

УДК 616.441-008.61:615.849.19

ПОКАЗАТЕЛИ МИКРОЦИРКУЛЯЦИИ ЩИТОВИДНОЙ ЖЕЛЕЗЫ В НОРМЕ И ПРИ МЕРКАЗОЛИЛОВОМ ГИПОТИРЕОЗЕ ПОСЛЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ ИНФРАКРАСНОГО ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

И.В. Смелова¹, Е.С. Головнева²¹ ГБУЗ «Многопрофильный центр лазерной медицины», Челябинск, Россия² ФГБУ ВО «Южно-Уральский государственный медицинский университет Минздрава России», Челябинск, Россия

Резюме

Лазерное воздействие на щитовидную железу успешно используется при лечении тиреопатий и гипотиреоза. Доза применяемого лазерного излучения может влиять на показатели относительной площади сосудистого русла и эффективность модуляции кровотока щитовидной железы, что отражается на ее функциональном состоянии, синтезе, накоплении и секреции тиреоидных гормонов. *Целью* исследования являлось изучение влияния инфракрасного лазерного излучения средней интенсивности при суммарной плотности дозы с поверхности кожи 112 и 450 Дж/см² на состояние микроциркуляции щитовидной железы в норме и при гипотиреозе. *Материалы и методы.* Эксперимент проведен на лабораторных крысах-самцах. *Результаты.* Показано, что лазерное воздействие изменяет состояние сосудистого русла щитовидной железы как интактных животных, так и животных с моделью гипотиреоза в зависимости от плотности дозы. При сравнении эффектов двух изучаемых режимов лазерного воздействия на щитовидную железу с экспериментальным гипотиреозом предпочтительнее облучение плотностью дозы с поверхности кожи 112 Дж/см². Полученные результаты могут быть использованы для коррекции гипотиреоза в эксперименте.

Ключевые слова: микроциркуляция, лазерное излучение, щитовидная железа, гипотиреоз.

Контакты: Смелова Ирина Викторовна, e-mail: spiral.siv@mail.ru

Для цитирования: Смелова И.В., Головнева Е.С. Показатели микроциркуляции щитовидной железы в норме и при мерказолиловом гипотиреозе после воздействия инфракрасного лазерного излучения // Лазерная медицина. – 2018. – Т. 22. – № 3. – С. 5–9

INDICATORS OF THYROID GLAND MICROCIRCULATION IN THE NORMAL STATE AND IN MERCASOLYL HYPOTHYROIDISM AFTER INFRARED LASER IRRADIATION

Smelova I.V.¹, Golovneva E.S.²¹ Multidisciplinary Center of Laser Medicine, Chelyabinsk, Russia² South-Ural State Medical University, Chelyabinsk, Russia

Abstract

Laser light is effectively used to treat diseases of the thyroid gland, namely thyropathies and hypothyroidism. Laser irradiation dose can influence the relative area of vascular bed as well as blood flow modulation in the thyroid gland what is confirmed by its functional state, synthesis, accumulation and secretion of thyroid hormones. The *aim* of the present work was to study effects of medium-level infrared laser irradiation at the summarized density dose on the skin surface equal to 112 and 450 J/cm² at the thyroid microcirculation in normal state and in hypothyroidism. *Materials and methods.* Experimental animals were lab male rats. *Results.* It has been shown that laser exposure changes vascular bed of the thyroid gland both in intact animals and in animals with hypothyroidism model depending on dose density. When comparing effects of the two studied modes of laser irradiation of the thyroid gland with experimental hypothyroidism, 112 J/cm² dose density on the skin surface is preferable. The obtained results can be used to correct hypothyroidism in experiment.

Keywords: microcirculation, laser irradiation, thyroid gland, hypothyroidism.

