуляр, Е.Г.Бідков // Фізіол. журнал- 2000. - 46, № 6.- С. 105-111.
25. Лиманський Ю.П. Пригнічення вісцерального болю дією низькоінтенсивного поляризованого світла на протибольові точки акупунктури/Ю.П.Лиманський, З.А.Тамарова, С.О.Гуляр // Фізіол. журнал- 2003. - 49, № 5.- С. 43-51.
26. Лиманский Ю.П. Научные основы акупунктуры / Ю.П.Лиманский, С.А.Гуляр, И.З.Самосюк // Рефлексотерапия.- 2007.- 20, № 2.- С. 9-18.
27. Лиманский Ю.П. БИОПТРОН-анальгезия: 1. Феномен анальгезии при действии ПАЙЛЕР-света аппарата БИОПТРОН на точку акупунктуры / Ю.П.Лиманский, С.А.Гуляр, З.А.Тамарова, О.И.Костюк, В.А.Митрузаева // Антология светотерапии. Сборн. научн. трудов.- Киев: ИФБ НАН Украины, 2009.- С. 184-189.
28. Лиманский Ю.П. БИОПТРОН-анальгезия: 2. Сравнительная оценка противоболевого дей-

- ствия поляризованного и неполяризованного света / Ю.П.Лиманский, С.А.Гуляр, З.А.Тамарова // Антология светотерапии. Сборн. научн. трудов.- Киев: ИФБ НАН Украины, 2009. – С. 190-203.
29. Лиманский Ю.П. БИОПТРОН-анальгезия: 5. Роль симметричности точек акупунктуры, предварительности воздействия ПАЙЛЕР-светом и орошения зоны аппликации препаратом «ОКСИСПРЕЙ» / Ю.П.Лиманский, С.А.Гуляр, З.А.Тамарова // Антология светотерапии. Сборн. научн. трудов.- Киев: ИФБ НАН Украины, 2009. – С. 216-224.
30. Лиманский Ю.П. БИОПТРОН-анальгезия: 6. Действие ПАЙЛЕР-света на кратковременную острую боль / Ю.П.Лиманский, С.А.Гуляр, З.А.Тамарова // Антология светотерапии. Сборн. научн. трудов.- Киев: ИФБ НАН Украины, 2009. – С. 225-234.
31. Лиманский Ю.П. БИОПТРОН-анальгезия: 7. Эффективное подавление тонической боли сочетанием действия поляризованного света и низких доз анальгетиков / Ю.П.Лиманский, С.А.Гуляр, З.А.Тамарова // Антология светотерапии. Сборн. научн. трудов.- Киев: ИФБ НАН Украины, 2009. – С. 235-246.
32. Лиманский Ю.П. БИОПТРОН-анальгезия: 10. Участие опиоидэргической системы в аналгетическом действии поляризованного света на противоболевую точку акупунктуры / Ю.П.Лиманский, С.А.Гуляр, З.А.Тамарова // Антология светотерапии. Сборн. научн. трудов.- Киев: ИФБ НАН Украины, 2009. – С. 266-275.
33. Маньковская И.Н., Гуляр С.А. Влияние поляризованного света на развитие раневого процесса в эксперименте и клинике // Антология светотерапии. Сборн. научн. трудов.- Киев: ИФБ НАН Украины, 2009. – С. 276-282.
34. Мяделец О.Д. Динамика популяции нейтрофильных лейкоцитов при заживлении кожной раны, нанесенной в разных условиях температурного гомеостаза / О.Д.Мяделец, Е.Ф.Пчельникова, А.Ф.Суханов // Бюл. эксперим. биологии и медицины.- 1993.- 65, № 4.- С. 440-443.
35. Попов В.А. Досвід застосування поляризованого світла в травматології та ортопедії / В.А.Попов, А.В.Білоноженко, В.В.Масюк // Антология светотерапии. Сборн. научн. трудов.- Киев: ИФБ НАН Украины, 2009.– С. 604-606
36. Рушай А.К. Практические результаты и обоснование применения ПАЙЛЕР-терапии у пострадавших с посттравматическим остеомиелитом / А.К.Рушай, К.А.Бодаченко, В.П.Танцюра // Антология светотерапии / Сборн. научн. трудов.- Киев: ИФБ НАН Украины, 2009.– С. 611-619.
37. Самойлова К.А. Улучшение микроциркуляции крови у больных диабетом после локального облучения полихроматическим видимым светом и сочетанным видимым и ближним инфракрасным светом / К.А.Самойлова, М.А.Меншутина, Е.Ю.Васина и др.// Регионарное кровообращение и микроциркуляция.- 2006.- 18, № 2.- С. 69-77.
