

А. А. Таболич

МЕТОД ОБОГАЩЕНИЯ БИОЛОГИЧЕСКОЙ ТКАНИ КИСЛОРОДОМ ПРИ ПОМОЩИ ЛАЗЕРНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ПРИМЕНЯЕМЫЙ В СПОРТИВНОЙ МЕДИЦИНЕ

Научный руководитель: д-р физ-мат. наук. М. М. Асимов

Кафедра лазерной физики и спектроскопии,

Белорусский государственный университет, г. Минск

***Резюме.** В данной работе предлагается способ обогащения биологической ткани кислородом, необходимый для максимально быстрого восстановления спортсменов после травмирования. Метод, предложенный в ходе проведенного исследования, базируется на фотодиссоциации оксигемоглобина крови, использование метода позволит обеспечить быстрое восстановление концентрации кислорода при травмировании *in vivo* в режиме реального времени.*

***Ключевые слова:** биоткань, кислород, лазерное воздействие, гемоглобин, фотодиссоциация.*

***Resume.** In this paper we propose a method of enrichment of biological tissues with oxygen that needed for the most rapid recovery of athletes after injury. The method proposed in the course of the study, is based on the photodissociation of blood oxyhemoglobin, the use of the method allows for a rapid restoration of the oxygen concentration.*

***Keywords:** a biological tissue, oxygen, laser treatment, hemoglobin, photodissociation.*

Актуальность. Особенно важную роль для наиболее быстрого восстановления спортсменов после травмирования играет устранение гипоксии в биоткани. Поскольку в современной медицинской практике отсутствует единый общепринятый подход к решению данной проблемы, то исследования в данной области остаются актуальными.

Цель: изучить воздействие лазерного излучения *in vivo* на насыщение биологической ткани кислородом для эффективности терапевтических методов лечения спортсменов.

Задачи:

1. Провести экспериментальные исследования фотодиссоциации комплекса гемоглобина с кислородом.
2. Измерить напряженность кислорода в биоткани до начала воздействия лазерным излучением и после.
3. Определить из экспериментальных данных оптимальное время воздействия лазерным излучением.
4. Выявить возможность применения предлагаемой методики оксигенации биоткани в медицинской практике.
5. Проанализировать данные, полученные в ходе выполнения исследований

Материал и методы. Для исследования выбраны следующие методы: эксперимент измерение спектральный метод и анализ.

Фотохимические и фотофизические процессы имеют место при взаимодействии света, включая лазерное излучение гемоглобином Hb и оксигемоглобином HbO₂ и в кожных кровеносных сосудах. Следует отметить, что определяющую роль в механизме лазерного излучения, играет процесс фотодиссоциации HbO₂, приводящий к локальному повышению концентрации молекулярного кислорода O₂ в биоткани.

Для проведения экспериментальных исследований был создан образец прибора для насыщения биологической ткани кислородом за счет сочетанного действия лазерного излучения и акустических волн.



Рисунок 1 - Экспериментальное измерение дополнительной экстракции молекулярного кислорода в кожной ткани при воздействии излучением He-Ne лазера

В настоящее время установлено, что процесс заживления ран непременно включает следующие основные четыре стадии: пролиферацию фибробласта, синтез коллагена, ангиогенеза и реэпителизацию. Установлено, также, что скорость протекания указанных процессов зависит от уровня напряженности O₂ в биоткани TcPO₂

Величина TcPO₂ непосредственно указывает на количественное содержание O₂ в биоткани и, следовательно, состояния метаболизма клеток. Это является наиболее важным параметром при лечении ожогов, пролежней, ран, когда наступает хроническая ишемия - снижение потока артериальной крови. В таких ситуациях крайне необходимо дополнительное снабжение ткани кислородом, что приводит к росту скорости

синтеза коллагенов и улучшает процесс заживления раны. Увеличение $TcPO_2$ в подкожной ткани способствует также повышению защитной функции организма по отношению к бактериям.

В современной клинической практике приняты следующие критерии оценки эффективности терапевтических методов в зависимости от величины $TcPO_2$:

- $TcPO_2 > 40$ мм.рт.ст. – уровень O_2 соответствующий нормальному метаболизму клеток; обеспечивается максимальная эффективность терапевтических методов;
- 20 мм.рт.ст. $< TcPO_2 < 40$ мм.рт.ст. – гипоксия (дефицит кислорода) нарушение метаболизма клеток; низкая эффективность терапевтических методов;
- $TcPO_2 < 20$ мм.рт.ст. – глубокая гипоксия – некроз тканей.

Восстановление концентрации кислорода в биоткани до уровня нормального метаболизма клеток, т.е. устранения локальной тканевой гипоксии, является актуальной задачей современной медицины.

Гипоксия имеет локальную природу, и поиск новых методов ее устранения представляет актуальную задачу во многих областях медицины, и особенно в онкологии, где эффективность терапевтических методов прямо зависит от концентрации O_2 в ткани раковой опухоли. Широко используемые в клинической практике методы оксигенации не удовлетворяют потребностям современной медицины.

Практически все известные терапевтические методы, решающие эту задачу, основаны на принципе дополнительного снабжения биоткани кислородом.

Экспериментальные измерения локальной концентрации кислорода в кожной ткани при воздействии лазерного излучения были проведены с применением кислородного монитора TCM-300 T.