Contacts: Irina V. Smelova, e-mail: spiral.siv@mail.ru

For citation: Smelova I.V., Golovneva E.S. Indicators of thyroid gland microcirculation in the normal state and in mercasolyl hypothyroidism after infrared laser irradiation. *J. Laser Medicine*. 2018; 22 (3): 5–9 (in Russian)

Введение

В современной клинической практике большое количество заболеваний сопряжено с расстройством регуляции различных звеньев микроциркуляции. Не является исключением и гипотиреоз, занимающий в структуре эндокринных заболеваний второе место после сахарного диабета. При лазерном облучении щитовидной железы (ЩЖ) может изменяться ее гормональная активность, репарация тканей органа, что нашло применение при лечении гипотиреоза и аутоиммунных тиреоидитов в клинике [1, 5], но до сих пор не изучены зависимости между дозами лазерного воздействия и состоянием локальной микроциркуляции.

Гемоциркуляция ткани определяется соответствием объема циркулирующей крови объему функционирующего сосудистого русла, что в динамике зависит от скорости движения крови, сосудистого сопротивления, морфофункционального состояния клеток крови и со-

судистых стенок. Нарушение своевременного перераспределения потоков крови ведет к шунтированию кровотока и развитию метаболических и функциональных нарушений. Одним из широко применяемых методов оценки состояния кровотока ткани является лазерная доплеровская флоуметрия (ЛДФ).

Целью работы являлось изучение воздействия среднеинтенсивного инфракрасного лазерного излучения на состояние сосудистого русла и микроциркуляцию щитовидной железы в норме и при экспериментальном гипотиреозе в зависимости от плотности дозы лазерной энергии.

Материалы и методы

Эксперимент проведен на 78 беспородных половозрелых лабораторных крысах-самцах весом 200–220 г в соответствии с требованиями Хельсинкской декларации. Животные были разделены на 6 групп: 1) интактные

животные; 2) животные с экспериментальным гипотиреозом; 3) лазерное воздействие на ЩЖ intactных крыс, суммарная плотность дозы 112 Дж/см², экспозиция 45 с; 4) лазерное воздействие на ЩЖ intactных крыс, плотность дозы 450 Дж/см², экспозиция 60 с; 5) лазерное воздействие на ЩЖ крыс с моделью гипотиреоза, плотность дозы 112 Дж/см², экспозиция 45 с; 6) лазерное воздействие на ЩЖ крыс с моделью гипотиреоза, плотность дозы 450 Дж/см², экспозиция 60 с. Лазерное воздействие на каждую группу проводилось ежедневно в непрерывном режиме в течение пяти дней.

Гипотиреоз моделировали ежедневным пероральным введением мерказолила (действующее вещество – тиамазол) «Акрихин», Россия, в дозе 25 мг/кг с помощью специального зонда в течение 21 суток [6]. Оценку гипотиреоза проводили по клиническим признакам, мор-

Таблица 1

Сравнительная характеристика относительной площади сосудистого русла при лазерном воздействии

Table 1

A comparative characteristics of vascular bed relative area under laser irradiation

Группы Groups		Относительная площадь сосудистого русла (%) Relative area of vascular bed (%)
Intact control		4,12 (3,67; 5,16) ^{#1}
Лазерное воздействие 970 нм, 0,5 Вт, 45 с на intactных Laser irradiation of intact animals 970 nm, 0.5 W, 45 s	ч/з 1 сут in one day	6,94 (6,45; 7,57) ^{#0}
	ч/з 1 нед. in one week	10,63 (10,12; 11,35) ^{#0}
	ч/з 1 мес. in one month	5,76 (4,88; 6,30)
Лазерное воздействие 970 нм, 1,5 Вт, 60 с на intactных Laser irradiation of intact animals 970 nm, 1.5 W, 60 s	ч/з 1 сут in one day	5,21 (2,63; 6,59) ⁰
	ч/з 1 нед. in one week	14,04 (13,55; 15,13) ^{#0}
	ч/з 1 мес. in one month	4,17 (3,11; 5,69)
Гипотиреоз Hypothyroidism	ч/з 1 сут in one day	9,93 (9,37; 10,53) ^{1*}
	ч/з 1 нед. in one week	8,54 (7,81; 9,00) ^{1*}
	ч/з 1 мес. in one month	5,10 (4,79; 5,58) [*]
Лазерное воздействие 970 нм, 0,5 Вт, 45 с на гипотиреоз Laser irradiation of hypo- thyroidism area 970 nm, 0.5 W, 45 s	ч/з 1 сут in one day	17,85 (17,63; 17,98) ^{*0}
	ч/з 1 нед. in one week	19,42 (18,99; 19,96) ^{*0}
	ч/з 1 мес. in one month	10,39 (9,66; 11,71) ^{*0}
Лазерное воздействие 970 нм, 1,5 Вт, 60 с на гипотиреоз Laser irradiation of hypo- thyroidism area 970 nm, 1.5 W, 60 s	ч/з 1 сут in one day	9,05 (9,01; 9,64) ⁰
	ч/з 1 нед. in one week	11,57 (11,27; 12,24) ^{*0}
	ч/з 1 мес. in one month	7,96 (7,21; 8,31) ^{*0}