38. Самойлова К.А., Жеваго Н.А. Механизмы оздоровительного и лечебного действия полихроматического видимого и ближнего инфракрасного света // Антология светотерапии. / Сборн. научн. трудов.- Киев: ИФБ НАН Украины, 2009.– С. 299-303.
39. Странадко Е.Ф. Фотодинамическая терапия гнойно-воспалительных заболеваний мягких тканей // Фотобиология та фотомедицина.- 2011.- 8, № 2.- С. 14-19.
40. Странадко Е.Ф. Фотодинамическая терапия в лечении злокачественных новообразований различных локализаций. Пособие для врачей. / Е.Ф.Странадко, Н.А.Маркичев, М.В.Рябов - Тверь: ООО «Губернская медицина», 2002.- 22 с.
41. Стрельченко Ю.І. Зміни гіпофізарно-надниркової системи у щурів, що зазнали дозованого термічного опіку відкритим полум'ям та впливу поляризованого світла // Матеріали XXXVII Междунар. научно-практ. конф. «Применение лазеров в медицине и биологии», 23-25 мая 2012 г. – Харьков-Хельсинки, 2012.- С. 117-119.
42. Стрельченко Ю.І. Зміни імунної системи щурів, що зазнали дозованого опіку відкритим полум'ям та лікувального впливу поляризованим світлом // Матеріали XXXVIII Междунар. научно-практ. конф «Применение лазеров в медицине и биологии», 3-6 октября 2012 г. – Ялта, 2012.- С. 123-124
43. Томашук И.П. Эффективность комбинированного лечения посттромбофлебитического синдрома на фоне диабетической ангиопатии и облитерирующего атеросклероза сосудов нижних конечностей поляризованным светом, детралексом, фраксипарином и алпростаном в поликлинических условиях/ И.П.Томашук, И.И.Томашук, Е.Д.Кудь // Антология светотерапии. Сборн. научн. трудов.- Киев: ИФБ НАН Украины, 2009.– С. 628-633.
44. Фенчин С.М. Заживление ран.- Киев: Здоровье.- 1979.- 167 с.
45. Appelberg R. Macrophage inflammatory proteins MIP-1 and MIP-2 are involved in T cell-mediated neutrophil recruitment // J. Leuk. Biol.- 1992.-52.- P. 303-305.
46. Appleton I. Wound repair: the role of cytokines and vasoactive mediators // J.Roy. Soc. Med.- 1994.- 87, № 9.- P. 500-504.
47. Blinova M.J. On the mechanism of enhancement of wound healing by visible incoherent polarized light: stimulation of the human keratinocyte and fibroblast proliferation in vitro by soluble factors of the circulating blood / M.J.Blinova, K.A.Samoilova, N.M.Yudintzeva, N.V.Kalmykova // In: 8th Congress European Society of Photobiology.- Granada, Spain, 1999.- P. 145.
48. Bolton P. Macrophage responsiveness to light therapy: a dose-response study / P.Bolton, S.R.Young, M.Dyson // Laser Therapy.- 1990.- 2, № 3.- P. 101-106.
49. Bolton P. Macrophage responsiveness to laser therapy with varying power and energy densities/ P.Bolton, S.R.Young, M.Dyson // Laser Therapy.- 1991.- 3, № 3.- P. 105-111.
50. Colić M.M. The use of polarized light in aesthetic surgery / M.M.Colić, N.Vidojković, M.Jovanović, G.Lazović // Aest. Plast. Surg.- 2004.- 28, 5.- P. 324-327.
51. Dieter P., Fitzke E. Formation of diacylglycerol, inositol phosphates, arachidonic acid and its metabolites in macrophages // Eur. J. Biochem.- 1993.- 218.- P. 753-756.
52. Fenyö M. Theoretical and experimental basis of biostimulation by Bioptron // Mönchaltorf: Bioptron AG, 1992.- 16 p.