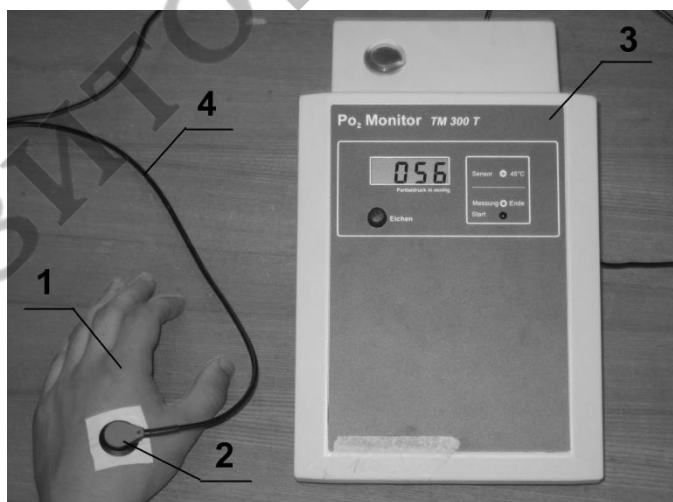


Рисунок 2 - Экспериментальное измерение оксигенации кожной ткани с помощью стандартного кислородного монитора: 1 – рука, 2 – электрод Кларка, 3 - PO_2 монитор ТМ-300Т, сигнальный кабель сенсора.

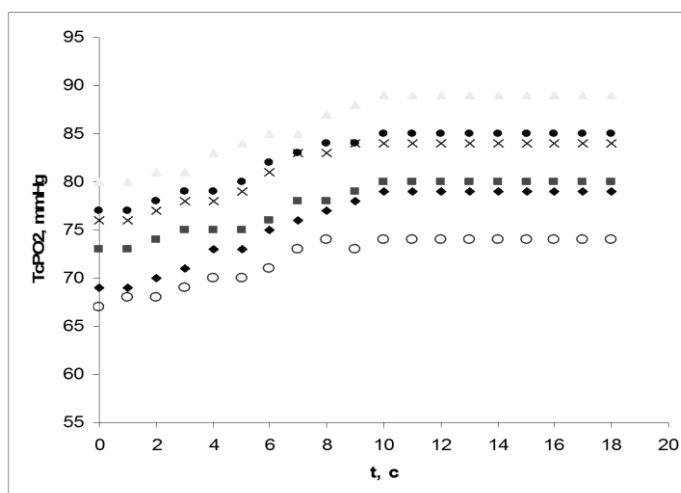


Рисунок 3 - Зависимость степени оксигенации кожи от времени облучения излучением He—Ne-лазера для 6 исследуемых добровольцев

Результаты и их обсуждение. Результаты измерений зависимости $TcPO_2$ от времени воздействия лазерного излучения на кожные кровеносные сосуды тканей запястья нескольких добровольцев приведены на рисунке 3. Исходная величина $TcPO_2$ (в отсутствие облучения) индивидуальна для каждого исследуемого и характеризует начальное напряжение O_2 в тканях.

Установлено что степень оксигенации ткани растет при увеличении времени воздействия лазером и спустя 10 мин. выходит на стационарный уровень.

Из полученного в ходе экспериментов графика заметно, что степень оксигенации ткани, при использовании данного лазерного излучения, растет при увеличении времени воздействия и спустя 6 мин. выходит на уровень насыщения.

Полученные результаты демонстрируют, что в исследуемых случаях воздействие лазера приводит к росту величины напряженности кислорода. Необходимо отметить, что, несмотря на разницу в измеряемых значениях величины $TcPO_2$ в один и тот же момент времени, наблюдается общая закономерность увеличения напряженности кислорода и выходит на стационарный уровень.

Выводы:

В ходе выполнения работы были проведены экспериментальные исследования по изучению фотодиссоциации оксигемоглобина *in vivo*. Измерена напряженность кислорода в биоткани до начала воздействия лазерным излучением и после. Определен уровень насыщения кислородом биоткани в реальном масштабе времени. Получена зависимость насыщения кислородом для различных испытуемых. Из экспериментальных данных получено, что оптимальное время воздействия лазерным излучением равно 10 минутам, поскольку через данный промежуток времени концентрация кислорода выходит на стационарный уровень.

Следует отметить, что скорость экстракции кислорода от HbO_2 остается постоянной в течение всего периода воздействия лазерным излучением. Следовательно, для того чтобы сделать лазерную терапию действительно эффективной необходимо контролировать концентрацию кислорода в ткани, поддерживая ее на уровне для обеспечения нормального метаболизма клеток.

Полученные результаты убедительно демонстрируют, что лазерно-индуцированная фотодиссоциация HbO_2 in vivo позволяет увеличить локальную концентрацию O_2 в тканях, устранить гипоксию и стимулировать аэробный метаболизм клеток.

Разработан метод позволяющий повысить концентрацию кислорода непосредственно в зоне воздействия. Полученные данные дают научную основу для использования фотодиссоциации комплекса оксигемоглобина под действием лазерного излучения в медицинской практике в частности в спортивной медицине.

A. A. Tabolich

METHOD OF ENRICHMENT OF BIOLOGICAL TISSUES WITH OXYGEN WITH THE HELP OF LASER IMPACT FOR USE IN SPORTS MEDICINE

Tutors: doctor of physical and mathematical sciences M. M. Asimov

*Department of Laser physics and Spectroscopy,
Belarusian State University, Minsk*

Литература

1. Асимов М.М., Нгуен Конг Тхань. Лазерно-индуцированная фотодиссоциация оксигемоглобина: оптический метод устранения гипоксии дефицита кислорода в биоткани /М.М. Асимов // Оптика и спектроскопия Т.111., - 2011. -№2. - С.254-259.
2. Серебряков В.А. Опорный конспект лекций по курсу «Лазерные технологии в медицине» - СПб: СПбГУ ИТМО, 2009. -266 с.
3. Grim, P.S. Hyperbaric Oxygen Therapy / P.S. Grim //JAMA. – 1990 –Vol.263. – P. 2216–2220.