

3. P. Thuelier et al. In vivo endoscopic tissue diagnostics based on spectroscopic absorption, scattering, and phase function properties // J. Biomed. Opt. – July 2003. – Vol. 8. – No. 3. – P. 495-503.
4. W.-F. Cheong, S.A. Prahl, A.J. Welch, A review of the optical properties of biological tissues // IEEE J. Quantum Electron. – 1990. – Vol. 26. – No.12. – P. 2166-2185.

Дец С.М. Результаты расчета распространения излучения возбуждения флуоресценции в биоткани методом Монте-Карло. В работе приведены расчеты методом Монте-Карло распространения излучения возбуждения флуоресценции с длиной волны 442 нм для трехслойной модели биоткани. Полученные результаты позволяют утверждать, что проникновение света в биоткань ограничивается слоем подслизистой оболочки, что и определяет границы применения метода флуоресцентной диагностики.	Dets S.M. Calculation results of the fluorescence exciting light propagation in tissue with Monte Carlo simulation. Calculation results of Monte Carlo simulation of the fluorescence exciting 442-nm light propagation in three-layer tissue model have been considered. Received results allow contending that light propagation in tissue not goes beyond the submucous membrane. So this determines the application admits of fluorescence diagnosis method.
---	--

*Надійшло до редакції
24 вересня 2006 року*

УДК 621:615.849.19

ФИЗИОТЕРАПЕВТИЧЕСКИЙ МЕТОД КОМПЛЕКСНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА РУБЦОВЫЕ ТКАНИ

¹⁾Дастжерди А. Х., ¹⁾Клочко Т.Р., ²⁾Рассохин В.Ф., ¹⁾Национальный технический университет Украины "Киевский политехнический институт", ²⁾Центр квантовой медицины и проблем боли, г. Киев, Украина

В статье предложен метод воздействия сочетанными полями на тканевые структуры организма с применением лекарственных средств для эффективного лечения рубцов

Вступление

Современная медицина достаточно широко использует при лечении различных заболеваний методы физиотерапии. Развитие физиотерапевтических технологий обусловлено развитием научно-технического прогресса. Так, например, среди известных методов, например гомофизиотерапии, которая предполагает влияние физическими факторами различной природы непосредственно на кровь (УФОК, лазерное облучение крови [1 - 3]) все большее развитие получает гемоманнитотерапия. Новыми технологиями можно считать сочетанные методики физических факторов [4, 5]: гидролазеротерапия, электролазеротерапия, криолазеротерапия, магнитофорез, магнитолазеротерапия, вибромагнитотерапия. Используются методы физиопунктуры, внутриорганной физиотерапии, фармакофизиотерапии, различные направления развития магнитотерапии. Такие методы могут обеспечивать наибольшую эффективность лечения вследствие

вие многофакторного воздействия на живой организм, при этом развитие новых методов позволит успешно применять их в медицинской практике.

Анализ существующих методов сочетанного воздействия на организм. Постановка задачи

