

УДК 535-15:(612.7.9+615.468)

ОПТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ НИЗКОИНТЕНСИВНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ В ИНФРАКРАСНОМ ДИАПАЗОНЕ СПЕКТРА С КОЖНЫМ ПОКРОВОМ ЧЕЛОВЕКА И ПЕРЕВЯЗОЧНЫМ МАТЕРИАЛОМ

С.М.СМОТРИН, доцент, к.м.н.,

*А.К.ПОЛОНСКИЙ, профессор, д.м.н.,

**А.Р.ЕВСТИГНЕЕВ, профессор, д.т.н.

Гродненский медицинский университет

*Московский стоматологический университет

**Калужский медико-технический лазерный центр

В статье приводятся данные по биофизическим параметрам кожного покрова человека и перевязочного материала.

Ключевые слова: коэффициент отражения, коэффициент пропускания, перевязочный материал, кожный покров.

The article provides the findings concerning biophysical characteristics of human skin and dressing materials.

Key words: coefficient of reflection, coefficient of permeation, dressing materials, skin.

Всесторонний анализ имеющихся на сегодняшний день результатов применения лазерного излучения в медицине показывает, что правильный выбор режимов воздействия на биологический объект с учетом функционального состояния последнего обеспечивает достижения главной цели «доза-эффект». Развивая эту идею, В.И. Матвеев предлагает рассматривать биологические ткани и технический объект (в данном случае это источник лазерного излучения) как единую биологическую систему. Вполне очевидно, что физические параметры биологического объекта связаны с эффективностью функционирования биотехнической системы взаимодействия лазерного излучения с тканями живого организма. Данное положение свидетельствует о том, что, используя инфракрасное излучение для лечения послеоперационных ран, необходимо воздействовать определенной дозой, которая оказывает противовоспалительное действие. А если учесть, что лазерная обработка ушитых послеоперационных ран может проводиться не только путем непосредственного воздействия на кожный покров, но и через перевязочный материал, то расчет биологически активной дозы можно провести лишь с учетом биофизических пара-

метров кожного покрова и перевязочного материала.

Исследования ряда авторов [1, 3] показали, что лазерное излучение с длиной волны 0,89; 0,95 мкм обладает высокой проникающей способностью и может быть использовано для лечения ран через повязки.

Цель исследования. Изучить коэффициенты отражения когерентного и некогерентного инфракрасного излучения от кожного покрова передней брюшной стенки и коэффициенты отражения и пропускания стандартного перевязочного материала.

Материал и методы. Изучены коэффициенты отражения кожного покрова передней брюшной стенки и стандартного перевязочного материала при воздействии инфракрасным когерентным и некогерентным излучением. С этой целью использован биофотометрический метод, разработанный в МВТУ им. Баумана. Исследования проводились в лаборатории лазерных медицинских технологий Московского стоматологического университета (руководитель д.м.н., проф., действительный член лазерной академии РФ А.К. Полонский). Проведено обследование 96 пациентов различных возрастных групп. Замеры коэффициентов отражения

проводили в топографо-анатомических областях, где наиболее часто осуществляется оперативный доступ к органам брюшной полости: правая подвздошная область, правое подреберье, эпигастральная область, гипогастральная область. Изучены биофизические параметры стандартного перевязочного материала (бинт, марлевая салфетка). Полученные результаты исследований обработаны статистически с использованием программного пакета Statistica.

Результаты и обсуждение. Коэффициенты отражения кожного покрова передней брюшной стенки человека обработаны статистически и представлены в таблице 1 и 2. В результате исследований было установлено, что оптические характеристики брюшной стенки могут варьировать в пределах 5-10% в течение светового дня. В связи с этим все замеры показателей коэффициентов отражения нами проводились в период с 10 до 12 часов. Полученные результаты показывают, что коэффициенты отражения передней брюшной стенки в различных топографо-анатомических областях в одной и той же возрастной группе существенно не отличаются между собой. Наряду с этим выявлена следующая закономерность: в старших возрастных группах отмечается снижение коэффициента отражения, по сравнению с группой молодых пациентов. При этом данная закономерность прослеживается при воздействии как когерентного, так и некогерентного инфракрасного излучения.

