

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 флаксмоций 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

EFFECTS OF LOW-LEVEL LASER IRRADIATION AT THE MICROCIRCULATION SYSTEM IN FOOTBALL PLAYERS DEPENDING ON THE TYPE OF VEGETATIVE REGULATION OF THEIR HEART RHYTHM

Bruk T.M.¹, Litvin F.B.¹, Molotkov O.V.²

¹ Smolensk State Academy for Physical Culture, Sports and Tourism, Smolensk, Russia

² Smolensk State Medical University, Smolensk, Russia

Abstract

Purpose: To study effects of low-level laser irradiation (LLLI) course combined with aerobic exercises at the microcirculation system in highly skilled football players with different types of vegetative regulation of their heart rhythm. **Materials and methods.** Effects of 7-day LLLI course combined with aerobic exercises at the skin microcirculation system were studied in 24 highly skilled football players with different types of vegetative regulation of their heart rhythm. **Results.** LLLI improved functional capabilities of microcirculation system by increasing perfusion, enhancing flux motions and reducing microvascular tone. These changes improve oxygen supply to working organs what indirectly speeds up recovery processes in an athletes' body after aerobic activity. Depending on the type of vegetative regulation of heart rhythm, LLLI has either stimulating or correcting effects at the microcirculation system. **Conclusion.** The researchers studied specific moments in the reactivity of microcirculation system after LLLI course as well their dependence on the type of vegetative regulation of heart rhythm. It has been shown that LLLI improves organism's adaptive capabilities during training and competition activity.

Keywords: microcirculation, low-level laser radiation, types of vegetative regulation, athletes, physical activity.

Contacts: Tatiana Bruk, e-mail: bryktmcenter@rambler.ru

For citation: Bruk T.M., Litvin F.B., Molotkov O.V. Effects of low-level laser irradiation at the microcirculation system in football players depending on the type of vegetative regulation of their heart rhythm. *J. Laser Medicine*. 2018; 22 (3): 9–14 (in Russian)

Введение

В спорте высших достижений объем и интенсивность физических нагрузок уже планируются не с учетом морфофункциональных возможностей организма спортсмена, а с ориентацией на мировые достижения в конкретном виде спорта или на получение максимально высоких спортивных результатов. Плотный календарь соревнований, переезды и перелеты, коммерческие турниры не оставляют времени для полноценного восстановления организма. Очень часто каждая последующая работа выполняется на недовосстановлении и без учета текущего состояния организма спортсмена. Совершенно очевидно, что проблему повышения работоспособности спортсменов и восстановления после физических и психоэмоциональных нагрузок нельзя решить только совершенствованием методов тренировки, без учета текущего функционального состояния организма. Понесенные траты пластического и энергетического материала требуют включения в суточный рацион полноценного спортивного питания, поиска средств и методов интенсификации процессов восстановления и повышения функционального резерва, а также расширения адаптационного потенциала организма.

Успешным решением в поиске средств повышения физической работоспособности и ускоренного восстановления без оказания негативного влияния на организм спортсменов является использование физиотерапевтических средств. Показано, что физиотерапевтические методы восстановления оказывают нормализующее влияние на регуляторные системы и стимулируют функции собственных адаптивных систем организма спортсмена [1, 4–6]. Надежными потенциальными возможностями в современном спорте обладает низкоэнергетическое лазерное излучение (НИЛИ). Результаты последних лет использования лазеров в спортивной физиологии свидетельствуют о значительном потенциале данного средства [11].

Цель исследования: изучить влияние курсового воздействия НИЛИ в сочетании с аэробной физической нагрузкой на систему микроциркуляции у высококвали-

фицированных футболистов с разными типами вегетативной регуляции сердечного ритма.

Материалы и методы

Исследование открытое, контролируемое и выполнено согласно критериям Хельсинкской декларации по этике на базе научно-исследовательской лаборатории кафедры биологических дисциплин Смоленской государственной академии физической культуры, спорта и туризма.

