

Выявленные физические процессы, принципиально влияющие на физиологические и психофизиологические реакции организма, требуют системных исследований механизмов их образования. Поскольку первичные физиологические реакции формируются амплитудой виброускорения в возвратно-поступательных зонах движения фронта частотной волны, то для разработки результативных реабилитационных и развивающих методик необходимо выявить взаимосвязи: вынуждающая частота → векторно-аппликационная зона → антропометрический, морфологический тип → физиологическая реакция.

Естественно, должна предусматриваться нормировка физиологических реакций по типу высшей нервной деятельности и типу вегетососудистой реакции организма.

## **VIBROENERGY PROPAGATION QUANTATIVE RESEARCH IN THE SUBSURFACE BODY ZONES UNDER MULTIVECTOR VIBROINFLUENCE**

D.I. SAGAJDAK, V.A. TSYKUNOV

### **Abstract**

It was worked out and approved the equipment actualizing target-focused space physiologically active body surface zones vibrostimulation. The ergonomic wireless detective means and software were produced making quantitative energetical vibrocharacteristics measurements in various body zones. It was measured the vibrofrequency impact synchronously rolled onto any body zones. The interaction and summarizing mechanisms of all energetical parameters were defined. New vibroenergy transformation principals in the patient's body make the basis for controlled effective physically therapeutical and medically rehabilitative methods.

*Keywords:* physiotherapy, vibrostimulation, vibroenergy blanking out and summarizing in the body, vibrotherapy personification.

### **Список литературы**

1. Мумин А.Н., Волотовская А.В. Вибротерапия. Минск, 2007.
2. Бегун П.И., Шукейло Ю.А. Биомеханика. СПб, 2000.
3. Михеев А.А. Теория и методика вибрационной тренировки в спорте (биологическое и педагогическое обоснование дозированного вибротренинга): монография. М., 2011.
9. Дилдыбек Д.С., Жайлаубаев Ж.Ж., Узенбеков Ш.Б. // Матер. 11-й междунар. научн.-практ. конф. «Настоящи исследования и развитие». Том 14. София., 2015. С. 3–9.
10. Вибрационный массаж в эксперименте и клинике / Под ред. А.Я. Креймера, Томск, 1980.
11. Современные проблемы биомеханики. 1989. Вып. 6.

**УДК 615.849.19**

## **ЛАЗЕРНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ВОЗДЕЙСТВИЯ НА БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫЕ ТОЧКИ ДЛЯ КОРРЕКЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ АКТИВНОСТИ ФЕРМЕНТОВ ПРИ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОМ САХАРНОМ ДИАБЕТЕ**

Н.М. ОРЁЛ, А.М. ЛИСЕНКОВА, Т.А. ЖЕЛЕЗНЯКОВА, И.В. БЕЛЬСКАЯ

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

*Поступила в редакцию 15 ноября 2016*

Приведены результаты исследования воздействия низкоинтенсивным лазерным излучением на биологически активные точки с одновременным введением лекарственных препаратов для коррекции нарушения метаболизма при экспериментальном аллоксановом диабете.

*Ключевые слова:* лазерное излучение, биологически активные точки, метаболизм, экспериментальный сахарный диабет.

### Введение

Известно, что низкоинтенсивное лазерное излучение (НИЛИ) терапевтических доз в красной и ближней ИК-области спектра способно увеличивать локальную проницаемость мембранных структур и межмембранных контактов тканей организма для биомолекул, усиливать микроциркуляцию крови в облучаемой области, нормализовать отдельные стороны углеводного и липидного метаболизма [1]. Перспективным является создание лазерных технологий контролируемого введения лекарственных препаратов (ЛП) в сочетании с воздействием НИЛИ на биологически активные точки (БАТ). Для определения местоположения конкретных БАТ на теле человека и экспериментальных животных с минимальным воздействием на организм разрабатываются различные портативные устройства [2, 3]. Проведенные ранее исследования показали, что применение НИЛИ при проведении лазерофореза повышает эффективность действия некоторых ЛП [4–6]. Значительное увеличение биодоступности ЛП при применении НИЛИ нами наблюдалось при чрескожном лазерофоретическом введении веществ и одновременной активации БАТ крыс с экспериментальными патологиями печени [7]. Однако биохимические процессы, происходящие в живой ткани с момента диффузии лекарственного препарата и поглощения лазерного излучения БАТ до появления того или иного эффекта, остаются практически не исследованными. В данной работе представлены результаты исследований, обосновывающие возможность ослабления или стабилизации изменений активности важнейших биохимических маркеров развития патологии – лактатдегидрогеназы (ЛДГ) и аланинаминотрансферазы (Ал-Ат) – в печени и сыворотке крови крыс с экспериментальным аллоксановым сахарным диабетом (СД) путем воздействия НИЛИ на БАТ и в сочетании с введением адаптогена. В качестве адаптогена использовано масло семян расторопши пятнистой (*Silybum marianum* L.), поскольку научно доказано, что экстракт расторопши способен улучшать работу печени, поджелудочной железы и других органов, снижать уровень глюкозы в сыворотке крови, уменьшать потребности в экзогенном инсулине. Основным биологически активным веществом расторопши является силимарин, который, как предполагается, уменьшает резистентность клеточных мембран к инсулину, повышает выработку эндогенного инсулина [8]. Все это дает возможность использовать препараты на основе силимарина при лечении больных сахарным диабетом.

