

Список литературы

1. Лабунь Е.И., Киселев М.Г., Давыдова Н.С. и др. //Сб. научн. статей VI Междунар. научн.-техн. конф. «Медэлектроника-2010». Минск, 2010. С. 316–319.
2. Киселев М.Г., Лабунь Е.И. // Приборы и методы измерений. 2012. № 2 (5). С. 95–99.
3. Киселев М.Г., Осипов А.Н., Лабунь Е.И. // Докл. БГУИР. 2014. № 1. С. 53–58.
4. Осипов А.Н., Киселев М.Г., Лабунь Е.И. // Докл. БГУИР. 2012. № 5. С. 5–8.
5. Лабунь Е.И., Киселев М.Г., Осипов А.Н. и др. // Докл. БГУИР. 2015. № 3 (89). С. 18–22.
6. Лабунь Е.И., Киселев М.Г., Осипов А.Н. и др. // Метрология и приборостроение. 2015. № 3. С. 27–30.
7. Manschot J.F., Brakkee A.J. // J-Biomech. 1986. № 19 (7). P. 511–515.

УДК 615.849.19:612.352.12

**ВЛИЯНИЕ НИЗКОИНТЕНСИВНОГО ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ
НА УРОВЕНЬ ГЛЮКОЗЫ В КРОВИ ЗДОРОВЫХ ЛИЦ**

А.Н. БАТЯН, Т.И. ЖИТКЕВИЧ, М.М. АСИМОВ*

*Международный государственный экологический институт имени А.Д. Сахарова БГУ
Долгобродская 23/1, Минск, 220070, Беларусь*

**Институт физики имени Б.И. Степанова НАН
пр. Независимости 68, Минск, 220072, Беларусь*

Поступила в редакцию 16 ноября 2016

Приведены результаты исследования содержания глюкозы в крови здоровых лиц после действия низкоинтенсивного лазерного излучения красного и инфракрасного спектрального диапазонов.

Ключевые слова: низкоинтенсивное лазерное излучение, красный спектральный диапазон, инфракрасный спектральный диапазон.

Введение

В последние годы внимание исследователей привлекают физические методы воздействия на биосистему, в частности, использование различных видов лазерного излучения. В медицинскую практику внедрены методы лазеротерапии, основанные на воздействии световых потоков низкой интенсивности (не более 100 мВт/см²) различных длин волн видимого, ультрафиолетового, инфракрасного спектральных диапазонов, которые оказывают разнообразные биофизические, биохимические и клинические эффекты на организм.

Показана высокая эффективность низкоинтенсивного лазерного излучения (НИЛИ) при различных патологических состояниях организма. Методы лазерной терапии очень разнообразны – применяются пунктурная лазеротерапия, внутривенная и чрезкожная надвенная лазерная гемотерапия, сочетанные методы воздействия НИЛИ с другими лечебными мероприятиями. НИЛИ оказывает неспецифическое полевое действие на важнейшие биомолекулы – белки, ферменты, липиды, обеспечивая обратимую модификацию структуры компонентов клетки, конформационные изменения мембраны и ее регуляторной функции [1]. Лазерное облучение венозной крови применяется при различных заболеваниях и является эффективным средством повышения неспецифической резистентности организма. Внутривенное НИЛИ, являясь инвазивным методом, применяется только в условиях стационара. В связи с этим большое практическое значение для пациентов имеет чрезкожная

надвенная лазеротерапия, которую можно применять амбулаторно, в домашних условиях, а также при чрезвычайных ситуациях с целью мобилизации резервных возможностей организма.

Теоретический анализ

Действие низкоинтенсивного лазерного излучения на биоткани вызывает широкий спектр фотофизических и фотохимических изменений, результатом которых является интенсификация структурно-метаболических процессов. Свет гелий-неонового лазера обладает значительно более низкой энергетической мощностью и характеризуется дозами на 2–3 порядка ниже, чем ультрафиолетовое излучение, применяемое в физиотерапии. По своим характеристикам он очень близок к тепловому инфракрасному излучению и, наряду с фотохимическими реакциями, в терапевтическом эффекте гелий-неонового лазерного излучения заметную роль играют светоиндуцируемые перестройки молекулярных и субмолекулярных биожидкокристаллических структур и микродеформации мембраны вследствие ее оптической неоднородности [2]. В отличие от ультрафиолетового, эффекты гелий-неонового излучения характерны для слабых «физиологических» воздействий, не приводящих живые системы (мембраны, клетки, организм в целом) к стрессорному состоянию, перенапряжению [3].

Механизм действия НИЛИ основан на фотосенсебилизации эндогенных фоторецепторов, поглощающих излучение определенной длины волны. Это порфирины, входящие в состав гемопротеинов, к которым относятся гемоглобин, миоглобин, церуллоплазмин, цитохромы, а также в состав ферментов антиоксидантной системы – супероксиддисмутазы, пероксидазы, каталазы [4].