В исследование включено 24 высококвалифицированных футболиста.

В качестве источника лазерного излучения был использован лазерный аппарат «Узор 3КС» длиной волны $0,89 \pm 0,02$ мкм, мощностью импульса 3,7 Вт. Частота следования импульсов – 1500 Гц, время экспозиции – 8 мин двумя излучателями по 4 мин на область сонных артерий, курсом в течение семи дней.

Исследование системы микроциркуляции проводили с помощью лазерного анализатора капиллярного кровотока «ЛАКК-М» («ЛАЗМА», РФ). Продолжительность записи ЛДФ-граммы на ладонной поверхности 4-го пальца кисти правой руки составляла 5 мин. Анализировали следующие показатели: параметр микроциркуляции (ПМ), характеризующий суммарное число эритроцитов и их среднюю скорость в зондируемом объеме крови, в перфузионных единицах (пф. ед.), показатель флкса (колеблемости эритроцитов) СКО (пф. ед.).

Амплитудно-частотный анализ осцилляций кровотока был выполнен с помощью программы вейвлет-анализа. По результатам амплитудно-частотного анализа колебаний кровотока рассчитывали показатели активного механизма контроля микрогемодинамики – нейрогенный (Ан), миогенный (Ам) и эндотелий-зависимый (Аэ) компоненты тонуса (пф. ед.), а также максимальную амплитуду колебаний кровотока в диапазоне дыхательных экскурсий (Ад) и кардиоритма (Ас) (пф. ед.), представляющие пассивные механизмы регуляции. Методом оптической тканевой оксиметрии, применяемым в данном приборе, оценивали уровень сатурации кислорода

(SO_2 , %) и величину удельного потребления кислорода (U, усл. ед.).

Лазерная флуоресцентная диагностика позволяет оценить интенсивность излучения спектров флуоресценции восстановленной формы никотинамидадениндинуклеотида (НАДН) и окисленной формы ФА (ФАД). Уровень окислительно-восстановительных реакций в митохондриях клетки оценивали по соотношению НАДН/ФАД. Переход митохондрий клетки из покоя в активное состояние сопровождается увеличением концентрации окисленных форм НАД, флавопротеинов и цитохромов (a+a3, c1, c, v) и соответствующим уменьшением концентрации их восстановленных форм [7]. Следовательно, чем выше значение НАДН/ФАД, тем ниже уровень окислительно-восстановительных реакций. Расчет всех показателей проводили с помощью специального пакета программ (версия 2.0.0.423, НПП «ЛАЗМА», Россия).

Футболисты выполняли специфическую физическую нагрузку продолжительностью 90 мин. На протяжении 60 мин работа выполнялась в аэробном режиме на частоте пульса 120–140 уд./мин. На протяжении 20 мин тренировка проходила в аэробно-анаэробном режиме на пульсе 150–160 уд./мин. В течение 10 мин проводилась «заминка» с целью постепенного возвращения к исходному состоянию.

Полученные результаты были обработаны статистически с использованием пакета прикладных программ SPSS 13.0 для Windows. Результаты представлены в виде средних величин и стандартной ошибки средней величины ($M \pm m$). Оценка достоверности различий средних величин проведена с использованием t-критерия Стьюдента. Уровень значимости считали достоверным при $p < 0,05$.

Результаты и обсуждение

Сердечно-сосудистая система является общепризнанным объектом для изучения адаптационных возможностей организма к воздействию разнообразных факторов внешней и внутренней среды, в том числе и

к физическим нагрузкам. В последнее время широкое признание получил метод анализа variability сердечного ритма. При этом выделяют четыре типа регуляции сердечного ритма: умеренное (I тип) и выраженное (II тип) преобладание центрального механизма, а также умеренное (III тип) и выраженное (IV тип) доминирование автономного механизма регуляции сердечного ритма [13]. У спортсменов в зависимости от этапа годичного соревновательно-тренировочного цикла могут преобладать разные механизмы регуляции, что отражается на состоянии энергетического и пластического обмена [7, 10, 13, 14].