53. Freidlin I.S. Growth regulation activity of blood components for different target cells / I.S.Freidlin, E.Yu. Nikitina, M.I.Blinova et al. // In: Scientific substantiation of curative efficiency, wound healing and immunoregulative effects of visible intensive polarized (VIP) light // Current report № 1.- Bioptron Med. File.- Mönchaltorf: Bioptron AG.- 1998.- P. 11-39.
54. Gabbiani G., Montandon D. Reparative processes in mammalian wound healing: the role of contractile phenomena // *Internat. Rev. Cytol.*- 1977.- 48.- P. 187-219.
55. Gamaleya N.F. Photosensitizing activity of some porphyrin compounds / N.F.Gamaleya, V.N.Zalessky, K.N.Solovyov, G.D.Egorova // *Lasers and surgery Med.*- 1984.- 3, № 4.- P. 355-356.
56. Gamaleya N.F. Photodynamic activity of hemato-porphyrin conjugates with gold nanoparticles: experients in vitro / N.F.Gamaleya, G.A.Dolinsky, E.D.Shishko et al. // *Experimental onkology.*- 2010.- 32, № 1.- P. 44-47.
57. Hunt T.K. Studies on inflammation and wound healing: angiogenesis and collagen synthesis stimulated in vivo by resident and activated wound macrophages / T.K.Hunt, D.R.Knighton, K.K.Thakrai et al. // *Surgery.*- 1984.- 96, № 1.- P. 48-53.
58. Jaattela M. Biologic activities and mechanisms of action of tumor necrosis factor- α // *Lab. Invest.*- 1991.- 64.- P. 724-728.
59. Iordanou P. Effect of polarized light in the healing process of pressure ulcers / P.Iordanou, G.Baltopoulos, M.Giannakopoulou et al. // *Int J Nurs Pract.*- 2002.- 8, № 1.- P. 49-55.
60. Kertész J. Hypothetical physical model for laser stimulation / J.Kertész, M.Fenyő, E.Mester, G.Báthory // *Optics and Laser Technology.*- 1982.- 14, № 1.- P. 31-54.
61. Limansky Y.P. Suppression of pain by exposure of acupuncture points to polarized light / Y.P.Limansky, Z.A.Tamarova, S.A.Gulyar // *Pain Res. Manag.*- 2006, Spring.- 11, № 1.- P. 49-57.
62. Limansky Yu.P. Vedecke zaklady akupunctury / Scientific basis of acupuncture / Yu.P.Limansky, S.A.Gulyar, I.Z.Samosyuk // *Kontakt.*- 2007.- 9, № 2.- P. 391-402.
63. Medenica L., Lens M. The use of polarized polychromatic non-coherent light alone as a therapy for venous led ulceration // *J. Wound Care.*- 2002.- 12, № 1.- P. 37-40.
64. Mester E. Laser application in promoting of wound healing // In: *Laser in Medicine* / Ed. H.K. Koebner. Wiley-Insurance Publ.- 1980.- P. 20-34.
65. Mester E. Effects of laser rays on wound healing / E.Mester, T.Spiry, B.Szende, J.G. Tota // *Amer. J. Surgery.*- 1971.- 122.- P. 532-535.
66. Mester E. The biochemical effects of laser application / E.Mester, A.F.Mester, A.Mester // *Las. Surg. and Med.*- 1988.- 5.- P. 31-39.
67. Monstrey S P. 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.
68. Monstrey S. The effect of polarized-light on wound healing / S.Monstrey, H.Hoeksema, K.Depuydt et al.// *Eur. J. Plast. Surg.*- 2002.- 24.- P. 377-382.
69. Robinson J.K. Wound healing in porcine skin following low-output carbon dioxide laser irradiation of the incision / J.K.Robinson, J.M.Gardner, P.M.Taute et al.// *Ann.Plastic Surgery.*- 1987.- 18.- P. 499-505.
