

УДК 615. 874

DOI: 10.37895/2071-8004-2021-25-4-16-22

# ВЛИЯНИЕ СОЧЕТАННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НИЗКОИНТЕНСИВНОГО ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ И БИОДОБАВОК НА СИСТЕМУ МИКРОЦИРКУЛЯЦИИ У СПОРТСМЕНОВ

**Т.М. Брук<sup>1</sup>, Ф.Б. Литвин<sup>1</sup>, К.Н. Ефременков<sup>1</sup>, В.И. Козлов<sup>2</sup>**<sup>1</sup>ФГБОУ ВО «Смоленский государственный университет спорта», Смоленск, Россия<sup>2</sup>ФГАУ ВО «Российский университет дружбы народов», Москва, Россия

## Резюме

Проблема устойчивости организма спортсменов к воздействию предельных физических нагрузок, приводящих к снижению адаптационных возможностей организма и развитию перетренированности, является особо актуальной в современном спорте. С целью повышения физической работоспособности спортсменов ведется постоянный поиск новых средств и методов.

*Цель:* изучить влияние на систему микроциркуляции биодобавок как при изолированном применении, так и в комплексе с низкоинтенсивным лазерным излучением.

*Материал и методы.* В исследование включено 28 высококвалифицированных мужчин-многоборцев уровня кандидатов в мастера и мастеров спорта, получавших биодобавки и низкоинтенсивное лазерное воздействие. Для исследования параметров кожной микроциркуляции применяли метод лазерной доплеровской флоуметрии с помощью прибора «ЛАКК-02» НПП «ЛАЗМА». Вычисляли такой параметр, как показатель микроциркуляции, пропорциональный числу эритроцитов в диагностируемом объеме и их средней скорости. В полученном сигнале содержится информация об активных механизмах регуляции сосудистого тонуса (эндотелиальном, нейрогенном и миогенном), пассивных механизмах (дыхательных и сердечных колебаниях кровотока), а также показатель флакса, показатель удельного потребления кислорода тканями, показатель концентрации эритроцитов в зондируемом объеме крови и соотношение коферментов восстановленного никотинамидадениндинуклеотида и окисленного флавинадениндинуклеотида.

*Результаты.* После изолированного применения биодобавок статистически значимо повышается уровень перфузии – на 48 % ( $p < 0,05$ ), на 78 % ( $p < 0,05$ ) – величина флакса. Из кровяных дело в микроциркуляторное русло выбрасывается на 22 % ( $p < 0,05$ ) больше эритроцитов. Тонус артериол снижается на 48 % ( $p < 0,05$ ), прекапиллярных сфинктеров – на 59 % ( $p < 0,05$ ). В митохондриях на 55 % ( $p < 0,05$ ) повышается соотношение коферментов никотинамидадениндинуклеотида и окисленного флавинадениндинуклеотида.

*Заключение.* Лазерное излучение в комплексе с биодобавками оптимизирует восстановительные процессы в организме спортсменов, подвергающихся предельным физическим нагрузкам. При комплексном воздействии повышается интенсивность микроциркуляции, улучшается отдача кислорода гемоглобином эритроцитов, активная его диффузия из крови в ткани и участие в синтезе АТФ на уровне митохондриальной клетки. Уместно отметить сходство при изолированном применении биодобавок и в комплексе с низкоинтенсивным лазерным излучением, которое усиливает механизм действия биодобавок.

**Ключевые слова:** спортсмены, микроциркуляция, лазерная доплеровская флоуметрия, биодобавки, низкоэнергетическое лазерное излучение

**Для цитирования:** Брук Т.М., Литвин Ф.Б., Ефременков К.Н., Козлов В.И. Влияние сочетанного воздействия низкоинтенсивного лазерного излучения и биодобавок на систему микроциркуляции у спортсменов. *Лазерная медицина*. 2022; 26(1): 2021; 25(4): 16–22. <https://doi.org/10.37895/2071-8004-2021-25-4-16-22>