Достаточно новым направлением в физиотерапии является лекарственный фотофорез [5 – 9]. Основой лекарственного фотофореза являются физико-химические исследования А.А.Миненкова и И.К.Шарпанова [7], установивших, что применение низкоинтенсивного лазерного излучения в терапевтических дозах не нарушает фармакологические свойства лекарственных препаратов (апрессина, ганглерона, инозина, никотиновой кислоты), а даже увеличивает их форетическую подвижность (в 1,5 раза больше, чем гальваническим током), и это дало возможность на практике применять в сочетании лазерное излучение с лекарственными веществами. В.Е. Илларионов [8] предлагает сочетанный метод лечения – лекарственный фотофорез: одновременное воздействие лекарства и низкоэнергетическим излучением лазера красного или инфракрасного диапазона (расфокусированным лучом в течение 15 мин при дозе не более 10 Дж) с использованием растворов лекарственных веществ, разрешенных для электрофореза. Основным преимуществом данного метода, кроме повышения терапевтической эффективности, является то, что лазерное излучение не нарушает структурную целостность лекарственного препарата, усиливает тканевую проницаемость для этого лекарства, не оказывает побочного действия, связанного с образованием продуктов электролиза. Г.Д. Ибадова [6] предлагает методику лазеромагнитофореза для лечения остеоартроза. При этом облучение проводят аппаратом «Узор» через магнитную насадку мощностью 20 мВт с воздействием на биологически активные зоны общего действия и сегментарные (продолжительностью до 1 минуты). Плотность потока мощности первой процедуры – $6,25 \text{ Вт/см}^2$ с частотой следования импульсов – 3000 Гц, плотность потока мощности последующих процедур – $15,6 \text{ Вт/см}^2$, при частоте импульсов – 1500 Гц. В.Г. Купеев [9] применил фитолазерофорез (введение концентрированных высокоактивных экстрактов лекарственных растений путем лазерофореза) для лечения больных с сосудистыми заболеваниями конечностей. Для лазерофореза применялся ИК-лазер с частотой 50-1200 Гц, мощностью излучения 3-12 мВт, в течение 30-120 с на зону (паравертебрально, по ходу магистральных и периферических сосудов обеих ног и на очаг).

В.Н. Сокрут и соавт. [10] предлагают методику сочетанного использования лазерного излучения (длина волны 632,8 нм, интенсивность 10 мВт/см^2) с лекарственным электрофорезом (плотность тока $0,005 \text{ мА/см}^2$, экспозицией 20 мин). Такая методика, по их данным, более чем в 2 раза повышает количество вещества переносимого через кожу. Кроме того, Е.В. Сокрут и соавт. [11] проведены исследования по усилению реактивности организма и нормализации восстановительных процессов, что дает основание для применения лазеротерапии при оптимизации заживления послеоперационных ран у больных сахарным

диабетом. Заживление раны реализуется через воспаление, интенсивность которого определяется реактивностью организма. Нарушения реактивности приводят к ослаблению восстановительных процессов, что проявляется нарушением динамики морфологических изменений в ране с развитием осложнений. Сахарный диабет и другие сопутствующие хронические заболевания, как известно, снижают реактивность организма на хирургическое вмешательство, что способствует уменьшению фагоцитарной активности лейкоцитов, нарушению перекисного окисления липидов, приводящих к осложненному заживлению послеоперационной раны (удлинение сроков заживления, рубцевание натяжением, нагноение).

Н.Н. Петришев, Н.В. Леонтьева и соавт. [12] проведения для лекарственного фотофореза предлагают методику сканирующей лазеротерапии. Однако, по мнению авторов, эта методика требует дополнительных исследований. Флехнер В.М. и соавт. [13] предлагали методику лечения, которая состояла в сочетании раствора гепарина с масляный раствором витамина Е и облучении лазерным излучением с мощностью 500-700 мВт/мм, экспозиция от 180 до 360 с. Количество сеансов зависило от скорости заживания (в среднем 3-4 дня) с позитивным результатом во всех случаях. Таким образом, лазерофорез с гепарином и витамином Е позволял избежать вторичного заживления ран. С.Г. Масловская и соавт. [14] применяли фотофорез лидазы при рубцово-спаечном процессе в пояснично-крестцовом отделе на этапе послеоперационной реабилитации больных со спондилогенными нейропатиями. На кожу области рубца и паравертебральную зону наносили шприцем без иглы свежеприготовленный раствор лидазы (64 ЕД растворяли в 2 мл дистиллированной воды). Воздействие импульсным инфракрасным лазерным излучением осуществляли, используя аппарат «Мустанг» с длиной волны 0,89 мкм, частотой следования импульсов 1500 Гц со средней мощностью в импульсе 2-4 Вт.