70. Ross R. The cell involved in the process of wound repair // In: *Platelet interact: Proc. Inst. Munich Symp. (Munich, 1976).*- Stuttgart, N.-Y., 1978.- P. 337.
71. Rot A. The role of leukocyte chemotaxis in inflammation // In: *Chemotaxic Cytokines* / Ed. by S.L. Kunkel, I. Lindley and J. Warwick.- Karger, Basel, Switzerland, 1990.- P. 263-267.
72. Samoiloa K.A. Single skin exposure to visible polarized light induces rapid modification of entire circulating blood. 1. Improvement of rheologic and immune parameters./ K.A.Samoiloa, K.D.Obolenskaya, A.V.Vologdina et al.// *Effects of low power light on biological systems IV.* Washington:- SPIE- Publication.- 1998.- P. 90-103.
73. Samoiloa K.A. Role of Nitric Oxide in the Visible Light-Induced Rapid Increase of Human Skin Microcirculation at the Local and Systemic Level: I. Diabetic Patients / K.A.Samoiloa, N.A.Zhevago, M.A.Menshutina et al.// *Photomedicine and Laser Surgery.*- 2008.- 26, № 5.- P. 433-442.
74. Samoiloa K.A. Role of Nitric Oxide in the Visible Light-Induced Rapid Increase of Human Skin Microcirculation at the Local and Systemic Levels: II. Healthy Volunteers/ K.A.Samoiloa, N.A.Zhevago, N.N.Petrishchev et al. // *Photomedicine and Laser Surgery.*- 2008.- 26, № 5.- P. 443-449.
75. Schuhmann K. Therapeutic performance of Bioptron light in the treatment of wound healing disorders. Burns // *Medical product Training.- Bioptron AG, Mönchaltorf, 1999.- P. 9-28.*
76. Sedlaric K.M. Wundheilung, klinische und experimentelle Aspekte.- Jena: VEB Gustav Fischer Verlag.- 1984.- 187 S.
77. Sengelov H. Control of exocytosis in early neutrophil activation / H.Sengelov, L.K.jeldsen, N.Borregaard // *J. Immunol.*- 1993.- 150.- P. 1535.
78. Simič A. Bioptron light therapy and thoracoph-reolaparatomy wound healing in patients operated due to cardiac carcinoma / Simič A., Pesko P., Bjelovič M. et al. .- In: *4th Intern. Gastric Canser Conress* / Ed. Brennan M.F., Karpen M.S. N-Y, Apr. 30 – May 2, 2001.- P. 667-670.
79. Sokolov D.I. Soluble factors of visible polarized light-irradiated blood stimulate proliferation of human endothelial cells in vitro / Sokolov D.I., Samoiloa K.A., Snopov S.A. // In: *2nd Int. Meeting a. Hand-on Courses, 14th Int. Congress Laser Medicine ICLM 99 «Laser Florence '99.»* - Florence, Italy, 1999.- P. 82-83.
80. Standiford T.J. Neutralization of IL-1 increases lethality in endotoxemia. Cooperative effect of macrophage inflammatory protein-2 and TNF / Standiford T.J., Strieter R.M., Lukacs N.W. et al.// *J. Immunol.*- 1995.- 155, № 4.- P. 2222-2224.
81. Stasinopoulos D. The use of polarized polychromatic non-coherent light as therapy for acute tennis elbow/lateral epicondylalgia: a pilot study // *Photomed. Laser Surg.*- 2005.- 23, № 1.- P. 66-69.
82. Vodovotz Y. Mechanisms of suppression of macrophage nitric oxide release by transforming growth factor β / Vodovotz Y., Bogdan C., Paik J. et al. // *J. Exp. Med.*- 1993.- 178.- S. 605-609.