В наших исследованиях футболисты были разделены на две группы с доминированием I (9 спортсменов) и III (15 спортсменов) типов регуляции. В табл. 1 представлены сравнительные результаты исследования показателей микроциркуляции у футболистов с умеренным доминированием центрального механизма регуляции сердечным ритмом в исходном состоянии, сразу после аэробной физической нагрузки продолжительностью 90 мин и после сочетанного воздействия НИЛИ и физической нагрузки (ФН).

Как следует из полученных данных, у спортсменов с умеренным доминированием центрального механизма регуляции сердечного ритма в ответ на ФН достоверно на 13% снижается уровень перфузии, что, по всей видимости, связано с перераспределением значительной части крови в работающие мышцы.

При этом эффективность микрокровотока остается высокой, о чем свидетельствует рост величины флкса (СКО) на 37%. Под влиянием нагрузки часть оксигемоглобина диссоциирует с понижением на 3% показателя сатурации гемоглобина кислородом в смешанной крови микроциркуляторного русла. Освободившийся кислород диффундирует в рабочие органы, в результате показатель удельного потребления кислорода тканями несущественно повышается – 3%. Вместе с тем активность окислительно-восстановительных реакций по показателю НАДН/ФАД практически не изменяется. В ус-

Таблица 1

Тканевой кровотока в системе микроциркуляции у футболистов с I типом вегетативной регуляции сердечного ритма при курсовом воздействии НИЛИ мощностью 3,7 Вт ($n = 9$)

Table 1

Tissue blood flow in the microcirculation system in football players with vegetative regulation of heart rhythm type I under LLLI course with power 3.7 W ($n = 9$)

Этапы Stages		МП, пф. ед. MP, pu	СКО, пф. ед. SCO, pu	SO_2 , %	U, усл. ед.	Аэ, пф. ед. Ae, pu	Ан, пф. ед. An, pu	Ам, пф. ед. Am, pu	НАДН/ФАД NAD/FAD
Исходное состояние Initial state	1	9,67 ± 0,21	0,87 ± 0,10	82,9 ± 1,80	1,51 ± 0,02	15,44 ± 0,16	13,73 ± 0,28	9,06 ± 0,17	1,53 ± 0,03
Сразу после ФН Immediately after physical activity (PA)	2	8,52 ± 0,35	1,19 ± 0,17	80,4 ± 1,50	1,55 ± 0,03	13,11 ± 0,12	11,08 ± 0,16	8,03 ± 0,19	1,52 ± 0,04
После НИЛИ + ФН After LLLI + PA	3	11,37 ± 0,46	1,45 ± 0,24	75,7 ± 1,48	1,60 ± 0,04	16,02 ± 0,13	12,51 ± 0,10	9,62 ± 0,21	1,61 ± 0,06
$p < 0,05$ $p < 0,05$		1:2 1:3	1:3	1:2 1:3	1:3	1:2 1:3 2:3	1:2 1:3 2:3	1:2 1:3 2:3	

Примечание. МП – параметр микроциркуляции; СКО – показатель флкса; U – удельное потребление кислорода тканями; Аэ – эндотелий-зависимый компонент тонуса; Ан – нейрогенный показатель активного механизма контроля микрогемодинамики; Ам – миогенный показатель активного механизма контроля микрогемодинамики; НАДН/ФАД – показатель соотношения восстановленных и окисленных форм коферментов.

Note. pu – perfusion units; MP – microcirculation parameter; SCO – flux-motion parameter; A – amplitude-frequency analysis; Ae – A endothelium dependent; Am – myogenic A; An – neurogenic A; U – specific consumption of oxygen by the tissues; NAD/FAD – ratio of reduced and oxidized forms of coenzymes.

