

УДК 615.47

А.Г. Мелузов, О.О. Новожилова, Н.Л. Иванова

**РАЗРАБОТКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО УСТРОЙСТВА
ДЛЯ ЭФФЕКТИВНОГО ВОССТАНОВЛЕНИЯ ПОРАЖЕННЫХ
ХИМИЧЕСКИМ ИЛИ ТЕРМИЧЕСКИМ ОЖОГОМ ТКАНЕЙ**

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Рассмотрены принципиальные возможности использования специальных систем и устройств для более интенсивного процесса заживления последствий термо и химического ожога тканей человек. Разобраны основные не медикаментозные средства воздействия на биоткань, для усиления процесса регенерации травмированных тканей. Сформулированы базовые требования к экспериментальным установкам.

Ключевые слова: противоожоговое устройство, восстановительная терапия, инфракрасное излучение

Ожоги представляют серьезную медицинскую, социальную и экономическую проблему. В России, по официальным данным, ожоги занимают шестое место (2,4 %) в общей структуре травматизма, составляя 2,1 случая на 1000 взрослого населения. По данным Общероссийской общественной организации «Мир без ожогов», ежегодно в Российской Федерации за медицинской помощью обращается 420–450 тысяч пострадавших от высокотемпературных повреждающих факторов [1]

Множество имеющихся в арсенале комбустиологи перевязочных средств не всегда соответствуют клиническим задачам, которые возникают при местном лечении ожоговых ран. Различные по своему строению и составу перевязочные средства могут обладать односторонним действием на раневую процесс, а так же наносить дополнительный травмирующий эффект. Появление высоко резистентных штаммов микроорганизмов диктует необходимость рационального использования имеющихся антимикробных средств, а также изоляции пораженных участков ткани от окружающей среды.

Одной из современных технологий является применение различных физических методов, таких как УФО, ультразвук в непрерывном режиме, низкоинтенсивная лазерная терапия, фототерапия, магнито-лазерная терапия, криотерапия, озонотерапия, сверх высокочастотной (СВЧ) -терапия, крайне высокочастотная (КВЧ)-терапия, ИФ-терапия и другие.

В свое время В.Д. Бицоев, С.Н. Гонтарев, А.А. Хадарцев выяснили, что специфические физические параметры лазерного излучения (монохроматичность и когерентность) не играют ключевой роли в проводимых биологических и терапевтических эффектах, и что эти эффекты часто оказываются более выраженными после сочетания воздействия нескольких лазеров, генерирующих видимый и инфракрасный свет разной длины волны, или после использования нелазерных источников полихроматического излучения [2].

Эти результаты экспериментальных исследований показали важность применения полихроматического света, близкого по спектральному диапазону радиации Солнца без её минорной ультрафиолетовой компоненты. Так, 97% энергии солнечной радиации на Земле приходится на видимое и инфракрасного (ИК) излучение, которое таким образом оказывается важнейшим фактором среды. Есть основания полагать, что под его влиянием в процессе эволюции организм человека и животных, подобно растениям, сформировал специальные механизмы поглощения и утилизации солнечной радиации, через которые и осуществляется воздействие на организм видимого и ИК света. Оптимально применение полихроматического видимого и ИК света, близкого по спектральному составу (480–3400 нм) и интенсивности (40 мВт/см.) к естественному. Обычно считают, что ультрафиолет и видимое излучение действуют прежде всего на поверхностные структуры кожи – эпидермис, прилегающие к нему

нервные окончания и тучные клетки, которые при активации способны освобождать большой ассортимент биологически активных веществ. Однако также оно влияет на ключевую роль в развитии изменений компонентов циркулирующей крови. [3]

Через 0,5 ч после облучения небольшого участка поверхности тела регистрируются изменения во всех клетках и многих компонентах плазмы крови во всем ее циркулирующем объеме. Проникая в кожу на глубину до нескольких миллиметров, свет проходит через густую сеть поверхностных капилляров, в которой, благодаря весьма медленному движению крови, индуцирует ее изменения. Чрескожно-модифицированная кровь, контактируя в сосудистом русле с ее основным объемом, «транслирует» ему вызванные светом изменения. В процессе исследования указанных авторов было установлено, что в течение 0,5-25 ч улучшаются реологические характеристики эритроцитов, повышается их транспортная (в т.ч. кислород-транспортная) способность, развивается дезагрегация тромбоцитов, повышается антисвертывающая и фибринолитическая активность плазменных компонентов, снижается содержание глюкозы и триглицеридов, в плазме возрастает уровень противовоспалительных цитокинов (интерлейкина-10 и трансформирующего фактора роста бета-1), снижаются повышенные концентрации факторов воспаления – фактора некроза опухоли альфа (ФНО- α), количество гамма интерферона, активирующего клеточное звено иммунитета, растет, в среднем, в четыре раза. Усиливается пролиферация лимфоцитов, усиливается фагоцитарная активность моноцитов и гранулоцитов и цитотоксичность натуральных киллеров.