83. Winkle van W. The fibroblast in wound healing // Sug. Gynec. Obstet.- 1967.- 124, № 2.- P. 369-375.
84. Zhevago N.A., SamoiloVA K.A. Pro- and anti-inflammatory cytokine content in the human peripheral blood after its transcutaneous and direct (in vitro) irradiation with polychromatic visible and infrared light // Photomedicine and Laser Surgery.- 2006.- 24, № 2.- P. 129-139.

БІОПТРОН-СВІЛОТЕРАПІЯ ТА РЕСУРСИ ЇЇ ЗАСТОСУВАННЯ В ХІРУРГІЇ

Гуляр С.О.

*Інститут фізіології імені О.О. Богомольця НАН України
Інтернаціональний медичний інноваційний центр, Київ*

Огляд присвячений характеристиці сфер ефективного застосування поляризованого поліхроматичного світла із ближнім інфрачервоним компонентом (480-3400 нм) у хірургії. Фізіотерапевтичний арсенал доповнився апаратами БІОПТРОН, що створюють новий лікувальний чинник електромагнітної природи (ПАЙЛЕР-світло). Воно має пряму регенеративну дію, здатність до модифікації компонентів формених елементів і плазми крові, сполучнотканинної мережі. Розроблені також методики його неінвазивного використання. Застосування ПАЙЛЕР-світла доцільно в післяопераційному періоді для прискорення загоєння ран, травматичних ушкоджень і посттравматичних наслідків, у т.ч. ускладнених рановою інфекцією та розладами мікроциркуляції. Виявлено, що ПАЙЛЕР-світло зменшує больову реакцію, викликану тонічним, гострим і вісцеральним болем. Найбільш ефективним є червоно-інфрачервоний діапазон поляризованого світла.

Клінічно доведена можливість зменшення больового, запального, набрякового, алергійного, імунodefіцитного та інших синдромів завдяки участі ПАЙЛЕР-світла у прямій фотомодифікації поверхневих структур, гемічного, рефлексотерапевтичного і зонально-транспортного механізмів.

Ключові слова: *рани, травми, ранова інфекція, трофічні виразки, біль, імунітет, апарат БІОПТРОН, ПАЙЛЕР-світло*

BIOPTRON LIGHT THERAPY AND RESOURCES OF ITS APPLICATION IN SURGERY

Gulyar S.A.

*Bogomoletz Institute of Physiology at National Academy of Sciences of Ukraine, Kiev
International Medical Innovation Center, Kiev*

The review is devoted to effective application of polarized polychromatic light with a near infrared radiation (480-3400 nm) in surgery. Physiotherapeutic arsenal was completed by BIOPTRON devices creating new medical electromagnetic factor (PILER-light). It possesses direct regenerative action, ability to update blood cells and plasma components, connective tissue network. There are developed applications of noninvasive techniques. PILER-light application is reasonable in postoperative period to accelerate wounds healing, traumatic damages and posttraumatic consequences, including complicated wound infection and microcirculation disorders. It is revealed, that PILER-light weakens painful reaction caused by tonic, acute and visceral pain. The most effective is the red-infrared range of polarized light. It is clinically proved a possibility of wakening painful, inflammatory, edematous, allergic, immunodeficiency and other syndromes at the expense of PILER-light participation in direct photomodify of superficial structures, hemic, reflexotherapeutic and zonal-transport mechanisms.

Keywords: *wounds, injuries, wound infection, leg ulcers, pain, immunity, BIOPTRON device, PILER-light.*