### Методика эксперимента

Исследование биохимических показателей выполнено на беспородных белых крысах массой 160–200 г, содержащихся на стандартном рационе вивария. Все эксперименты проводили в соответствии с этическими нормами обращения с животными, а также правилами проведения работ с использованием лабораторных животных в научных исследованиях, обоснованными рекомендациями и требованиями «Всемирного общества защиты животных» и «Европейской конвенцией по защите экспериментальных животных» (Страсбург, 1986).

Известно, что у человека коррекцию заболеваний печени и поджелудочной железы можно достаточно эффективно осуществлять путем иглоукалывания, проведения различных видов массажа БАТ, расположенных на третьей боковой линии живота (ЖЗ) – точки 217 и 218. В настоящей работе использовали разработанную методику нахождения расположения определенных БАТ и воздействия на них НИЛИ красного диапазона длин волн [7]. Область БАТ диаметром 1 см, топографически соответствующую точкам 217 и 218 на ЖЗ человека, подвергали сеансному лазерному облучению (в течение 5 дней по 10 мин), одновременно с этим на кожу в области БАТ наносили масло семян расторопши в дозе 10 мкл/см<sup>2</sup> как крысам с экспериментальным аллоксановым диабетом, так и без.

Положение БАТ на брюшной стороне крыс определяли с помощью миниатюрного устройства поиска БАТ по без методу Фолля с минимальным воздействием на организм

экспериментальных животных [2]. Для облучения БАТ использовали стабильный полупроводниковый источник KLM-M650-40-5 непрерывного излучения с длиной волны  $\lambda = 650$  нм (К-650). Мощность излучения на поверхности объекта была  $P \approx 5 \cdot 10^{-3}$  Вт; диаметр облучаемого участка  $d \approx 10^{-2}$  м; время облучения 10 мин. Доза облучения составляла  $D = 3$  Дж. На 10-й минуте воздействия повышение температуры кожи в области БАТ не превышало  $+0,3$  °С.

Для создания экспериментальной модели крысам вводили аллоксан тетрагидрат однократно, внутримышечно в дозе 1500 мг/кг. Развитие сахарного диабета подтверждали путем определения содержания глюкозы и показателей липидного профиля в сыворотке крови. Определение активности ЛДГ и Ал-Ат проводили кинетическим методом с использованием наборов НТПК «анализ Х». Статистическую обработку данных проводили с использованием *t*-критерия Стьюдента [9].

### Результаты и их обсуждение

Результаты исследований, приведенные в таблице, свидетельствуют о том, что внутримышечное введение аллоксана в дозе 1500 мг/кг приводит к развитию инсулинзависимого сахарного диабета, при этом организм переходит на метаболизирование аминокислот в процессе глюконеогенеза, что согласуется со значительным повышением активности ЛДГ на 55 % в гомогенате печени и Ал-Ат на 41,5 % в печени и на 128,6 % в сыворотке крови. Как видно из полученных данных, сеансное облучение области БАТ крыс с экспериментальным диабетом излучением К-650 ослабляет эффекты аллоксана, так как активность ЛДГ в печени увеличивается только на 38,8 %, а Ал-Ат в печени и сыворотке крови – на 49 % и 70,2 % соответственно. При сочетании воздействия НИЛИ на БАТ и чрескожного лазерофоретического введения масла семян расторопши пятнистой животным с аллоксановым диабетом положительная динамика изменений еще более выражена, что подтверждается повышением активности ЛДГ в печени до 25 %, а Ал-Ат в печени и сыворотке крови на 23 % и на 42,9 % по отношению к контролю соответственно.