**Контакты:** Литвин Ф.Б., e-mail: bf-litvin@yandex.ru

## THE COMBINED EFFECT OF LOW-LEVEL LASER THERAPY AND DIETARY SUPPLEMENTS AT THE MICROCIRCULATION SYSTEM IN ATHLETES

**Brook T.M.<sup>1</sup>, Litvin F.B.<sup>1</sup>, Efremenkov K.N.<sup>1</sup>, Kozlov V.I.<sup>2</sup>**<sup>1</sup>Smolensk State University of Sport, Smolensk, Russia<sup>2</sup>Peoples' Friendship University of Russia, Moscow, Russia

## Abstract

The problem of athletes' body resistance to effects of extreme loadings which lead to decreased adaptive capabilities of the body and overtraining is particularly relevant in modern sports. In order to improve the physical performance of athletes, there is a constant search for new tools and methods.

*Aim:* to study the effect of dietary supplements at the microcirculation system, both in isolated use and in combination with low-level laser therapy.

*Material and methods.* The study included 28 highly qualified male all-around athletes of the CMC and MS levels. To study the parameters of skin microcirculation, laser Doppler flowmetry (LDF) was used, device "LAKK-02" (NPP "LAZMA"). The following parameter was calculated: microcirculation index (MI) proportional to the number of red blood cells in the diagnosed volume and their average velocity. The received signal give the information about endothelial, neurogenic and myogenic active mechanisms of vascular tone regulation and passive mechanisms – respiratory and cardiac fluctuations in blood flow; flax index, specific oxygen consumption index by tissues, erythrocyte concentration index in the probed blood volume and the ratio of coenzymes of reduced nicotinamide adenine dinucleotide (NADH) and oxidized flavinadenine

dinucleotide (FAD) (NADH/FAD).

**Results.** After isolated use of dietary supplements, the level of perfusion increases significantly by 48 % ( $p < 0.05$ ), and the value of the flux increases by 78 % ( $p < 0.05$ ). More red blood cells by 22 % ( $p < 0.05$ ) are released from blood depots into the microcirculatory bed. The tone of arterioles decreases by 48 % ( $p < 0.05$ ), of precapillary sphincters – by 59 % ( $p < 0.05$ ). In mitochondria, ratio of NADH/FAD coenzymes increases by 55 % ( $p < 0.05$ ).

**Conclusion.** Laser radiation in combination with dietary supplements optimizes recovery processes in the body of athletes who are subjected to heavy physical exertion. Under the combined effect, the intensity of microcirculation increases, oxygen output of erythrocytes by hemoglobin improves as well as its active diffusion from blood into tissues and participation in the ATP synthesis at the level of cell mitochondrial. It is worth noting that there is similarity in the isolated use of dietary supplements and in combination with low-energy laser radiation which enhances the mechanism of action of dietary supplements.

**Key words:** athletes, microcirculation, laser Doppler flowmetry, dietary supplements, low-level laser therapy

**For citations:** Brook T.M., Litvin F.B., Efremenkov K.N., Kozlov V.I. The combined effect of low-level laser therapy and dietary supplements at the microcirculation system in athletes. *Laser Medicine*. 2021; 25(4): 16–22. [In Russ.]. <https://doi.org/10.37895/2071-8004-2021-25-4-16-22>

**Contacts:** Litvin F.B., e-mail: [bf-litvin@yandex.ru](mailto:bf-litvin@yandex.ru)

## ВВЕДЕНИЕ

В реализации модели «Чемпиона» все чаще используются предельные как по объему, так и по интенсивности, физические нагрузки. Без учета текущего функционального состояния и наличного адаптационного потенциала такой подход нередко заканчивается перетренированностью, дезадаптацией, появлением патологических нарушений в органах и системах организма, что неминуемо приводит к завершению спортивной карьеры [1–4]. Для устранения негативных последствий актуальными остаются направления поиска средств и способов ускоренного восстановления, повышения функциональных возможностей органов и систем, роста спортивного мастерства. В публикациях последних лет рассматривается эффективность применения отдельных стимуляторов, направленных на повышение физической работоспособности и ускорения восстановительных процессов [5–11], достижения суперкомпенсации [12, 13]. Часть работ посвящена изучению потенцирования энергетических и пластических ресурсов организма с применением низкоинтенсивного лазерного излучения (НИЛИ) [14–17]. В то же время недостаточно изученным остается вопрос о влиянии комплексного применения современных внутренировочных средств на организм спортсменов и продолжительности сохранения отставленного эффекта после их сочетанного применения.