ловиях исходно повышенного тонуса симпатического звена вегетативной нервной системы (ВНС) выполнение физической нагрузки сопровождается повышением нейрогенного, миогенного и эндотелий-зависимого тонуса на уровне микрососудов системы микроциркуляции. В результате показатели Ан, Ам и Аэ колебаний статистически надежно снижаются на 24, 13 и 18% соответственно ($p < 0,05$).

Курсовое облучение НИЛИ в сочетании с ФН оптимизирует работу системы микроциркуляции в целом и обмен кислорода в частности. Так, уровень перфузии по сравнению с величиной после ФН стремительно повышается – 33% ($p < 0,05$). Одновременно на 22% растет величина флакса. Лазерное излучение стимулирует диссоциацию оксигемоглобина с понижением показателя сатурации кислорода на 6% ($p < 0,05$), что дополнительно на 3% увеличивает поступление кислорода в ткани ($p < 0,05$). Это подтверждает факт благотворного влияния НИЛИ на реологические свойства крови и увеличение кислород-транспортных возможностей организма спортсмена. В результате курсового воздействия НИЛИ возрастает экономичность расходования кислорода клетками, величина показателя НАДН/ФАД снижается на 6% ($p < 0,05$). В ответ на лазерное облучение снижается тонус микрососудов, что обеспечивает приток дополнительных порций крови в микроциркуляторное русло. Полученные данные свидетельствуют о разной чувствительности структур микроциркуляторного русла к воздействию НИЛИ. Наибольшей реактивностью обладают прекапиллярные сфинктеры, чей тонус снижается на 20%, тогда как тонус мелких артериол снижается на 13% ($p < 0,05$). Курсовое воздействие НИЛИ сопровождается выбросом дополнительных порций оксида азота, что вызывает снижение эндотелий-зависимого тонуса на 22% ($p < 0,05$). На высокую чувствительность прекапиллярных сфинктеров к воздействию НИЛИ указывали в своих работах В.И. Козлов и Ф.Б. Литвин [8, 9]. Следовательно, курсовое воздействие НИЛИ на фоне аэробной физической нагрузки улучшает перфузию тканей, ускоряет диссоциацию оксигемоглобина с последующей диффузией кислорода в ткани. При этом кислород, по всей видимости, используется для устранения кислородного долга, сформированного во время мышечной работы,

поскольку уровень окислительно-восстановительных реакций снижается.

У футболистов с умеренным доминированием автономного контура регуляции курсовое воздействие НИЛИ вызывает сходные с предыдущей группой по направленности изменения в системе микроциркуляции, но с разной степенью изменений. При исходно повышенной активности парасимпатического отдела вегетативной нервной системы (ВНС) воздействие НИЛИ носит скорее корригирующий характер в отличие от биостимулирующего при доминировании симпатического отдела ВНС в регуляции сердечного ритма. Как представлено в табл. 2, при доминировании автономного контура регуляции после аэробной работы статистически надежно на 14% повышается интенсивность микроциркуляции с одновременным улучшением на 28% величины флакса ($p < 0,05$).

Повышение флакса эритроцитов закономерно влечет за собой снижение показателя сатурации кислородом гемоглобина смешанной крови, поскольку в этих условиях облегчается отщепление кислорода от молекулы оксигемоглобина [3]. В результате свободный кислород диффундирует в ткани и участвует в окислительно-восстановительных реакциях с тенденцией на понижение величины НАДН/ФАД. В условиях исходно пониженного тонуса симпатического звена ВНС аэробная физическая нагрузка усиливает вазодилататорный эффект парасимпатического отдела ВНС. В результате показатели нейрогенного, миогенного и эндотелий-зависимого тонуса снижаются на 12, 12 и 11% соответственно.