Примечание. ¹ – $p < 0,05$ при сравнении группы контроля с группой гипотиреоза; [#] – $p < 0,05$ при сравнении групп лазерного воздействия с группой контроля; ^{*} – $p < 0,05$ при сравнении групп лазерного воздействия с группой гипотиреоза; ⁰ – $p < 0,05$ при сравнении групп лазерного воздействия.

Note. ¹ – $p < 0.05$ when comparing control group to hypothyroidism group; [#] – $p < 0.05$ when comparing laser-irradiation groups to control group; ^{*} – $p < 0.05$ when comparing laser-irradiation groups to hypothyroidism group; ⁰ – $p < 0.05$ when comparing laser-irradiation groups.

фологическому состоянию ЩЖ и уровню тиреоидных гормонов сыворотки.

Лазерное воздействие осуществляли аппаратом ИРЭ «Полус» (Россия, длина волны 970 нм), начиная со следующего дня после окончания моделирования гипотиреоза (22-е сутки). Выведение животных из эксперимента осуществляли под эфирным наркозом путем цервикальной дислокации через 1, 7, 30 суток после окончания облучения.

Материал для морфологического исследования забирали в 10% раствор нейтрального формалина, затем готовили стандартные гистологические парафиновые срезы, которые окрашивали гематоксилином-эозином (рН = 2,0). Микроскопические исследования проводили на микроскопе «DMRXA» фирмы «Leica» (Германия) при увеличении в 400 раз. Результаты анализировали с помощью компьютерной программы «ImageScore M» (Германия), совмещенной с микроскопом.

Морфометрический анализ гистологических срезов заключался в определении площади сосудов в препарате (мкм²), площади препарата (мкм²) с последующим вычислением относительной площади сосудистого русла как отношения данных показателей, выраженного в процентах. Измерение проводили по 10 препаратам в каждой группе животных.

Оценку состояния микроциркуляции производили под общей анестезией зоветилом в дозе 10 мг/кг массы внутримышечно на сроке наблюдения 1 сут методом лазерной доплеровской флоуметрии анализатором лазерной микроциркуляции крови «ЛАКК-ОП» НПО «ЛАЗМА» (Россия). Оценку результатов флоуметрии (ЛДФ-грамм) проводили по стандартным показателям доплерограмм.

Полученные данные обрабатывались при помощи компьютерных программ Microsoft Excel, SPSS Statistics 20 непараметрическими методами с вычислением медианы, верхнего и нижнего квартилей. Для оценки значимости различий между группами сравнения использовали критерий Манна–Уитни. При вероятности ошибки $p \leq 0,05$ различия в группах считались статистически значимыми.

Результаты и обсуждение

В анализируемых гистологических препаратах щитовидной железы животных контрольной группы сосуды хорошо визуализировались. После моделирования гипотиреоза появлялись многочисленные участки очагового венозно-капиллярного полнокровия. При сравнении этих групп мы отмечали статистически значимое увеличение относительной площади сосудистого русла в группе животных с моделью гипотиреоза на сроке наблюдения 1 сут и 1 нед. (табл. 1).

Изменение сосудисто-паренхиматозных характеристик ЩЖ мы объясняем действием компенсаторных механизмов, направленных на усиление кровоснабжения ткани с целью устранения дефицита секреции гормонов в кровь. Нормализация морфологической картины к концу месяца наблюдения характеризует восстановление функции органа.