**Цель исследования:** изучить влияние на систему микроциркуляции биодобавок, как при изолированном применении, так и в комплексе с низкоинтенсивным лазерным излучением.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

В исследование включено 28 высококвалифицированных мужчин многоборцев уровня КМС и МС. Для исследования параметров кожной микроциркуляции применяли метод лазерной доплеровской флоуметрии (ЛДФ) с помощью прибора «ЛАКК-02» НПП «ЛАЗМА». Метод является одним из наиболее широко распространенных методов оптической неинвазивной диагностики функционального состояния микроциркуляторной части сосудистого русла. Метод основан на облучении кожного покрова когерентным

лазерным излучением с последующей регистрацией интенсивности обратно отраженного излучения от статичных и подвижных структур ткани [18]. Датчики ЛДФ-сигнала фиксировали на волярной поверхности 4-го пальца кисти справа. Время записи составило 5 минут. Вычислялись следующие параметры: показатель микроциркуляции (ПМ), пропорциональный числу эритроцитов в диагностируемом объеме и их средней скорости. В полученном сигнале содержится информация об активных механизмах регуляции сосудистого тонуса: эндотелиальном ( $A_e$ ), нейрогенном ( $A_n$ ) и миогенном ( $A_m$ ), пассивных механизмах – дыхательных ( $A_d$ ) и сердечных ( $A_c$ ) колебаниях кровотока, а также показатель флакса (СКО). Методом тканевой оптической оксиметрии оценивали показатель удельного потребления кислорода тканями ( $U$ , усл. ед.). Методом лазерной флуоресцентной спектроскопии оценивали интенсивность излучения спектров флуоресценции восстановленной формы никотинамидадениндинуклеотида (НАДН) и окисленной формы флавинадениндинуклеотида (ФАД). Уровень окислительно-восстановительных реакций в митохондриях клетки оценивали по соотношению НАДН/ФАД.

На исходном этапе регистрировали показатели микроциркуляции до приема биодобавок и воздействия НИЛИ. На втором этапе изучали динамику показателей после курсового приема биодобавок и на третьем этапе – после дополнительного присоединения облучения НИЛИ к биодобавкам.

Для ускорения обменных процессов и хода восстановления после тренировочных нагрузок в течение 21 дня атлетами экспериментальной группы применялись БАД «Билар» и «Мультикомплекс MDX». Порошок «Билар» (ООО МИП «Апипродукт», г. Брянск) получают методом вакуумного высушивания биомассы из трутневых личинок пчел. Характеризуется как желтое порошкообразное вещество со сладковатым хлебным вкусом и специфическим запахом, не содержит механических примесей и полностью растворяется в воде. Он не токсичен и не патогенен [19, 20]. Содержание белка в «Биларе» – 51,2 %, в состав которого входят 16 общих и 28 свободных аминокислот. Кроме того, препарат содержит большое число мононасыщенных,