Однако, как показывает анализ методов, исследования проводились в основном с использованием излучения в красном и инфракрасном диапазонах. Кроме того, в основном исследовались режимы воздействия на нормализацию восстановительных процессов при заживлении ран, воспалительных очагов и т.п., воздействие на рубцовые структуры почти не исследовано, поэтому, исходя из биологической активности организма при взаимодействии с излучением в других диапазонах, можно предложить комплексный метод воздействия на рубцовые структуры для их эффективного лечения.

Медицинские аспекты влияния длины волны низкоинтенсивного лазерного излучения на клетки живого организма

Основными особенностями лазерного излучения, обеспечивающими его перспективность для применения в медицинской практике, являются высокая направленность, монохроматичность, плотность мощности. Необходимо также учитывать временное изменение оптических свойств биологических тканей, в

том числе крови, при облучении, которое проявляется, если энергия достаточно велика (плотность мощности более 500 мВт/см²).

Газовый аргоновый лазер с излучением в диапазоне зеленой и синей длины волны (514 нм и 488 нм) чаще применяется для фотокоагуляции в офтальмологии, поскольку такая длина волны хорошо поглощается меланином и гемоглобином. Доказано, что применение импульсного низкоинтенсивного излучения лазера зеленого и желтого спектра - очень эффективное средство для лечения предраковых заболеваний. Импульсное излучение газового лазера на парах меди (длина волны 510,6 нм), угнетает рост и метастазирование опухолей, в то же время активизирует регенерацию ран. Поскольку в настоящее время разработаны и относительно недавно серийно выпускаются за рубежом полупроводниковые лазеры на основе ZnCdSe с мощностью излучения в несколько милливатт, длиной волны 0,53 мкм (зеленая), 0,42 мкм (голубая), наработкой на отказ до 1000 часов, логично использование их в медицинских приборах для облучения патологических участков организма [4].

В настоящее время в медицине используется достаточное количество типов лазеров, классификация которых в зависимости от длины волны и энергетических характеристик излучения приведена в табл. 1.

Таблица 1 - Основные характеристики лазеров, применяемых при медико-биологических исследованиях

Тип лазера	Среда	λ , мкм	Режим работы	Мощность или энергия	Основные области применения
1	2	3	4	5	6
Газовые лазеры	He-Ne	0,6328	непрерывный	0,5–50 мВт	Терапия, диагностика, научные исследования
Газовые лазеры	Ar	0,53	непрерывный	До 20 Вт	ФДТ, косметология
Газовые лазеры	Cu ⁽²⁾	0,51; 0,578	импульсный	До 20 Вт	Косметология
Твердотельные	Al ₂ O ₃ :Cr ³⁺	0,694	импульсный	До 7 Дж	Офтальмология, косметология, терапия
Твердотельные	YAG:Nd	1,06	непрерывный и импульсный	До 100 Вт	Хирургия, косметология
Твердотельные	YAG:Nd	0,532 ⁽³⁾	непрерывный и импульсный	До 10 Вт	Косметология
Жидкостный	Орган. красители: Родамин-6Ж, Оксазин-1. Неорган.жидкость: POCl ₃ -ZrCl ₄ .Na ³⁺	0,3–1,0	непрерывный и импульсный	1–20 Вт	Научные исследования

Продолжение табл.1

1	2	3	4	5	6
Полупроводниковые	AlGaInAs	0,67	импульсный	До 30 Вт ⁽⁶⁾	Терапия, ФДТ, научные исследования
Полупроводниковые	AlGaInP	0,63	импульсный	До 5 Вт	Терапия
Полупроводниковые	AlGaInP	0,67	непрерывный	30 мВт	Терапия, диагностика, научные исследования

⁽⁶⁾наборная решетка диодов

Наиболее важным аспектом при применении лазеров для облучения биологических тканей, в частности, крови, является выяснение практической значимости принципа резонансного поглощения, проверка возможности избирательного повреждения внутриклеточных метаболитов, в тех случаях, когда их абсорбционные максимумы совпадают с длиной излучения. Полосы поглощения некоторых биологических компонентов, содержащихся в крови, приведены в табл. 2.