Наряду с этим, существенных различий коэффициентов отражения в зависимости от половой принадлежности человека не выявлено. После обработки кожной поверхности бриллиантовой зеленью коэффициент уменьшался в среднем в 1,5 раза.

Определяя коэффициент отражения на симметричных участках брюшной стенки (правая и левая подвздошная

Таблица 1. Коэффициенты отражения кожного покрова передней брюшной стенки (%) при воздействии инфракрасным излучением ($\lambda = 0,89$ мкм)

Возрастные группы	Пол	n	Топографо-анатомические области *			
			1	2	3	4
21-30 лет	М	9	41±2,29	42,0±2,62	42,0±2,75	39,3±3,12
	Ж	9	42,3±2,16	43,1±3,1	41,8±2,3	41,2±1,7
31-40 лет	М	9	40,1±2,61	40,3±2,69	39,1±1,64	45,5±0,85
	Ж	9	41,3±1,9	40,9±2,7	42,7±2,1	43,4±3,7
41-50 лет	М	9	39,7±2,0	39,1±2,1	39,0±1,9	39,5±2,1
	Ж	9	38,5±1,6	39,0±2,3	39,6±1,7	39,1±2,0
51-60 лет	М	7	38,0±1,7	38,3±2,1	37,9±1,8	38,3±2,0
	Ж	7	38,1±1,8	38,1±2,0	37,8±2,2	37,8±2,3
61-70 лет	М	7	36,1±1,7	36,4±2,1	36,4±1,7	36,3±1,1
	Ж	7	36,0±2,0	36,1±1,1	36,6±1,5	35,8±2,0
Старше 70 лет	М	7	32,0±1,9	31,7±2,2	31,5±1,6	31,7±1,9
	Ж	7	31,8±2,1	31,2±1,9	31,0±1,7	31,1±1,7

- * 1. Правая подвздошная область
2. Правое подреберье
3. Эпигастральная область
4. Гипогастральная область

Таблица 2. Коэффициент отражения кожного покрова передней брюшной стенки (%) при воздействии инфракрасным лазерным излучением ($\lambda = 0,89$ мкм)

Возрастные группы	Пол	n	Топографо-анатомические области *			
			1	2	3	4
21-30 лет	М	9	38,7±2,0	37,9±1,9	38,0±2,1	38,4±1,4
	Ж	9	39,0±2,1	39,1±2,3	38,4±1,7	38,3±2,1
31-40 лет	М	9	37,4±1,5	37,5±1,7	37,8±1,7	37,0±2,0
	Ж	9	37,6±2,0	37,1±1,3	37,1±1,6	37,3±2,5
41-50 лет	М	9	36,7±2,1	36,0±2,0	36,4±1,9	36,6±1,7
	Ж	9	36,2±1,7	36,0±1,6	37,0±1,4	36,4±2,4
51-60 лет	М	7	33,1±2,0	33,0±1,8	32,9±1,9	32,6±2,1
	Ж	7	33,0±1,8	33,1±2,4	32,9±2,0	33,3±1,7
61-70 лет	М	7	30,0±1,9	30,1±1,7	30,6±2,0	30,0±1,8
	Ж	7	29,4±1,6	29,0±1,8	29,6±2,7	29,5±1,7
Старше 70 лет	М	7	27,4±1,9	27,8±1,6	27,0±1,8	27,5±1,6
	Ж	7	26,9±2,0	27,1±1,8	26,8±2,0	27,2±2,4

- * 1. Правая подвздошная область
2. Правое подреберье
3. Эпигастральная область
4. Гипогастральная область

Таблица 3. Оптические параметры стандартного перевязочного материала при воздействии инфракрасным излучением ($\lambda = 0,89$ мкм)

Перевязочный материал (толщина в мм)	Оптический спектральный коэффициент, %		
	Отражения	Пропускания	Поглощения
Бинт – 1,0	21,0	77,0	2,0
Салфетка – 1,5	21,0	71,0	8,0

Таблица 4. Оптические параметры стандартного перевязочного материала при воздействии инфракрасным лазерным излучением ($\lambda = 0,89$ мкм)

Перевязочный материал (толщина в мм)	Оптический спектральный коэффициент, %		
	Отражения	пропускания	Поглощения
Бинт – 1,0	20	75	5
Салфетка – 1,5	20	68	12

область, правое и левое подреберье), нами не было выявлено каких-либо существенных различий этих показателей. Результаты исследования оптических параметров стандартного перевязочного материала при воздействии когерентным и некогерентным инфракрасным излучением представлены в таблице 3 и 4.