После лазерного облучения ЩЖ intactных животных при плотности дозы с поверхности кожи 112 Дж/см² сосудисто-паренхиматозное отношение достоверно повышалось на сроке 1 сут и 1 нед. Воздействие лазером на ЩЖ intactных животных при плотности дозы с поверхности кожи 450 Дж/см² способствовало достоверному увеличению площади сосудов через 1 нед. наблюдения. Через 1 мес. структура железы сопоставима с группой сравнения.

После лазерного воздействия в дозе 112 Дж/см² на щитовидную железу животных с моделью гипотиреоза мы отмечали статистически значимое увеличение относительной площади сосудистого русла на всех сроках наблюдения. Через неделю и месяц после воздействия на ЩЖ животных с экспериментальным гипотиреозом лазером в дозе 450 Дж/см² наблюдалось достоверное повышение сосудисто-паренхиматозного отношения (табл. 1). Увеличение площади сосудистого русла, наблюдаемое нами при лазерном облучении щитовидной железы как intactных животных, так и животных с моделью гипотиреоза при изучаемых режимах воздействия, мы объясняем запуском каскада реакций на клеточном уровне, способствующим улучшению микроциркуляции ткани железы и активации ангиогенеза. Эффекты лазера реализуются при поглощении фотонов соответствующими длине волны лазера мембранными хромофорами с изменением окислительно-восстановительных процессов клетки и проницаемости кальциевых каналов [4].

По данным литературы, одним из эффектов лазерного воздействия является изменение микроциркуляции органа в результате процессов, связанных с локальным синтезом оксида азота [5]. Активация кровотока ЩЖ после лазерного облучения способствует синтезу гормонов тиреоцитами [4].

При сравнении двух изучаемых режимов лазерного воздействия на группу intactных животных оказалось, что сосудисто-паренхиматозное отношение достоверно увеличивалось через 1 сут при лазерном воздействии в дозе 112 Дж/см², а в группе животных с экспериментальным гипотиреозом – на всех сроках наблюдения. Выраженные изменения сосудистого русла после облучения лазером при суммарной плотности дозы с поверхности кожи 450 Дж/см² мы объясняем более жестким действием облучения.

Оценка базального кровотока при ЛДФ включает расчет средних значений изменения перфузии: M , σ , K_v и анализ осцилляций кровотока. В силу разброса показателей амплитуд колебаний M , σ , A , для исключения влияния случайных факторов на проведение исследования целесообразнее ориентироваться на коэффициент вариации (K_v) и нормированные по σ и M характеристики ритмов колебаний. Увеличение значения K_v отражает улучшение состояния микроциркуляции [2]. Изменчивость кровотока микроциркуляторного русла обусловлена влиянием различных систем организма и проявляется ритмическими колебаниями. Расчет амплитудно-частотных (вейвлет) спектров при ЛДФ позволяет оценить влияние каждого компонента модуляции кровотока – миогенного, нейрогенного, эндотелиального (ак-

тивные факторы), а также сердечного ритма (пульсовые волны флаксмоций) и дыхательного ритма (пассивные факторы контроля). Регистрируемые при ЛДФ-граммах амплитуды активных факторов непосредственно связаны с просветом микрососудов. Снижение амплитуд сочетается с повышением тонуса и жесткости сосудистой стенки, а повышение амплитуд является следствием снижения сосудистого тонуса.

Соотношение активных и пассивных механизмов отражает эффективность регуляции модуляций кровотока и определяется индексом флаксмоций (ИФМ). О состоянии механизмов тканевой гемодинамики также позволяют судить показатели микрососудистого тонуса (СТ) и внутрисосудистого сопротивления (R_c). ЛДФ-граммы позволяют оценивать соотношение нутритивного и шунтового кровотока. Чем выше миогенный тонус (МТ) и ниже нейрогенный тонус (НТ), тем выше показатель шунтирования, и наоборот. При показателе шунтирования кровотока (ПШ) меньше 1 значительная часть крови поступает в нутритивное русло за счет спазма шунтов.