Лазерное излучение позволяет концентрировать энергию соответствующей длины волны определенными молекулами по принципу резонанса. Квант света, энергия которого соответствует энергетической емкости молекулы, поглощается ее электронным облаком, приводя в возбужденное состояние, т.е. изменяя ее химическую активность. В результате локальных атомно-молекулярных изменений происходит перераспределение поглощенной энергии кванта света и возникают конформационные перестройки макромолекул [5].

Относительно терапевтического эффекта НИЛИ существует ряд гипотез, которые рассматривают лазерное излучение как системное воздействие на организм. Механизм его биологического действия реализуется через конформационную перестройку белков мембран клеток, способствуя изменению их функциональной активности [5], увеличению проницаемости мембран, оптимизации межклеточных контактов биомолекул [6]. Одним из основных факторов лечебного действия НИЛИ является нормализация процессов ПОЛ и стимуляция антиоксидантной системы, осуществляется гипохолестеринемическое, гипохолестеринемическое действие [7, 8].

Методика эксперимента

Одним из методов лазерной терапии является лазерная гемотерапия, включающая внутривенное и чрезкожное облучение крови. Воздействие на кровь обеспечивает общую стимуляцию организма и применяется при многих патологических состояниях. Лазерное излучение выступает в роли триггера, инициирующего механизмы реактивации ферментов, поврежденных при различных патологических процессах, оптимизирует энергетический метаболизм, интенсифицирует обмен веществ [5].

Несмотря на то, что в научной литературе встречаются сведения о влиянии НИЛИ на углеводный обмен, изучены далеко не все его стороны. В частности, недостаточно освещен вопрос о влиянии НИЛИ на метаболизм глюкозы. Данный процесс является не только отражением уровня углеводного обмена, но, что гораздо важнее, демонстрирует функции β -клеток поджелудочной железы при сахарном диабете 1 типа и инсулинрезистентность при сахарном диабете 2 типа. Актуальным является выявление возможного влияния НИЛИ на уровень глюкозы в крови в норме.

В работе проведено исследование уровня глюкозы в крови здоровых лиц в условиях действия низкоинтенсивного лазерного излучения различных длин волн. Забор крови производился у добровольцев мужского пола в возрасте 20–24 лет натощак, а также через 10 мин и 1 ч после воздействия лазерного излучения. В работе использовался полупроводниковый лазер. Воздействие осуществлялось чрезкожно в область локтевого сгиба. Характеристики лазерного излучения: длины волн 635, 785 и 960 нм, мощность 1,1 мВт, частота 50–60 Гц. Определение уровня глюкозы в крови осуществлялось с помощью портативного глюкометра Bionime GM100 и капиллярных тест-полосок Rightest.

Все испытуемые были разделены на 4 группы по 10 человек: 1 группа – контрольная, без воздействия НИЛИ; 2 группа – лица, подвергавшиеся лазерному облучению с длиной волны 635 нм; 3 группа – лица, подвергавшиеся лазерному облучению с длиной волны 785 нм; 4 группа – лица, подвергавшиеся лазерному облучению с длиной волны 960 нм.

Результаты и их обсуждение

Установлено, что заметное воздействие на содержание глюкозы в крови доноров оказало только облучение с длиной волны 635 нм, а именно, через 1 ч после НИЛИ уровень глюкозы в крови снизился с 4,71 до 4,50 ммоль/л ($p < 0,01$). В остальных вариантах воздействия данный показатель не отличался от исходных значений (см. таблицу).

Уровень глюкозы в сыворотке крови здоровых лиц после чрезкожного воздействия НИЛИ различной длины волны

Время забора крови	Уровень глюкозы в сыворотке крови (ммоль/л)			
	I группа контроль	II группа 635 нм	III группа 785 нм	IV группа 960 нм
Исходный уровень	4.73±0.03	4.71±0.02	4.63±0.001	4.34±0.02
10 мин после НИЛИ	4.75±0.05	4.57±0.05	4.62±0.001	4.31±0.001
60 мин после НИЛИ	4.76±0.13	4.50±0.001*	4.69±0.002	4.33±0.01

*- $p < 0,01$ по сравнению с исходным значением

Известно, что излучение с длиной волны 635 нм соответствует красной области видимого спектра. В роли первичных фоторецепторов лазерного излучения в красной области могут выступать окислительно-восстановительные ферменты, фермент-субстратные комплексы, эритроциты, гемоглобин, кислород [5].

Лазерное воздействие на кровь сопровождается конформационными перестройками молекулы гемоглобина и изменением кислородно-транспортной функции крови. Было установлено, что лазерная гемотерапия способствует увеличению в крови оксигемоглобина на 30 % и уменьшению на 50 % содержания метгемоглобина при постоянной концентрации гемоглобина [9]. В результате увеличивается сродство гемоглобина к кислороду, что способствует лучшей оксигенации тканей. Кроме того, лазерное воздействие оказывает позитивное действие и на реологические свойства крови: снижается эритроцитарная агрегация, увеличивается способность эритроцитов к деформируемости, в результате за счет увеличения зоны доставки кислорода улучшается микроциркуляция тканей [5].