Полученные данные свидетельствуют, что инфракрасное излучение ($\lambda=0,89$ мкм) обладает значительной проникающей способностью через перевязочный материал и в случае необходимости обработку послеоперационных ран можно проводить и без снятия повязки. На основании определения спектральных коэффициентов кожного покрова передней брюшной стенки, перевязочного материала, а также учета биологически активной дозы энергии появляется возможность произвести расчет времени сеанса терапии по следующей формуле:

$$T = \frac{W \times S}{N[1 - (g1 + \tau + g2)]}$$

где W – поглощенная доза энергии (Дж/см²);

N – мощность излучения (Вт);

S – площадь обрабатываемого участка (см²);

g1 – коэффициент отражения перевязочного материала;

τ – коэффициент пропускания перевязочного материала;

g2 – коэффициент отражения кожного покрова.

Этот принцип определения расчетного времени может быть заложен в конструкцию новых систем-источников когерентного и некогерентного инфракрасного излучения и с помощью малой ЭВМ в автоматическом режиме позволит достаточно легко определить длительность сеанса проводимого лечения применительно к каждому больному.

Кроме этого, нами изучен коэффициент пропускания стандартного перевязочного материала при послойном его расположении. При этом установлено, что 1 слой бинта пропускает 88,4% излучения, 2 слоя – 82,3%; 4 слоя – 61,1%, а 10 слоев – 33,2%. Определение коэффициента отражения перевязочного материала при послойном его расположении установлено, что данный показатель име-

ет постоянную величину, начиная с четырех слоев бинта. При незначительном загрязнении перевязочного материала коэффициент отражения его уменьшается в среднем на 2-3%.

Очень важным, на наш взгляд, является мощность импульса лазерного излучения, прошедшего через слой перевязочного материала, который непосредственно воздействует на биологический объект. Это связано с тем, что для получения биологического эффекта необходимо, чтобы энергии кванта было достаточно для резонансного воздействия на внутриклеточные структуры. В связи с этим фотометрическим методом определялась мощность лазерного излучения в импульсе при прохождении его через слои перевязочного материала. Полученные данные свидетельствуют о том, что инфракрасное лазерное излучение, проходя через 20 слоев бинта, полностью сохраняет максимальную энергию в импульсе, которая в последующем резко уменьшается. При прохождении инфракрасного лазерного излучения через 25 слоев бинта энергия импульса излучения определяется на минимальной величине, а при дальнейшем увеличении слоев бинта энергия импульса не фиксировалась измерительной аппаратурой.

Выводы:

1. Некогерентное и когерентное инфракрасное излучение обладает высокой проникающей способностью через перевязочный материал.
2. При проведении фотолазерной терапии необходимо учитывать потери энергии при отражении излучения от кожного покрова и перевязочного материала.

Литература

1. Евстигнеев А.Р. Лазерные фотометры для экспериментально-клинической медицины // Электронная промышленность. – 1987. – Вып. 1. – С. 46-47.
2. Матвеев В.И., Евстигнеев А.Р., Радбиль О.С., Шпигельман С.Д., Холоднов С.Е. Применение лазерной техники в биомедицине: Учебное пособие / Центральный ордена Ленина институт усовершенствования врачей. – М., 1988. – 91 с.
3. Полонский А.К. Медико-технические аспекты перспективного использования полупроводниковых лазеров и светодиодов в биомедицине и медицинском приборостроении: Сб. научных трудов. – Калуга, 1989. – С. 1-5.