Полученное при сравнительном анализе ЛДФ-грамм животных с моделью гипотиреоза и группы контроля статистически значимое уменьшение K_v , $M(A/M)$, $D(A/M)$, $C(A/M)$ и увеличение ПШ отражает ухудшение состояния микроциркуляции, повышение тонуса сосудистой стенки и шунтирование кровотока. Доминирование в вейвлет-спектре амплитуд $D(A/3\sigma)$, $C(A/3\sigma)$ свидетельствует о преобладании механизмов пассивной модуляции кровотока. Достоверное повышение значений σ , K_v , $\Delta(A/3\sigma)$, $\Delta(A/M)$, $D(A/M)$, $C(A/M)$ после облучения щитовидной железы intactных животных изучаемыми режимами лазера мы объясняем улучшением состояния микроциркуляции, уменьшением сосудистого сопротивления (табл. 2, 3).

Статистически значимое уменьшение МТ и увеличение показателей σ , K_v , $M(A/3\sigma)$, амплитуд, нормированных по M , после воздействия лазером на ЩЖ животных с моделью гипотиреоза при плотности дозы 112 Дж/см² свидетельствует об улучшении микроциркуляции, снижении сосудистого сопротивления, улучшении нутритивного кровотока и функции органа. В вейвлет-спектре доминируют миогенные осцилляции $M(A/3\sigma)$, что характерно для активации капиллярной перфузии. По данным нашего исследования [3], снижение концентрации ТТГ, увеличение свободной и связанной фракций T_4 и T_3 также позволяет говорить о стимулирующем воздействии лазерного излучения в дозе 112 Дж/см² на ЩЖ при гипотиреозе. При использовании большей плотности дозы (450 Дж/см²) отмечалось более выраженное увеличение показателей M , σ , K_v , амплитуд, нормированных по M (табл. 2, 3), что могло свидетельствовать о критической интенсивности воздействия, близкой к повреждающему режиму.

Статистически значимое уменьшение СТ, НТ и увеличение значений K_v , амплитуд, нормированных по M , при воздействии лазером в дозе 112 Дж/см² на группу животных с экспериментальным гипотиреозом в сравнении с воздействием в дозе 450 Дж/см² характеризует эффективность регуляции микроциркуляции, что позво-

Таблица 2
Основные показатели микроциркуляции

Table 2
Basic microcirculation parameters

Группа Group	М Среднее значение микроциркуляции Mean microcirculation value	s Среднее квадратичное отклонение Mean square deviation	Kv Коэффициент вариации Variation coefficient	ППШ Показатель шунтирования Bypass index	ИФМ Индекс флуксуометрии Flux-motion index	МТ Миогенный тонус Myogenic tone	НТ Нейрогенный тонус Neurogenic tone	ЭККТ Эндогенный компонент тонуса Endothelial-dependent tone component	СТ Сосудистый тонус Vascular tone	Rc Сосудистое сопротивление Vascular resistance
Интактный контроль Intact control	14,47 (8,35; 15,94) ¹	0,93 (0,78; 1,37) [#]	8,56 (7,21; 9,82) ^{#1}	0,61 (0,46; 0,75) ¹	0,78 (0,66; 1,08)	3,15 (2,11; 5,15)	4,45 (4,25; 7,44)	6,14 (4,70; 10,99) [#]	1,31 (1,19; 2,18)	0,79 (0,69; 0,80)
Лазер 0,5 Вт на интактных 0,5 W laser for intact	15,97 (11,75; 17,20)	2,36 (1,82; 3,38) [#]	14,99 (10,57; 29,77) [#]	0,72 (0,71; 1,15)	1,07 (0,81; 1,92)	3,27 (2,60; 5,28)	4,59 (3,61; 4,65)	4,03 (2,41; 5,64) [#]	1,25 (1,03; 1,42)	0,83 (0,50; 0,89)
Лазер 1,5 Вт на интактных 1,5 W laser for intact	12,71 (10,06; 16,49)	2,69 (1,77; 4,05) [#]	19,26 (12,13; 41,34) [#]	0,82 (0,58; 0,98)	1,08 (0,78; 1,34)	3,69 (3,08; 4,47)	5,32 (3,52; 6,04)	4,64 (3,20; 7,34)	1,47 (1,13; 1,75)	0,73 (0,59; 0,75)
Гипотиреоз Hypothyroidism	22,53 (21,10; 24,76) ^{1*}	1,04 (0,68; 1,28) [*]	4,60 (3,22; 5,16) ^{1*}	1,00 (0,80; 1,69) ¹	0,94 (0,68; 1,55)	4,59 (3,55; 5,28) [*]	4,05 (2,79; 6,02)	6,29 (2,35; 9,69)	1,41 (0,99; 2,09)	0,70 (0,69; 0,78)
Лазер 0,5 Вт на гипотиреоз 0,5 W laser for hypothyroidism	7,84 (6,06; 10,73) ^{*0}	2,29 (1,77; 2,67) [*]	26,17 (19,72; 39,35) ^{*0}	0,83 (0,68; 1,24)	1,25 (1,14; 1,98)	2,38 (2,23; 3,12) [*]	3,16 (2,35; 3,54) ⁰	4,16 (1,90; 5,07)	1,00 (0,76; 1,13) ⁰	0,77 (0,67; 0,80)
Лазер 1,5 Вт на гипотиреоз 1,5 W laser for hypothyroidism	14,10 (13,93; 15,77) ^{*0}	1,91 (1,71; 2,26) [*]	13,54 (12,16; 14,38) ^{*0}	0,68 (0,56; 1,12)	0,78 (0,74; 1,31)	3,30 (2,96; 3,88)	4,70 (3,46; 5,87) ⁰	5,72 (2,94; 8,24)	1,43 (1,08; 1,65) ⁰	0,84 (0,71; 0,95)