Таблица 2 - Полосы поглощения некоторых биологических компонентов крови

Биологические соединения	Полосы поглощения, нм	Примечания
Аминокислоты, белки	260-280	
Коэнзимы	260-360	
Цитохром	450-600	
Оксидаза	440-600	
Дезоксигемоглобин	431, 555	2 пол., $\lambda_{\max}$
Оксигемоглобин (Hb O ₂)	415, 542, 577	3 пол., $\lambda_{\max}$
Карбоксигемоглобин (Hb CO)	420, 568	2 пол., $\lambda_{\max}$
Цианметгемоглобин (CN-Hb)	421, 540	2 пол., $\lambda_{\max}$
Восстановленный Hb	556	$\lambda_{\max}$
Эритроциты	530, 630	2 пол., $\lambda_{\max}$
Лейкоциты	480	

Так, например, излучение с длиной волны 530 нм, активно поглощаемое эритроцитами, не сопровождалось их разрушением, что свидетельствует об устойчивости липопротеидных мембран клеток, при этом происходило явное обесцвечивание эритроцитов, возникающее, вероятнее всего, из-за изменений в

молекулярной структуре гемоглобина. В то же время при облучении крови рубиновым лазером ($\lambda = 694$ нм), эритроциты набухали, на них образовывались вздутия, иногда клетки погибали [15]. Лейкоциты при этом не поглощали излучение лазера и не повреждались. Разрушение их достигалось лишь после витаминного окрашивания биологическими красителями. Эритроциты также чувствительны в сине-зеленой области спектра. Так, при их облучении аргоновым лазером ($\lambda \approx 490 - 530$ нм) на поверхности клеток возникали точечные очаги коагуляции.

В проведенных до настоящего времени исследованиях по методике лазерного облучения тканей живого организма в основном применялись лазеры, излучающие в красной и ближней инфракрасной области спектра: рубиновый ($\lambda = 690$ нм), гелий-неоновый ($\lambda = 633$ нм), а также полупроводниковый (GaAs, $\lambda = 850$ нм), реже использованы лазеры с излучением в зеленой области спектра для узкой сферы применения в медицине.

Учитывая также, например результаты [16] (рис. 1), можно анализировать изменения тканевых структур.

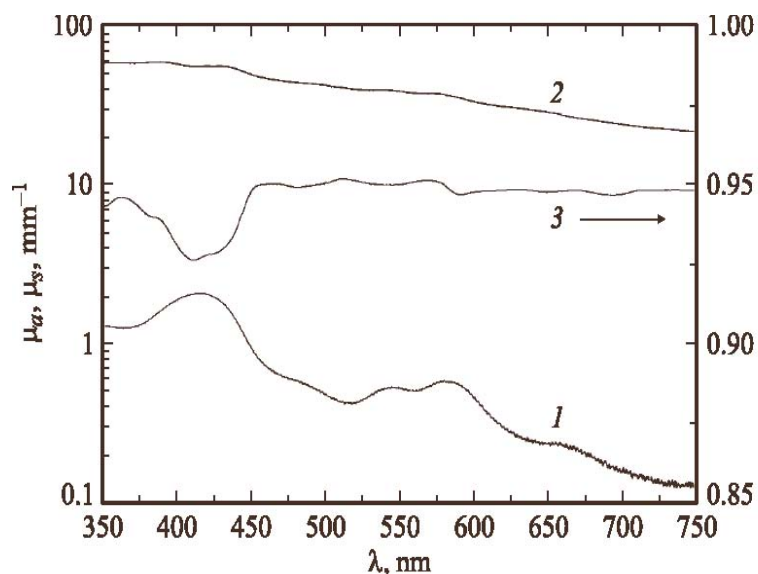


Рисунок 1 – Спектральные оптические показатели слизистых тканей организма, рассчитанные методом Кубелки-Мунка, где: 1 – коэффициент поглощения, 2 – коэффициент рассеяния, 3 – фактор анизотропии