Лазерная гемотерапия способствует активации работы ряда ферментов углеводного обмена, нормализации показателей липидного обмена у больных сахарным диабетом [5, 10], повышению содержания инсулина в крови у пациентов с травматической болезнью [11]. Полученные авторами результаты по снижению уровня глюкозы в крови здоровых людей после НИЛИ красного спектрального диапазона согласуются с данными литературы о влиянии низкоинтенсивного лазерного облучения на показатели обмена веществ.

Ближний (785 нм) и дальний (960 нм) диапазоны инфракрасного лазерного излучения в наших экспериментах не оказали влияния на уровень глюкозы в крови доноров. Чрезкожное инфракрасное лазерное облучение сопровождается местными реакциями поверхностной сосудистой системы, а именно, сосудорасширяющими, противовоспалительными, обезболивающими, ранаозаживляющими эффектами [12].

Заключение

Установлено, что низкоинтенсивное лазерное излучение красного спектрального диапазона (635 нм), действующее чрезкожно в области локтевого сгиба, способствует снижению уровня глюкозы в сыворотке крови здоровых лиц. Разработанная авторами методика может явиться дополнительным мероприятием по улучшению метаболизма у больных сахарным диабетом 2 типа. Ближний (785 нм) и дальний (960 нм) диапазоны инфракрасного лазерного излучения не оказали существенного влияния на уровень глюкозы.

INFLUENCE OF LOW-INTENSITY LASER IRRADIATION ON THE GLUCOSE LEVEL IN BLOOD OF HEALTHY SUBJECTS

A.N. BATYAN., T.I. ZHITKEVICH, M.M. ASIMOV

Abstract

Investigation of glucose level in blood of healthy subjects in the applications of low-intensity laser irradiation (LILI) of different wave-lengths has been conducted in the research work.

Keywords: low-intensity laser radiation, a red spectral range, the infrared spectral range.

Список литературы

1. Мостовников В.А., Мостовникова Г.А., Павловский В.Ю. и др. Матер. Всесоюз. симпоз. «Низкоинтенсивные лазеры в медицине». Ч. 1. Обнинск, 1991. С. 67–70.
2. Мостовников В.А., Мостовникова Г.А. и др. Влияние лазерного излучения на кровь. Киев, 1989. С. 193–195.
3. Мельникова Н.А. Влияние ультрафиолетового и лазерного излучений на структуру и функции мембран форменных элементов крови: автореф. дис. ...канд. биол. наук. Саранск, 1994.
4. Витрецак Т.В., Михайлов В.В., Пирадов М.А. и др. // Бюлл. эксперим. биологии и медицины. 2003. № 5. С. 508–511.
5. Нечипуренко Н.И., Пашиковская И.Д., Степанова Ю.И. и др. // Медицинские новости. 2008. № 12. С. 17–21.
6. Владимиров Ю.А., Клебанов Г.И., Борисенко Г.Г. и др. // Биофизика. 2004. Т. 49, № 2. С. 339–350.
7. Орел Н.М., Соколовский Д.Ю. Матер. Междунар.науч. конф. «Фундаментальные и прикладные аспекты воспаления». Минск, 2011. С. 164–168.
8. Орел Н.М., Лисенкова А.М., Железнякова Т.А. и др. // Вестник БГУ. Сер. физика. 2014. № 2. С. 33–39.
9. Картусова Л.Н. Влияние излучения гелий-неонового лазера на физико-химические свойства крови: автореф. дис. ...канд. биол. наук. Москва, 1996.
10. Бородинский В.А., Бородинский А.Н., Коноваленко О.В. и др. // Здоровоохранение. 1999. № 2. С. 16–17.
11. Сердюченко Н.С., Беспальчук П.И., Чумаков В.Н. и др. // Сб. «Актуальные проблемы охраны здоровья, окружающей среды и подготовки кадров для профилактического здравоохранения Республики Беларусь». Ч. 2. 2004. С. 365–369.
12. Баграмов Р.И., Александров М.Т., Сергеев Ю.Н. Мир биологии и медицины. Лазеры в стоматологии, челюстно-лицевой и реконструктивно-пластической хирургии. М., 2010.

УДК 004.5

НЕЙРОИНТЕРФЕЙС: ПРИНЦИПЫ ДЕЙСТВИЯ И РЕАЛИЗАЦИИ

А.В. СИДОРЕНКО

*Белорусский государственный университет
пр. Независимости, 4, Минск, 220030, Беларусь*

Поступила в редакцию 17 ноября 2016

Рассмотрены принципы действия нейрокомпьютерного интерфейса. Предложены элементы его реализации на основе сверхширокополосных приемопередающих устройств типа