Примечание. ¹ – $p < 0,05$ при сравнении группы контроля с группой гипотиреоза; [#] – $p < 0,05$ при сравнении групп лазерного воздействия с группой гипотиреоза; ⁰ – $p < 0,05$ при сравнении групп лазерного воздействия.

Note. ¹ – $p < 0,05$ when comparing control group with hypothyroidism group; [#] – $p < 0,05$ when comparing laser-treated groups with hypothyroidism group; ⁰ – $p < 0,05$ when comparing laser-treated groups.

Таблица 3
Нормированные на параметры М и σ амплитуды колебаний

Table 3
Vibration amplitudes normalized to parameters M and σ

Группы Groups	Э (A/3σ) E (A/3σ)	Н (A/3σ) N (A/3σ)	М (A/3σ) M (A/3σ)	Д (A/3σ) D (A/3σ)	С (A/3σ) C (A/3σ)	Э (A/М) E (A/M)	Н (A/М) N (A/M)	М (A/М) M (A/M)	Д (A/М) D (A/M)	С (A/М) C (A/M)
Интактный контроль Intact controls	5,43 (3,11; 7,11) [#]	7,50 (4,48; 7,87)	10,58 (6,60; 16,79)	11,64 (9,78; 12,64)	13,32 (12,93; 14,96)	1,45 (0,66; 2,06) [#]	1,48 (1,28; 2,01) [#]	2,72 (1,91; 3,78) ^{#1}	3,07 (2,27; 3,37) ^{#1}	3,52 (2,81; 4,34) ^{#1}
Лазер 0,5 Вт на интактных 0,5 W laser for intact	8,41 (5,99; 14,66) [#]	7,27 (7,17; 9,44)	10,20 (6,73; 13,04)	13,40 (8,27; 14,23)	14,08 (8,53; 15,49)	5,72 (1,92; 9,42) [#]	3,24 (2,30; 8,68) [#]	3,38 (3,05; 11,49)	4,67 (3,70; 11,32) [#]	5,13 (4,05; 11,06) [#]
Лазер 1,5 Вт на интактных 1,5 W laser for intact	7,60 (4,63; 10,43)	6,29 (5,53; 9,97)	9,15 (7,48; 10,86)	11,16 (9,12; 11,43)	12,87 (10,52; 13,79)	4,47 (1,83; 13,12)	5,35 (2,02; 8,98) [#]	5,84 (3,45; 9,69) [#]	6,51 (4,10; 11,11) [#]	7,37 (5,01; 12,73) [#]
Гипотиреоз Hypothyroidism	6,30 (3,45; 15,58)	8,25 (5,80; 12,51)	7,26 (6,33; 9,58) [*]	11,18 (9,16; 12,99)	13,84 (10,56; 14,41)	0,97 (0,35; 2,13) [*]	1,25 (0,61; 1,72) [*]	1,06 (0,64; 1,38) 1*	1,68 (0,96; 1,76) [*]	1,67 (1,24; 2,10) [*]
Лазер 0,5 Вт на гипотиреоз 0,5 W laser for hypothyroidism	8,37 (6,65; 17,91)	10,68 (9,48; 14,32) ⁰	13,39 (10,86; 14,98) [*]	12,74 (11,04; 13,63)	12,50 (11,23; 13,07)	8,33 (6,49; 11,44) ^{*0}	8,54 (7,56; 12,33) ^{*0}	9,72 (6,88; 17,63) ^{*0}	10,41 (6,50; 16,06) ^{*0}	9,83 (6,63; 15,49) ^{*0}
Лазер 1,5 Вт на гипотиреоз 1,5 W laser for hypothyroidism	5,92 (4,06; 12,39)	7,18 (5,71; 9,78) ⁰	10,04 (8,60; 11,29)	13,49 (11,44; 14,61)	15,23 (12,20; 17,48)	2,54 (1,52; 4,93) ⁰	2,87 (2,29; 3,92) ^{*0}	3,91 (3,28; 4,87) ^{*0}	5,24 (4,36; 6,30) ^{*0}	5,88 (4,80; 7,36) ^{*0}