В случае сочетанного воздействия НИЛИ на фоне ФН лазерное излучение через воздействие на биомембраны снижает тонус микрососудов. Основными мишенями, опосредующими лазерное воздействие на микрососуды и преобразующими его в изменения микроциркуляторного потока, является, с одной стороны, сократительный аппарат гладких миоцитов, а с другой – функциональная подвижность эндотелиоцитов [2, 15]. Полученные данные свидетельствуют в пользу доминирования миогенного механизма, обеспечивающего реактивность крупных артериол и венул, содержащих хорошо развитый слой гладкомышечных клеток, и согласуются с данными [12]. В частности, нейрогенный тонус мелких артериол

Таблица 2

Тканевый кровоток в системе микроциркуляции у футболистов с III типом вегетативной регуляции сердечного ритма при курсовом воздействии НИЛИ мощностью 3,7 Вт ($n = 15$)

Table 2

Tissue blood flow in the microcirculation system of football players with vegetative regulation of heart rhythm type III under LLLI course with power 3.7 W ($n = 15$)

Этапы Stages		МП, пф. ед. MP, pu	СКО, пф. ед. SCO, pu	SO ₂ , %	U, усл. ед.	Аэ, пф. ед. Ae, pu	Ан, пф. ед. An, pu	Ам, пф. ед. Am, pu	НАДН/ФАД NAD/FAD
Исходное состояние Initial state	1	12,00 ± 0,33	1,30 ± 0,29	77,10 ± 1,66	1,62 ± 0,07	18,06 ± 0,55	14,38 ± 0,29	13,09 ± 0,40	1,10 ± 0,02
Сразу после ФН Immediately after physical activity (PA)	2	13,68 ± 0,41	1,67 ± 0,41	74,99 ± 1,35	1,85 ± 0,10	20,18 ± 0,96	16,08 ± 0,45	14,50 ± 0,58	1,07 ± 0,02
После НИЛИ + ФН After LLLI + PA	3	14,05 ± 0,58	1,96 ± 0,52	71,20 ± 1,21	2,08 ± 0,14	22,59 ± 0,80	17,36 ± 0,50	16,01 ± 0,79	1,19 ± 0,03
$p < 0,05$		1:2 1:3		1:3	1:3	1:3 2:3	1:2 1:3	1:3	1:3

снижается на 8%, а миогенный тонус прекапиллярных сфинктеров понижается на 10%.

НИЛИ вызывает фотостимуляцию эндотелиальных клеток [2]. По существующим представлениям, в механизме вазодилатации при воздействии НИЛИ основное значение имеет увеличение образования оксида азота в эндотелиоцитах сосудов микроциркуляторного русла [15]. У футболистов воздействие НИЛИ вызывает снижение на 12% эндотелий-зависимого тонуса микрососудов. Улучшение пропускной способности микроциркуляторного русла повышает перфузию на 3% и величину флакса – на 17%. Это обеспечивает дальнейшую диссоциацию оксигемоглобина с понижением показателя сатурации на 5%, а потребление кислорода тканями – на 12%.

Таким образом, сочетанное воздействие НИЛИ и аэробной физической нагрузки у спортсменов с I типом вегетативной регуляции обеспечивает полное восстановление до исходного уровня показателей функционального состояния системы микроциркуляции, а у футболистов с III типом регуляции влияние НИЛИ повышает функциональный резерв организма футболистов, что подтверждается статистически достоверным увеличением изученных параметров.

Заключение

В нашем исследовании показано, что в зависимости от типа вегетативной регуляции сердечного ритма НИЛИ выполняет преимущественно биостимулирующую (I тип регуляции сердечного ритма) или корригирующую (III тип регуляции сердечного ритма) функцию по отношению к системе микроциркуляции. Фотостимулирующее влияние НИЛИ на микроциркуляцию проявляется в повышении интенсивности микрокровотока на фоне снижения сосудистого тонуса и усиления флаксаций, в улучшении диссоциации оксигемоглобина и диффузии кислорода из крови в ткани. В дальнейшем на клеточном уровне кислород активно включается в реакции окислительно-восстановительного фосфорилирования, что обеспечивает рост энергетических запасов в форме АТФ.