**Активность ЛДГ, Ал-Ат в печени и сыворотке крови крыс с экспериментальным аллоксановым диабетом при облучении НИЛИ биологически активных точек и лазерофоретическом введении масла расторопши пятнистой в область БАТ**

Серия опыта	Активность ЛДГ, ммоль/кг·ч		Активность Ал-Ат, ммоль/кг·ч		Активность ЛДГ, ммоль/л·ч		Активность Ал-Ат, ммоль/кг·ч	
	Печень				Сыворотка крови			
	$X \pm S_x$	%	$X \pm S_x$	%	$X \pm S_x$	%	$X \pm S_x$	%
Интактные	1580 ± 99	100	3,67 ± 0,08	100	3,67 ± 0,08	100	0,84 ± 0,09	100
Легкий эфирный наркоз	1600 ± 83	101,3	3,75 ± 0,08	102,2	3,75 ± 0,08	102,2	0,81 ± 0,07	96,4
Сеансное лазерное облучение	1304 ± 103	82,5	3,18 ± 0,07	86,6	3,18 ± 0,07	86,6	0,92 ± 0,12	109,5
Введение аллоксана	2449 ± 208	155,0*	5,01 ± 0,08	136,5*	5,01 ± 0,08	136,5*	1,92 ± 0,28	228,6*
Введение аллоксана + сеансное лазерное облучение	2193 ± 101	138,8*	4,28 ± 0,06	116,6	4,28 ± 0,06	116,6	1,43 ± 0,24	170,2*
Сеансное чрескожное введение масла расторопши	1740 ± 118	110,1	3,49 ± 0,09	94,8	3,49 ± 0,09	94,8	0,74 ± 0,25	88,1
Сеансное чрескожное введение масла расторопши животным с аллоксановым диабетом	1982 ± 83	125,4*	4,09 ± 0,11	109,1	4,09 ± 0,11	109,1	1,28 ± 0,16	152,4*
Введение аллоксана + сеансное чрескожное введение масла расторопши и лазерное облучение	1879 ± 112	118,9	3,85 ± 0,1	104,9	3,85 ± 0,1	104,9	1,20 ± 0,14	142,9*

\* – достоверные изменения при  $P \leq 0,05$  ( $n = 7$ ).

Закономерности введения ЛП, полученные в данной работе, несколько отличаются от закономерностей, полученных авторами ранее и представленных в работах [5, 7, 10]. Было установлено, что совместное воздействие на крыс лазерного облучения БАТ и лактоферрина модифицирует их раздельное влияние на исследуемые показатели аминокислотного и углеводного обмена. Эффективность коррекции изменений этих звеньев метаболизма у крыс с доксициклин-индуцированным холестаазом в аналогичных условиях эксперимента только лазерным облучением БАТ или только введением лактоферрина была выше, чем эффективность коррекции изменений путем совместного применения облучения и исследованного гепатопротектора [5, 7, 10].

Анализ полученных результатов указывает на возможность количественного уменьшения сдвигов активности ЛДГ и Ал-Ат в печени и сыворотке крови крыс с экспериментальным СД как путем воздействия НИЛИ на область БАТ, так и чрезкожного лазерофоретического введения масла семян расторопши пятнистой. Комплексное использование физического фактора и биологически активного препарата привело к более выраженному процессу нормализации активности ЛДГ и Ал-Ат, чем использование каждого из этих факторов в отдельности.

### Заключение

Разработан метод воздействия низкоинтенсивным лазерным излучением на БАТ в сочетании с одновременным лазерофоретическим введением ЛП естественного происхождения (масла семян расторопши пятнистой), показавший выраженную положительную динамику сдвигов активности ЛДГ и Ал-Ат в печени крыс и сыворотке крови крыс, измененных развитием инсулинзависимого сахарного диабета. Результаты работы могут быть использованы в клинической практике для разработки технологии регуляции процессов обмена веществ в органах и тканях и совершенствования способов биохимического контроля при нарушении выработки инсулина поджелудочной железой, как неинвазивным методом активации БАТ с помощью НИЛИ красного диапазона длин волн, так и в сочетании с биологически активными веществами естественного происхождения.

## LASER TECHNOLOGY OF ACTION ON BIOLOGICALLY ACTIVE POINTS FOR CORRECTION OF ENZYMES ACTIVITY CHANGE IN EXPERIMENTAL ALLOXAN DIABETS

N.M. ORYOL, A.M. LISENKOVA, T.A. ZHELEZNYAKOVA, I.V. BELSKAYA

### Abstract

The results of investigation of action by low-intensity laser radiation on the biologically active points with simultaneous injection of medicine for the correction of metabolic disturbances in experimental alloxan diabetes are presented.

*Keywords:* laser radiation, biologically active points, metabolism, experimental diabetes.