Примечание. ¹ – $p \leq 0,05$ при сравнении группы контроля с группой гипотиреоза; [#] – $p \leq 0,05$ при сравнении групп лазерного воздействия с группой гипотиреоза; ⁰ – $p \leq 0,05$ при сравнении групп лазерного воздействия.

Note. ¹ – $p \leq 0,05$ when comparing control group with hypothyroidism group; [#] – $p \leq 0,05$ when comparing laser-treated groups with hypothyroidism group; ⁰ – $p \leq 0,05$ when comparing laser-treated groups.

ляет говорить о стимулирующем действии данной дозы лазера на функцию железы при гипотиреозе и характеризует регенеративные процессы, направленные на восстановление структуры и функции ЩЖ.

Выводы

Моделирование гипотиреоза введением тиамазола изменяет сосудисто-паренхиматозные взаимоотношения щитовидной железы.

Стимулирующее влияние инфракрасного лазерного излучения с суммарной плотностью дозы 112 Дж/см² на состояние сосудистого русла ЩЖ животных с моделью гипотиреоза более выражено на ранних сроках наблюдения и способствует восстановлению микроциркуляции, а при дозе 450 Дж/см² наблюдаются меньшие эффекты.

Учитывая полученные нами результаты, лазерное инфракрасное воздействие с плотностью дозы 112 Дж/см² на поверхности кожи является предпочтительным для изучения возможностей коррекции гипотиреоза в эксперименте.

Литература

1. Аристархов В.Г. Рекомендации по применению инфракрасного лазерного излучения у больных с патологией щитовидной железы // Материалы научно-практической конференции ГБОУ ВПО «РязГМУ» Минздрава России. – Рязань: РИО РязГМУ, 2014. – С. 1–48.
2. Крупаткин А.И., Сидоров В.В. Функциональная диагностика состояния микроциркуляторно-тканевых систем. Колебания, информация, нелинейность. Руководство для врачей. – М.: Медицина, 2013. – 496 с.
3. Смелова И.В., Головнева Е.С. Динамика функциональной активности тиреоцитов при изменении морфофункционального

состояния тучных клеток щитовидной железы под воздействием инфракрасного лазерного излучения // Вестник РГМУ. – 2016. – Т. 6. – С. 39–44.