Однако, как видно из табл. 2 и рис. 1, весомый процент поглощения излучения биологическими компонентами тканевыми структурами лежит в диапазоне спектра излучения зеленой, сине-фиолетовой длины волны. Таким образом, перенос лазерного облучения в более коротковолновую часть спектра очевидно может повысить эффект при лечебном воздействии на организм. Поэтому можно предложить лечение рубцовых структур, которые образуются в результате, например, ожогов, послеоперационных ран и т.д., лазерным излучением в диапазоне 510 – 540 нм в сочетании с лекарственными средствами типа лидазы и магнитным полем не более 100 мТл на рубцовые ткани. При этом возможны некротические явления в патологических зонах, которые приведут к отмиранию рубцовых структур и замене на нормальные ткани, что активизируется применением лекарственных препаратов.

Выводы

Результаты исследований показали научно-практический интерес применения методик лазерного облучения излучателями в сине-зеленой областях спектра, где расположены основные полосы поглощения биологических элементов, поскольку в области энергий этих квантов находится энергетика пускового механизма оксигенации - деоксигенации гемоглобина.

В дальнейшем перспективным направлением могут стать исследования по магнитолазерофорезу рубцовых структур с применением излучателей ($\lambda < 490 \div 540$ нм), что связано с изменениями на поверхности клеток крови как эритроцитов, так и лейкоцитов, и одновременным применением медикаментозных средств в отличие от известных методов использования лазеров, излучающих в красной и ближней инфракрасной области спектра. Такие методики могут обеспечить повышение эффективности лечебного воздействия и использовать их в практической медицине, например, в хирургических, ожоговых, косметологических центрах.

Литература

1. Гамалея Н.Ф. Лазеры в эксперименте и клинике. - М.: Медицина, 1982. - 232 с..
2. Илларионов В.Е. Основы лазерной терапии. -М.: Респект. -1992. -241 с.
3. Применение лазерного излучения различных длин волн в лечебных целях / Крюк А.С., Мостовников В.А., Хохлов И.В.и др. // Труды Ин-та физики АН БССР, 1985. - 30 с.
4. Москвин С.В., Буйлин В.А. Основы лазерной терапии. – М.-Тверь: ООО Изд-во «Триада», 2006. - 256 с.
5. Романчук Л.І., Федомок Л.Я. Імунологічний статус породіль із анемією в умовах магнітолазерного опромінення крові / Наукові записки з питань медицини, біології, хімії, аграрії та сучасних технологій навчання. Щорічник. Вип.1 (за матеріалами виїзної сесії Української академії наук національного прогресу, присвяченої 40-річчю Тернопільської медичної академії ім. І.Я. Горбачевського. Ч. II. – Київ: Тернопіль. – 1997. – С. 415-417.
6. Ибадова Г.Д. Лазеромагнитофорез лекарственных средств в комплексном санаторно-курортном лечении больных с остеоартрозом: Пособие для врачей. – Сочи, 1994. – 9 с.
7. А.с. № 1012923 СССР. Способ введения лекарственных препаратов в живой организм / Миненкова А.А., Шарпанова И.К. Опубл. 1982.
8. Илларионов В.Е. Техника и методики процедур лазерной терапии: Справочник. – М., 1994. – 178 с.
9. Купеев В.Г. Эффективность фитолазерофореза в лечении больных с сосудистыми заболеваниями конечностей // Вестник новых технологий. – 2000. - №1. – С. 68-70.
10. Сокрут В.Н., Казаков В.Н., Синяченко В.С. и др. Медицинская реабилитация в артрологии. – Донецк: ООО «Лебедь», 2000. – 377 с.
11. Свиридова В.В., Швиренко И.Р., Сокрут Е.В., Свиридов Н.В., Клецова М.И.. Заживление послеоперационной раны при проведении лазеротерапии / Актуальные вопросы акушерства и гинекологии. Сб. научных трудов. - Донецк, 1998. – С. 102-103.
12. Петришев Н.Н., Леонтьева Н.В. и др. Возможности метода сканирующей лазеротерапии // Лазерные и информ. технологии в медицине XXI века: Материалы Междунар. конф. и науч.-практ. конф. Северо-Западного региона Российской Федерации, 21-22 июня 2001 г. – Ч. II. – СПб., 2001. - С. 378-379.
13. Флехнер В.М., Помазанський О.В., Вітик Д.П., Вітик В.Д., Маланчук Л.М., Ткачук В.І. Застосування лазерофорезу гепарину та вітаміну "Е" при лікуванні ран промежини в піс-