Литература

1. Акулич Н.В., Скобялко С.Е., Максютя Н.О., Кручинский Н.Г. Механизмы лечебного действия метода низкоинтенсивной лазерной терапии в практике спортивной медицины // Наука в олимпийском спорте. – 2015. – № 4. – С. 49–54.
2. Андреева Е.Р., Ударцева О.О., Возовиков И.Н. и др. Влияние фотодинамического воздействия на эндотелиальные клетки в модели *in vitro* // Бюллетень экспериментальной биологии и медицины. – 2010. – Т. 149. – № 2. – С. 228–231.
3. Баранов В.В., Неборский С.А. Капилляроскопические инновации в спорте высоких достижений // Ангиология и сосудистая хирургия. – 2012. – Т. 18. Приложение. – С. 12.
4. Брук Т.М., Осипова Н.В., Литвин Ф.Б. Технологическая модель комплексной оценки физической работоспособности высококвалифицированных спортсменов в циклических видах спорта и ее потенцирование низкоинтенсивным лазерным излучением // Материалы V Международной научно-практической конференции. – Смоленск, 2015. – С. 47–53.
5. Брук Т.М., Осипова Н.В., Терехов П.А. Оценка функционального состояния высококвалифицированных спортсменов на фоне лазерного воздействия // Материалы IX Международной

научно-практической конференции «Современные научные достижения – 2013». – Прага, 2013. – С. 99–104.

6. Брук Т.М., Осипова Н.В. Влияние низкоинтенсивного лазерного излучения на функциональное состояние и физиологические резервы высококвалифицированных спортсменов-борцов // Лечебная физическая культура и спортивная медицина. – 2013. – № 2 (110). – С. 19–23.
7. Клебанов Г.И., Полтанов Е.А., Чичук Т.В. и др. Изменение активности супероксиддисмутазы и содержания пероксинитрита в перитонеальных макрофагах, подвергнутых облучению He-Ne-лазером // Биохимия. – 2005. – Т. 70. – № 12. – С. 1623–1630.
8. Козлов В.И., Литвин Ф.Б., Рыжакин С.М. Лазерная фотостимуляция кровотока в пиллярных микрососудах // Тихоокеанский медицинский журнал. – 2016. – № 2. – С. 90–93.
9. Литвин Ф.Б. Возрастные и индивидуально-типологические особенности микроциркуляции у мальчиков, подростков и юношей // Регионарное кровообращение и микроциркуляция. – 2006. – Т. 5. – № 17. – С. 44–50.
10. Литвин Ф.Б., Аносов И.П., Асямолов П.О., Васильева Г.В. Сердечный ритм и система микроциркуляции у лыжников в предсоревновательном периоде спортивной тренировки // Вестник Удмуртского университета. – 2012. – Вып. 1. – С. 67–74.
11. Павлов С.Е., Разумов А.Н., Павлова А.С. Лазерная стимуляция в медико-биологическом обеспечении подготовки высококвалифицированных спортсменов. – М.: Спорт, 2017. – 216 с.
12. Черток В.М., Коцюба А.Е. Эндотелиальный (интимальный) механизм регуляции мозговой гемодинамики: трансформация взглядов // Тихоокеанский медицинский журнал. – 2012. – № 2. – С. 17–26.
13. Шлык Н.И. Сердечный ритм и тип регуляции у детей, подростков и спортсменов (монография). – Ижевск: Удмуртский университет, 2009. – 259 с.
14. Шлык Н.И. Индивидуальный подход к оценке состояния регуляторных систем у бегунов спринтеров и стайеров в условиях среднегорья // Материалы XXIII съезда Физиологического общества имени И.П. Павлова. – Воронеж: ИСТОКИ, 2017. – С. 2068–2069.
15. Gensert J.M., Ratan R.R. The metabolic coupling of arginine metabolism to nitric oxide generation by astrocytes. *Axntioxid. Redox. Signal.* 2006; 8 (5–6): 919–928.