4. Chaves M.E., Araujo A.R., Piancastelli A.C. et al. Effects of low-power light therapy on wound healing: LASER x LED. *An. Bras. Dermatol.* 2014; 89 (4): 616–623.
5. Hofling D.B., Chavantes M.C., Acencio M.M. et al. Effects of low-level laser therapy on the serum TGF- β concentrations in individuals with autoimmune thyroiditis. *Laser Surg.* 2014; 32 (8): 444–449.
6. Isman C.A., Yegen B.C., Alican I. Methimazole-induced hypothyroidism in rats ameliorates oxidative injury in experimental colitis. *J. Endocrinol.* 2003; 177 (3): 471–476.

References

1. Aristarkhov V.G. Recommendation for applying infrared laser light in patients with thyroid gland pathology. *Materials of scientific-practical conference of Ryazan State Medical University.* Ryazan, 2014: 1–48.
2. Krupatkin A.I., Sidorov V.V. Functional diagnostics of microcirculatory-tissue systems. Oscillations, information, non-linearity. Manual for physicians. M.: Medicina, 2013. 496.
3. Smelova I.V., Golovneva E.S. Dynamics of thyrocytes functional activity under changes in mast cell morphofunctional state in the thyroid gland irradiated with infrared laser light. *Vestnik of Russian State Medical University.* 2016; 6: 39–44.
4. Chaves M.E., Araujo A.R., Piancastelli A.C. et al. Effects of low-power light therapy on wound healing: LASER x LED. *An. Bras. Dermatol.* 2014; 89 (4): 616–623.
5. Hofling D.B., Chavantes M.C., Acencio M.M. et al. Effects of low-level laser therapy on the serum TGF- β concentrations in individuals with autoimmune thyroiditis. *Laser Surg.* 2014; 32 (8): 444–449.
6. Isman C.A., Yegen B.C., Alican I. Methimazole-induced hypothyroidism in rats ameliorates oxidative injury in experimental colitis. *J. Endocrinol.* 2003; 177 (3): 471–476.

УДК 615.8

ВЛИЯНИЕ НИЗКОЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ НА СИСТЕМУ МИКРОЦИРКУЛЯЦИИ У ФУТБОЛИСТОВ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ТИПА ВЕГЕТАТИВНОЙ РЕГУЛЯЦИИ СЕРДЕЧНОГО РИТМА

Т.М. Брук¹, Ф.Б. Литвин¹, О.В. Молотков²

¹ Смоленская государственная академия физической культуры, спорта и туризма, Смоленск, Россия

² Смоленский государственный медицинский университет, Смоленск, Россия

Резюме

Цель исследования: изучить курсовое воздействие НИЛИ в сочетании с аэробной физической нагрузкой на систему микроциркуляции у высококвалифицированных футболистов с разными типами вегетативной регуляции сердечного ритма. **Материалы и методы.** У 24 высококвалифицированных футболистов с разными типами вегетативной регуляции сердечного ритма изучали влияние 7-дневного курса НИЛИ на особенности микроциркуляции в кожных покровах в сочетании с аэробной физической нагрузкой. **Результаты.** Воздействие НИЛИ расширяло функциональные возможности системы микроциркуляции за счет повышения перфузии, усиления флуксуций и снижения тонуса микрососудов. Указанные изменения улучшают доставку кислорода к рабочим органам, что опосредованно ускоряет процессы восстановления организма спортсменов после аэробной работы. В зависимости от типа вегетативной регуляции сердечного ритма НИЛИ оказывает стимулирующее или корректирующее влияние на систему микроциркуляции. **Заключение.** Изучены особенности реактивности системы микроциркуляции на курсовое воздействие НИЛИ в зависимости от типа вегетативной регуляции сердечного ритма. Показано, что использование НИЛИ расширяет адаптационные возможности организма в период тренировочных и соревновательных нагрузок.

Ключевые слова: микроциркуляция, низкоэнергетическое лазерное излучение, типы вегетативной регуляции, спортсмены, физическая нагрузка.

Контакты: Брук Татьяна Михайловна, e-mail: bryktmcenter@rambler.ru

Для цитирования: Брук Т.М., Литвин Ф.Б., Молотков О.В. Влияние низкоэнергетического лазерного излучения на систему микроциркуляции у футболистов в зависимости от типа вегетативной регуляции сердечного ритма // Лазерная медицина. – 2018. – Т. 22. – № 3. – С. 9–14