### Список литературы

1. Владимиров Ю. А., Клебанов Г. И., Борисенко Г. Г. и др. // Биофизика. 2004. Т. 49, вып. 2. С. 339–350.
2. Лисенкова А.М., Железнякова Т.А., Кобак И.А. и др. // Сб. науч. статей VI Междунар. НТК «Медэлектроника–2010. Средства медицинской электроники и новые медицинские технологии». Минск, 8–9 декабря 2010 г. С. 268–271.
3. Лисенкова А.М., Лисенков Б.Н., Щербатюк В.А. Устройство для определения местоположения биологически активных точек на теле человека / Патент РБ № 14891.
4. Лисенкова А.М., Железнякова Т.А., Кугейко М.М. // Электроника-инфо. 2014. № 2. С. 32–35.

5. Орёл Н.М., Лисенкова А.М., Железнякова Т.А. и др. // Вестник БГУ. Сер. 1. 2014. № 2. С. 33-39.
6. Кугейко М.М., Лисенкова А.М., Сенчук В.В. // Труды Междунар. НТК «Медэлектроника–2002». Минск, 20–21 ноября 2002 г. С. 121–124.
7. Орёл Н.М., Пышко Е.С., Соколовский Д.Ю. и др. // Сб. науч. статей IX Междунар. науч. конф. «Лазерная физика и оптические технологии». Гродно, 30 мая–2 июня 2012 г. В 2 ч. Ч. 1. С. 118–120.
8. Vogel G. New natural products and plant drugs with pharmacological, biological or therapeutical activity. Berlin-Heidelberg-New York, 1977.
9. Рокицкий П.Ф. Биологическая статистика. Минск, 1967.
10. Гокк Е.М., Орёл Н.М., Пышко Е.С. // Матер. Междунар. науч. конф. «Фундаментальные и прикладные аспекты воспаления». Минск, 27–28 октября 2011 г. С. 121–124.

УДК 612.424.4/615.82

## ВЛИЯНИЕ НАПРАВЛЕНИЯ СООБЩАЕМЫХ ЭЛЕКТРОДУ КОЛЕБАНИЙ НА ХАРАКТЕР МОДУЛЯЦИИ ЭЛЕКТРОСТИМУЛЯЦИОННЫХ ТОКОВ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ МОДЕЛИ-ИМИТАТОРА КОЖНОГО ПОКРОВА ЧЕЛОВЕКА

М.Г. КИСЕЛЕВ, Е.И. ЛАБУНЬ, П.С. ЛЮЦКО

*Белорусский национальный технический университет  
пр. Независимости 65, 220013, Минск, Беларусь*

*Поступила в редакцию 15 ноября 2016*

Описан экспериментальный приборный комплекс, который включает в себя массажер ударно-фрикционного действия с функцией электростимуляции и аппаратных средств, обеспечивающих осуществление данного вида комплексного воздействия при различных механических и электрических параметрах и имитатор кожного покрова человека. Рассмотрено влияние направления сообщаемых электроду колебаний на форму импульсного тока.

*Ключевые слова:* электростимуляция, физиотерапия, анальгезия, имитатор кожного покрова.

### Введение

В сравнении с традиционными условиями выполнения процедуры электростимуляции, в результате проведенных экспериментальных исследований [1] выявлено, что применение вибрации активного электрода позволяет при одинаковых электрических параметрах осуществления процедуры до 50 % снизить уровень болевых ощущений у пациентов. Возникновение у пациента острых болевых ощущений ограничивается за счет увеличения токов электростимуляции, что дает возможность повысить эффективность выполнения этой процедуры. Анальгетический эффект проявляется в наибольшей степени в определенном диапазоне частот вращения насадки N. В результате проведенных экспериментов [1] оптимальное значение N составило 150–200 мин<sup>-1</sup>, что соответствует частоте прерывания электрической цепи равной 10–40 Гц при восьми лопастях в насадке. Это говорит о том, что явления, связанные с особенностями контактного взаимодействия лопасти массажера с поверхностью тела человека, лежат в основе механизма анальгетического эффекта.

Ударная, фрикционная и релаксационная стадии взаимодействия вращающейся лопасти массажера с поверхностью тела человека были выявлены в результате проведенных экспериментов [2], а также определены временные параметры их протекания с учетом частоты вращения насадки и величины натяга лопастей относительно поверхности тела.

Имеются данные, отражающие влияние на анальгетический эффект отдельно ударной и фрикционной фаз [3, 4]. Принципиально эти фазы отличаются условиями контактного взаимодействия поверхностей и, в частности, направлением их относительного перемещения.