References

1. Akulich N.V., Skobialko S.E., Maksuta N.O., Kruchinsky N.G. Mechanisms of curative effects of low-level laser therapy in sport medicine. *Science in Olympic sport.* 2015; 4: 49–54.
2. Andreeva E.R., Udartseva O.O., Vozovikov I.N. et al. Photodynamic effects on endothelial cells in *in vitro* model. *Bulletin of Experimental Biology and Medicine.* 2010; 149 (2): 228–231.
3. Baranov V.V., Neborsky S.A. Capillaroscopic innovations in the sport of high achievements. *Angiology and vascular surgery.* 2012; 18, appendix: 12.
4. Bruk T.M., Osipova N.V., Litvin F.B. A technological model of complex assessment of physical capability in highly skilled athletes in cyclic sports and its potentiation with low-level laser irradiation. *Proceedings of V-th International Scientific and Practical Conference.* Smolensk, 2015: 47–53.
5. Bruk T.M., Osipova N.V., Terekhov P.A. Assessment of functional state in highly qualified athletes under effects of laser light exposure. *Proceedings of IX International Scientific and Practical Conference «Modern scientific achievements – 2013».* Prague, 2013: 99–104.
6. Bruk T.M., Osipova N.V. Effects of low-level laser irradiation at the functional state and physiological reserves of highly skilled sportsmen-wrestlers. *Curative physical culture and sport medicine.* 2013; 2 (110): 19–23.
7. Klebanov G.I., Poltanov E.A., Chichuk T.V. et al. Changes in the activity of superoxide dismutase and peroxynitrite content in peritoneal macrophages irradiated with He-Ne laser light. *Biochemistr.* 2005; 70 (12): 1623–1630.

8. Kozlov V.I., Litvin F.B., Ryzhakin S.M. Laser photostimulation of blood flow in pial microvessels. *Pacific Medical Journal*. 2016; 2: 90–93.
9. Litvin F.B. Age and individual typological features of microcirculation in boys, adolescents and young men. *Regional blood circulation and microcirculation*, 2006; 5 (17): 44–50.
10. Litvin F.B., Anosov I.P., Asamolov P.O., Vasilieva G.V. Heart rhythm and microcirculation system in skiers in the pre-competition period of sports training. *Bulletin of the Udmurt University*. 2012; issue 1: 67–74.
11. Pavlov S.E., Razumov A.N., Pavlova A.S. Laser stimulation in biomedical support for the training of highly skilled athletes. M.: Sport, 2017: 216.
12. Chertok V.M., Kotsyuba A.E. Endothelial (intimal) mechanism of regulation of cerebral hemodynamics: transformation of views. *Pacific Medical Journal*. 2012; 2: 17–26.
13. Shlyk N.I. Heart rhythm and type of regulation in children, adolescents and athletes (monograph). Izhevsk: Udmurt University, 2009: 259.
14. Shlyk N.I. An individual approach to the assessment of regulatory system state in runners, sprinters and stayers in the area of midlands. *Proceedings of 23rd Congress of Physiological Society named after I.P. Pavlov*. Voronezh: ISTOKI, 2017: 2068–2069.
15. Gensert J.M., Ratan R.R. The metabolic coupling of arginine metabolism to nitric oxide generation by astrocytes. *Axntioxid. Redox. Signal*. 2006; 8 (5–6): 919–928.

УДК 615.8

НЕКОТОРЫЕ ПАРАМЕТРЫ КРОВИ ВЫСОКОКВАЛИФИЦИРОВАННЫХ ФУТБОЛИСТОВ С РАЗЛИЧНЫМ ТИПОМ РЕГУЛЯЦИИ СЕРДЕЧНОГО РИТМА В УСЛОВИЯХ СОЧЕТАННОГО ДЕЙСТВИЯ ФИЗИЧЕСКОЙ НАГРУЗКИ И НИЗКОИНТЕНСИВНОГО ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

Н.В. Осипова, Т.М. Брук

ФГБОУ ВО «Смоленская государственная академия физической культуры, спорта и туризма», Смоленск, Россия