Уже после однократной фототерапевтической процедуры в плазме крови увеличивается концентрация ростовых факторов и, как следствие, повышается её способность стимулировать пролиферацию кератиноцитов, эндотелиоцитов и фибробластов – основных участников процесса ранозаживления. Пролиферация последних стимулируется почти в 3 раза слабее, чем клеток эпителиального происхождения, что может объяснить ускорение заживления ран без гипертрофии соединительной ткани и образования грубых рубцов. Изложенное выше объясняет многие физиологические и терапевтические эффекты фототерапии: улучшение микроциркуляции, трофики и детоксикации тканей, противовоспалительное действие, активацию защитных и обменных процессов, ускорение заживления ран без образования гипертрофированных рубцов.

Постоянное магнитное поле: его применение эффективно при обезболивании, для улучшения трофики (питания) тканей, с целью уменьшения отеков и воспалений. Оно оказывает седативное (успокаивающее) и противовоспалительное действие, улучшает микроциркуляторные процессы и местное кровообращение, способствует рассасыванию воспалительного и травматического отека и, улучшая условия для восстановления поврежденных тканей, ускоряет их регенерацию, а также способствует более глубокому проникновению лазерного света в организм.

Инфракрасное импульсное лазерное излучение проникает в ткани на глубину 10-13 см. Стимулирует кровообращение и иммунную систему. Улучшает внутриклеточный обмен веществ. Активизирует синтез белка. Помогает нормализовать гормональные процессы обмена веществ. В результате улучшаются свойства крови и регенерация тканей. Снижается уровень холестерина. Проявляется антиоксидантный эффект.

Инфракрасное пульсирующее непрерывное некогерентное излучение – воздействует на рецепторы (нервные окончания), расположенные в коже, с повышением порога болевых ощущений. Широкополосное светодиодное излучение биологически гораздо менее активно по сравнению с лазерным, обладает меньшим, чем лазерное, проникновением в ткани и большей спектральной шириной, мощно и гармонично влияя на тонус вегетативной и центральной нервной системы.

Оно умеренно прогревает поверхностные слои тканей (тепловое излучение проникает в ткани на глубину до 6-7 см); активизирует микроциркуляцию крови; осуществляет профилактику и лечение заболеваний подкожно-жировой клетчатки (целлюлита); усиливает восстановление эпителия и кожи; усиливает проникновение лазерного излучения в ткани.

При воздействии инфракрасными лучами на ткани человека наблюдаются явления отраже-

ния, преломления и поглощения. Применяемые в физиотерапии инфракрасные лучи (до 1400 нм) поглощаются преимущественно эпидермисом и собственно дермой и лишь 8-15% достигает подкожно-жирового слоя. Поглощение инфракрасного излучения вызывает в основном вращательные и колебательные движения атомов и молекул, вследствие чего наблюдается преимущественно образование тепла. Это тепло служит источником раздражения и изменения импульсной активности терморцепторов и термомеханочувствительных афферентов тканей. В результате развиваются нейрорефлекторные реакции метамерно расположенных внутренних органов. Они проявляются расширением сосудов внутренних органов и усилением их метаболизма. Также происходят учащение дыхания и активизация терморегулирующих центров гипоталамуса.

Одновременно наблюдаются сдвиги в тканях, поглотивших энергию ИК излучения, выражающиеся в кратковременном спазме поверхностных сосудов, который сменяется увеличением локального кровотока и возрастанием объема циркулирующей в тканях крови. Повышается сосудистая и тканевая проницаемость, повышается фагоцитарная активность и миграция лейкоцитов, усиливается пролиферация и дифференцировка фибробластов, что способствует рассасыванию инфильтратов и дегидратации тканей. Под влиянием ИК лучей повышается тактильная чувствительность и снижается болевая, уменьшается спазм гладкой мускулатуры внутренних органов. [4] Основываясь на сказанном о положительном воздействии ИК, видимого излучения, магнитных полей на биоткани организма человека, было предложено разработать аппарат, конструктивно вбирающий в себя все виды положительных воздействий на пораженные участки ткани.

Авторами было предложена принципиально новая система, которая позволяет проводить весь комплекс восстанавливающих процедур, иметь полный визуальный и параметрический контроль и при этом полностью изолировать поврежденный участок тела от всех воздействий внешней среды. Также было решено провести ряд экспериментов проверки восстановительного эффекта красного излучения на биообъект.

