

ВЛИЯНИЕ ЧЕРЕЗКОЖНОГО ЛАЗЕРНОГО ОБЛУЧЕНИЯ НА ДИНАМИКУ ОКСИГЕНАЦИИ ТКАНЕЙ

В настоящее время лазеры широко применяются в различных областях современной медицины. Особое место занимает использование биостимулирующего и терапевтического воздействия низкоинтенсивного лазерного излучения (НИЛИ) при лечении широкого спектра заболеваний, например, лазерная терапия кожных заболеваний. Вопрос определения оптимальной дозы лазерного облучения для получения желаемого терапевтического эффекта не является исчерпывающе решенным до настоящего времени. Предлагаемые в справочной и методической литературе по лазерной терапии оптимальные дозы колеблются в широких пределах от 0,4 до 100 Дж/м². Объяснить это можно отсутствием ясного понимания механизмов воздействия НИЛИ на живой организм.

Существует предположение о том, что изменение оксигенации биотканей под воздействием низкоинтенсивного лазерного излучения является одним из преобладающих механизмов терапевтического эффекта, наблюдаемого на практике. Выявление процесса устойчивой динамики оксигенации тканей может дать базу для решения проблемы определения оптимальной дозы лазерного облучения для получения желаемого терапевтического эффекта.

В известных работах по исследованию динамики оксигенации крови используются источники лазерного излучения с длинами волн в диапазоне 600 – 800 нм, однако спектр поглощения оксигемоглобина гораздо обширнее. Исходя из сказанного, представляло интерес провести оценку изменения оксигенации крови в капиллярном русле в различных частях диапазона поглощения оксигемоглобина. В соответствии с этим и была определена цель данной работы.

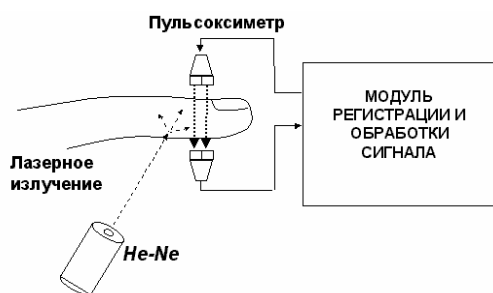
Целью данной работы было развитие методики исследования и оценка динамики степени оксигенации тканей *in vivo* в кожном покрове тела человека под действием НИЛИ и лазерного излучения средней мощности (до 2Вт), перекрывающего видимый диапазон области поглощения оксигемоглобина.

С этой целью в работе использовалось когерентное световое излучение в следующих диапазонах длин волн и мощностей:

- He-Ne лазер ($\lambda=632,8$ нм) ЛГ 207 А – мощность 1 мВт;
- He-Ne лазер ($\lambda=632,8$ нм) ЛГ 219 «Diana» – мощность 5 мВт;
- п/п лазер с длиной волны ($\lambda=655$ нм) HLDPM12-655-25 – мощность до 25 мВт;
- He-Cd лазер ЛПМ – 11 ($\lambda=440$ нм) – мощность 2 мВт;
- лазер на парах меди ($\lambda_1=510,6$ нм и $\lambda_2=578,2$ нм) – мощность 2 и 1 Вт соответственно.

Суть методики, использованной для проведения экспериментальных исследований, состоит в измерении изменения степени оксигенации крови под действием НИЛИ методом пульсоксиметрии. Схема эксперимента представлена на рис. 1.

Пульсоксиметрический датчик располагался на указательном пальце руки, охватывая



первые две фаланги (рис. 1). Измерения проводились непосредственно на первой фаланге, чуть выше ногтя. Лазерное излучение направлялось по нормали в область сустава между второй и третьей фалангами. Расстояние между точками облучения и измерения составляло 1,0–2,0 см. В качестве облучателей использовался ряд лазеров

Рис. 1. Схема эксперимента

разных длин волн и мощностей светового излучения.

Для решения поставленной задачи при выполнении экспериментов в данной работе был применен ряд лазеров, длина волны излучения которых позволяла проводить измерения в спектральном диапазоне, соответствующем основным областям спектра поглощения оксигемоглобина крови человека, что позволило провести сравнительный анализ динамики оксигенации тканей в области облучения по единой методике – пульсоксиметрии.

Такой подход к проведению измерений в рамках решаемой задачи реализован на практике, насколько нам известно, впервые.

К основным результатам, полученным в данной работе, относятся следующие.

Под воздействием низкоинтенсивного лазерного излучения (НИЛИ) ($\lambda=632,8$ нм, $P_{\text{изл}}=1$ мВт; $\lambda=440$ нм, $P_{\text{изл}}=2$ мВт) на поверхность кожи наблюдается незначительное (порядка 1%) уменьшение SaO_2 в капиллярном русле, по величине совпадающее с естественными изменениями.

1. Комбинированное воздействие НИЛИ и просветления кожного покрова приводит к существенному до 10% уменьшению SaO_2 в капиллярном русле.

2. Воздействие лазерного излучения мощностью 5 мВт ($\lambda=632,8$ нм) на поверхность кожи (без просветления) приводит к увеличению SaO_2 , что может быть объяснено тепловыми эффектами.

При просветлении кожи и в этом случае наблюдается уменьшение SaO_2 , подобное изменению при мощности светового потока 1 мВт.

3. Облучение поверхности кожи световым излучением мощностью 20 мВт ($\lambda=655$ нм) вызывает понижение уровня SaO_2 на 1% и даже в случае просветления кожи величина изменения SaO_2 не превышает этого значения.

При предварительной артериальной окклюзии восстановление SaO_2 до нормального значения происходит на 30% быстрее при облучении поверхности кожи в области близкой к датчику этим же источником, чем без облучения.

4. При облучении поверхности кожи пальца руки лазерным излучением мощностью 1 Вт ($\lambda=578,2$ нм) наблюдается не ярко выраженное уменьшение SaO_2 на величину порядка 1%, маскируемое естественными флуктуациями SaO_2 .

5. Облучение поверхности кожи излучением мощностью 1 Вт ($\lambda=510,6$ нм) приводит, в начале облучения у пульсирующему уменьшению SaO_2 , а затем к увеличению в среднем на 4%, носящему также время-переменный характер.

Облучение светом мощностью 2 Вт ($\lambda=510,6$ нм) приводит к уменьшению SaO_2 на 4% и постепенному восстановлению до нормального уровня (за время около 15 секунд после окончания облучения).

Выявленные в процессе выполнения данной работы особенности динамики SaO_2 в капиллярном русле кожи пальцев руки испытуемого говорят о перспективности применявшегося подхода – использования набора длин волн лазерного излучения, перекрывающего спектр поглощения гемоглобина крови; перспективности комбинированных методик: просветление кожи, совмещенное со световым воздействием; оптимизации: площади воздействия, мощности светового потока и просветления кожного покрова путем введения оптимальных реагентов или механического воздействия (сдавливание или растяжение).

Однако при выполнении дальнейших исследований в рамках предложенной методики схема измерений требует расширения, в частности, методика должна быть многопараметрической, так как пульсоксиметрия, как следует из проведенных исследований, не является исчерпывающим подходом для решения поставленной задачи.