Резюме

Цель. Оценить влияние сочетанного действия физической нагрузки и низкоинтенсивного лазерного излучения на организм высококвалифицированных футболистов с различным типом регуляции сердечного ритма. **Материалы и методы.** В исследовании приняли участие 24 высококвалифицированных футболиста. Для оценки влияния сочетанного действия НИЛИ и специфической физической нагрузки было применено низкоинтенсивное лазерное излучение с использованием медицинского лазерного прибора «Узор-3КС». Определение гормонов проводилось при помощи наборов реактивов «Нема» (Германия) методом прямого (ТТГ) и конкурентного (АКТГ, кортизол, Т3, Т4 – общие и свободные фракции) твердофазного иммуноферментного анализа. Определение содержания бета-эндорфина проводилось методом иммуноферментного анализа с использованием наборов реактивов «Peninsula» (Италия) после лиофильной сушки, экстракции и пробоподготовки. Определение содержания бета-эндорфина, гормонов проводилось на фотометре вертикального сканирования «StatFax 303 Plus» (Германия). **Результаты.** Анализируя особенности реагирования гормонов и нейропептидов в ответ на действие физической нагрузки после курса НИЛИ у футболистов с различными типами вегетативной регуляции установили, что у спортсменов с умеренным типом центральной регуляции отмечено достоверное увеличение бета-эндорфина, ТТГ, обеих фракций тироксина, АКТГ и кортизола. На этом фоне зафиксировано снижение Т3. У футболистов самой малочисленной группы с выраженным доминированием центрального контура регуляции отмечены явные тенденции к увеличению бета-эндорфина, ТТГ, кортизола и снижению обеих фракций Т3. Высококвалифицированные спортсмены-футболисты с автономным контуром управления сердечным ритмом реагируют на сочетанное действие НИЛИ и специфической физической нагрузки сравнительно умеренным сдвигом изученных показателей гормонального статуса. У группы футболистов с крайне высоким преобладанием автономного контура управления сердечным ритмом отмечено лишь достоверное увеличение бета-эндорфина и кортизола. **Заключение.** У высококвалифицированных футболистов в зависимости от типа вегетативной регуляции сердечного ритма воздействие НИЛИ после специфической физической нагрузки в большей степени оказывало корригирующее влияние на показатели нейроэндокринного статуса.

Ключевые слова: нейроэндокринный статус, гормоны, высококвалифицированные спортсмены, специфическая физическая нагрузка.

Контакты: Осипова Наталья Владимировна, e-mail: osipovanv@mail.ru

Для цитирования: Осипова Н.В., Брук Т.М. Некоторые параметры крови высококвалифицированных футболистов с различными типами регуляции сердечного ритма в условиях сочетанного действия физической нагрузки и низкоинтенсивного лазерного излучения // Лазерная медицина. – 2018. – Т. 22. – № 3. – С. 14–19

SOME BLOOD PARAMETERS OF HIGHLY SKILLED FOOTBALL PLAYERS WITH DIFFERENT TYPES OF CARDIAC RHYTHM REGULATION UNDER THE COMBINED EFFECT OF PHYSICAL LOADING AND LOW-LEVEL LASER IRRADIATION

Osipova N.V., Bruk T.M.

Smolensk State Academy for Physical Culture, Sports and Tourism, Smolensk, Russia

Abstract

Purpose of the present work is to evaluate effects of the combined action of physical activity and low-level laser irradiation (LLLI) at the organism of highly skilled football players with different types of heart rate regulation. **Materials and methods.** 24 highly skilled football players took part in the study. To assess combined effects of LLLI and specific physical loading, athletes had LLLI course using medical laser device «Uzor-3KS». Hormones were tested with the reagent kits «Hema» (Germany) by direct (TTH) and competitive (ACTH, cortisol, T3, T4 – total and free fractions) solid-phase enzyme immunoassay. Beta-endorphin level was defined using enzyme immunoassay