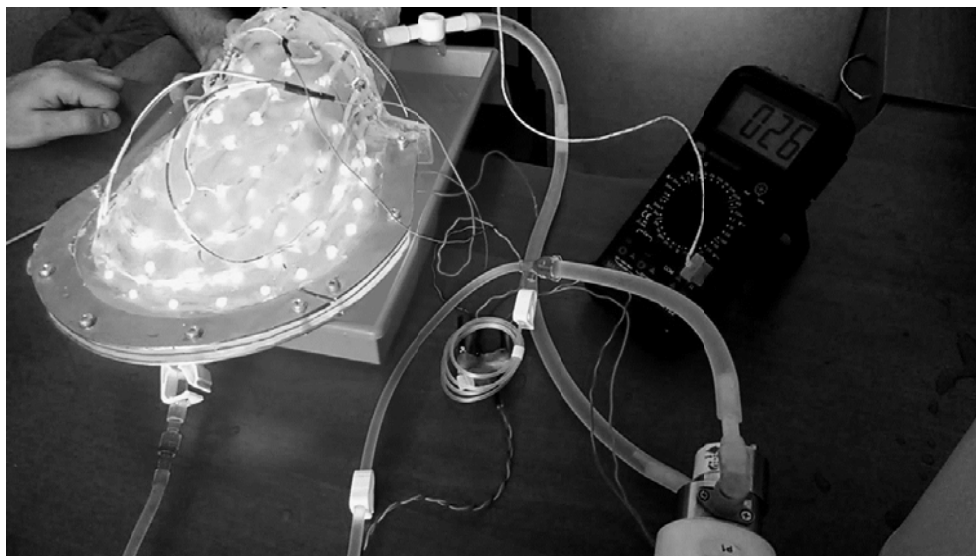


Рис. 1. Экспериментальный участок

Укрупненно система состоит:

- из прозрачного разборного корпуса (рис. 1), с закрепленными в нём светодиодами (по особой просчитанной сетке), «переходника-крепления», манжеты, насоса и блока питания;
- мультиметра с разъёмом «термопара» для измерения температуры внутри корпуса устройства;
- акрилового красителя на водной основе для проведения опыта по изучению интенсивности заполнения корпуса устройства лекарственными препаратами.

Глубина проникновения низкоимпульсного излучения в биообъект зависит, в первую очередь, от длины электромагнитной волны. Экспериментальными исследованиями установлено (рис. 2), что проникающая способность излучения от ультрафиолетового до оранжевого диапазона постепенно увеличивается от 1-20 мкм до 2,5 мм, с резким увеличением глубины проникновения в красном диапазоне (до 20-30 мм), с пиком проникающей способности в ближнем инфракрасном (при длине волны = 950 нм - до 70 мм) и резким снижением до долей миллиметра в дальнейшем инфракрасном диапазоне. Максимум пропускания кожей электромагнитного излучения находится в диапазоне длинных волн от 800 до 1200 нм.

Поглощение низкоэнергетического лазерного излучения зависит от свойств биологических тканей. Так, в диапазоне длин от 600 до 1400 нм кожа поглощает 25-40% излучения, мышцы и кости - 30-80%, паренхиматозные органы (печень, почки, поджелудочная железа, селезенка, сердце) - до 100%.