- ляпологовому періоді / Наукові записки з питань медицини, біології, хімії, аграрії та сучасних технологій навчання. Вип.1. - Ч. II. – К.: Тернопіль. – 1997. – С. 505.
14. Масловская С.Г., Горбунов Ф.Е., Миненков А.А. и др. Применение фотофореза лидазы при рубцово-спаечном процессе пояснично-крестцового отдела на этапе послеоперационной реабилитации больных с спондилогенными нейропатиями // Вопросы курортологии, физиотерапии и лечебной физкультуры. – 2002. – № 1. – С. 29-30.
 15. Материалы международной конференции «Применение лазеров в биологии и медицине», Киев, 1995. -
 16. Гираев К.М., Ашурбеков Н.А., Кобаев О.А. Оптические исследования биотканей: определение показателей поглощения и рассеяния // Письма в ЖТФ. - 2003. - Т. 29, вып. 1. - С. 48–54.

Дастжерді А.Х.М., Ключко Т.Р., Рассохин В.Ф. Фізіотерапевтичний метод комплексного впливу на рубцові тканини У статті запропонований метод впливу сумісними полями на тканинні структури організму з застосуванням медикаментозних засобів для ефективного лікування рубців	Dastjerdi A.H.M., Klotchko T.R., Rassohin V.F. The physiotherapy method of the complex effect at the scar tissue At work state at method of the complex fields effect of the tissue structures at used of the pharmacotherapy for the effective treatment of the scars
--	---

*Надійшла до редакції
25 липня 2006 року*

УДК 617.55-089-78

КЛАСИФІКАЦІЯ ВОЛОКОННО-ОПТИЧНИХ СИСТЕМ ДЛЯ МІНІМАЛЬНО ІНВАЗИВНОЇ КЛІНІЧНОЇ МЕДИЦИНИ

Денисов М. О., Національний технічний університет України “Київський політехнічний інститут”, м.Київ, Україна

В роботі запропонована узагальнена схема волоконно-оптичних систем (ВОС) для мінімально інвазивної клінічної медицини. Універсальна класифікація, що охоплює десять класифікаційних ознак, характеризує не тільки методи досягнення необхідного клінічного ефекту, але й можливі технічні засоби реалізації складових частин ВОС

Вступ

Мінімально інвазивна клінічна медицина (МІКМ) є одним з пріоритетних напрямків розвитку сучасних медичних технологій, спрямованих на досягнення необхідного клінічного ефекту при мінімізації ушкоджень, що потерпає пацієнт, при скороченні термінів лікування та покращенні післяклінічного відновлення здоров'я пацієнта.

Широке впровадження в клінічну медицину діагностичних та лікувальних методик, що базуються на використанні оптичного випромінювання та засобів його цільової доставки до зовнішніх та внутрішніх органів людини, дозволяє суттєво розширити можливості МІКМ. На сучасному етапі волоконно-оптичні системи (ВОС) застосовуються практично в усіх галузях клінічної медицини (при відкритому оперативному втручанні, в ендоскопічній та судинній хірургії,