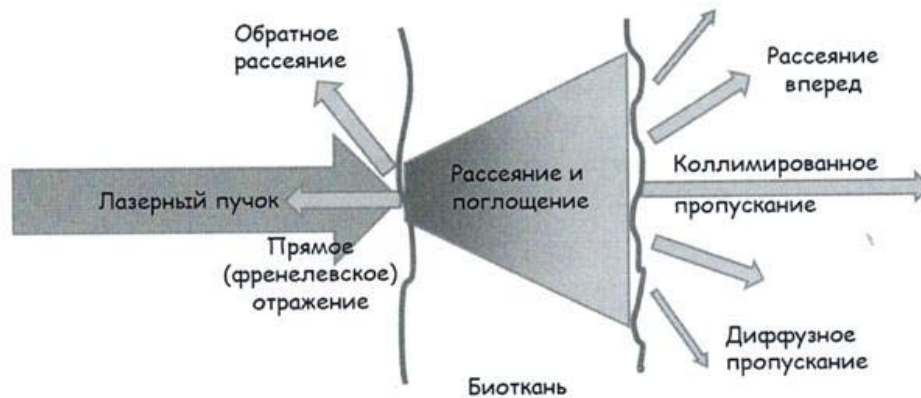


Рис. 2. Распространение низкоимпульсного излучения в ткани

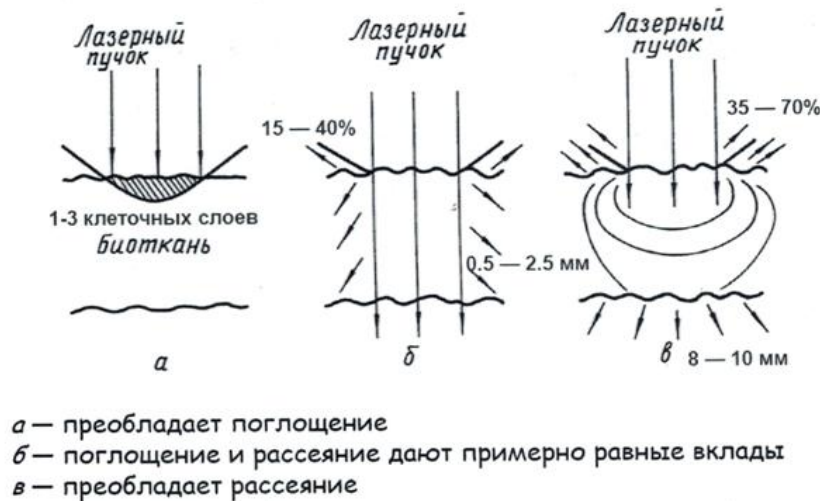


Рис. 3. Варианты распространения пучка

В нашем случае имеет место быть второй вариант (рис. 3), когда поглощение и рассеивание дают примерно равные вклады.

В первом эксперименте кисть руки испытуемого была размещена в корпусе устройства и плотно закреплена манжетой на запястье. В течение короткого времени без создания, без регулирования микроклимата внутри корпуса и без облучения красным светом наблюдалось повышение температуры с 24 до 31⁰С, а также конденсат на внутренней стенке устройства. Данные явления объясняются отсутствием пропускной способности корпуса устройства, что является положительным моментом при создании требуемого микроклимата. При проведении инфракрасного облучения, вне зависимости от времени процесса, изменение температуры не наблюдалось.

Во втором эксперименте система была подключена к промывочной трассе. Внутреннее пространство корпуса устройства было заполнено физраствором, циркулирующим по замкнутому контуру. Циркуляция создавалась шестеренчатым насосом от системы подачи диализатного раствора в аппарате искусственная почка. Также была задействована система красного диодного освещения кисти руки, помещенной в корпус устройства. Замеры температуры непосредственно в корпусе устройства показали постоянство температуры, термического воздействия не наблюдалось.

Третий эксперимент рассматривал возможность равномерного омывания помещенной кисти руки в экспериментальном устройстве. Для этого в магистраль подачи физраствора был введен акриловый краситель на водной основе. Было отмечено равномерное заполнение окрашенным раствором корпуса устройства, а также отмечено, что при открытом выпускном штуцере происходит равномерное «обволакивание» потоками окрашенного раствора кисти. На основе этого наблюдения сделан вывод о положительном эффекте устройства с точки зрения вымывания частиц пораженных тканей, а так же гнойных образований.

Съём температуры производился непосредственно в корпусе устройства в точке, между внутренней поверхностью корпуса и кистью.

Таким образом, нагрева ткани от воздействия излучения красных светодиодов не происходит, следовательно, данную светодиодную сетку можно использовать. Также сделан вывод о том, что в данном варианте корпуса возможно создать необходимую температуру и среду, на которую не влияют внешние факторы, а лишь температура подаваемого внутрь устройства физраствора или других жидкостей и смесей лекарственных препаратов.

В виду отсутствия нагрева происходит только терапевтический эффект. Для более детальной оценки необходимы клинические испытания, также планируется доработка корпуса устройства для облегчения его массы и удобства эксплуатации.

Библиографический список

1. **Владимиров, И.В.** Современные возможности улучшения результатов лечения ожоговых ран / И.В. Владимиров [и др.] // Современные проблемы науки и образования. – 2014. – № 4.
2. Восстановительная медицина: монография / под ред. В.Д. Бицоева, С.Н. Гонтарева, А.А. Хадарцева. – Тула: Изд-во ТулГУ – Белгород: ЗАО «Белгородская областная типография», 2012. – Т. V. – 228 с.
3. **Насонов, Д.Н.** Реакция живого вещества на внешние воздействия / Д.Н. Насонов, В.Я. Александров. – М.-Л: Изд-во АН СССР, 1940. – 84 с.
4. <http://www.physiotherapy.ru/factors/phototherapy/infrared-radiation.html>

*Дата поступления
в редакцию 24.04.2017*

A.G. Meluzov, O.O. Novozilova, , N.L. Ivanova

DEVELOPMENT OF EXPERIMENTAL DEVICE FOR EFFICIENT RECOVERY OF CHEMICAL OR THERMAL BURNS AFFECTED BY FABRICS

Nizhny Novgorod state technical university n.a. R.E. Alexeyev

Purpose: to analyze the possibility of creating a design, for more efficient restoration of a damaged tissue.

Design / methodology / approach: an analytical review of the use of different techniques for influencing the regeneration of damaged tissue.

Results: The experimental design of the device is presented. The basic requirements for the further development of this direction are formulated.

Key words: anti-burn device, regenerative therapy, infrared radiation.