насыщенных и полиненасыщенных жирных кислот, витаминов, а также макро- и микроэлементов. Схема приема пищевой добавки «Билар»: с 1-го по 10-й дни – из расчета 10 мг/кг массы тела, с учетом индивидуальной переносимости, с 11-го по 21-й дни – из расчета 15–20 мг/кг. Биологически активный продукт «Мультикомплекс MDX» (НПО «Пробио», г. Брянск) получен способом микробиологической переработки молочных сывороток (подсырной, творожной, казеиновой) с использованием промышленных культур молочнокислых микроорганизмов и последующим низкотемпературным сгущением. Содержит гидролизованный белок молочной сыворотки, олигопептиды и свободные аминокислоты, глюкозу, галактозу, лактаты, нуклеиновые кислоты, витамины С, Е, В<sub>1</sub>, В<sub>2</sub>, В<sub>6</sub>, РР, бета-каротин, эргостерин, фолиевую кислоту, эндосомальные ферменты молочнокислых бактерий, микро- и макроэлементы, полисахариды. В 100 г продукта содержится белка – 6,8 г, глюкозы – 3,5 г, энергетическая ценность – 123,5 ккал на 100 г. Схема приема пищевой добавки «Мультикомплекс MDX»: 1–5-й дни – из расчета 0,5 г/кг массы тела; учитывая индивидуальную восприимчивость, с 6-го по 10-й дни – из расчета 0,8–1,0 г/кг массы тела; в последующие дни (с 11-го по 21-й) – из расчета 1,5 г/кг массы тела. Дневная доза делилась на две равные части. Первая половина принималась за 30 минут до тренировки, вторая половина принималась через 30 минут после завершения тренировки. В работе был использован терапевтический аппарат «Узор-А-2К» («Восход», Россия), зарегистрированный в Росздравнадзоре. Указанный тип лазера является медицинским и может быть использован для исследовательских целей. Спортсменов утром до начала тренировки в течение 7 дней подвергали воздействию НИЛИ на кожу шеи симметрично с обеих сторон в области сонного треугольника с помощью двухканального лазерного терапевтического аппарата «Узор-А-2К». Длина волны излучения составляла  $0,89 \pm 0,02$  мкм, площадь облучения – 25 мм<sup>2</sup>, режим излучения импульсный, частота повторения импульсов – 1500 Гц, мощность на выходе – 3,7 Вт, время экспозиции – 10 мин.

Полученные результаты исследований 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 статистической значимости различий признавали значимым при  $p < 0,05$ .

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Изучено влияние на систему микроциркуляции биодобавок «Билар» и «Мультикомплекс MDX», результаты представлены в таблице. Выявленная динамика основных показателей системы микроциркуляции свидетельствует о том, что широкий спектр биологически

активных веществ, входящих в состав биодобавок (аминокислоты, жирные кислоты, половые гормоны, витамины и минеральные вещества), обладает выраженной функциональной направленностью.

После изолированного применения биодобавок достоверно на 48 % ( $p < 0,05$ ) повышается показатель перфузии крови. Одновременно улучшается эффективность кровотока, что подтверждается ростом на 78 % ( $p < 0,05$ ) величины флакса. Повышение перфузии крови после курсового приема биодобавок возможно в результате усиления вазодилаторной реакции под влиянием веществ, содержащихся в биодобавках. Наши данные в определенной степени перекликаются с работой Коцюбы А.Е. и соавт. [21], где авторы отмечают усиление реактивности артериолярного звена микроциркуляторного русла под воздействием оксида азота в сочетании с другими веществами. Из кровяных депо в микроциркуляторное русло выбрасывается дополнительное количество эритроцитов с повышением на 22 % ( $p < 0,05$ ) их концентрации в зондируемом объеме крови. Биологически активные вещества, содержащиеся в применяемых эрогенных средствах, по всей видимости, взаимодействуют с рецепторами стенки микрососудов, снижая тонизирующую активность вазомоторов. Вазодилаторная реакция проявляется на уровне нервных окончаний, иннервирующих гладкомышечные клетки артериол и прекапиллярных сфинктеров с понижением амплитуды нейрогенных колебаний на 48 % ( $p < 0,05$ ) и миогенных – на 59 % ( $p < 0,05$ ). Из пассивных механизмов отметим статистически значимый рост (на 23 %;  $p < 0,05$ ) вклада дыхательных и недостоверное снижение (на 21 %;  $p > 0,05$ ) пульсовых колебаний. Улучшается кислородный обмен и, как следствие, на 20 % ( $p > 0,05$ ) растет величина удельного потребления кислорода, а в митохондриях на 55 % ( $p < 0,05$ ) повышается соотношение коферментов НАДН/ФАД, отражающее их участие в окислительно-восстановительных реакциях.

Курсовое воздействие НИЛИ в комплексе с БАД усиливает метаболические процессы, вызванные изолированным применением биодобавок. В частности, по отношению к величине перфузии после изолированного приема биодобавок присоединение НИЛИ приводит к дальнейшему повышению на 37,0 % ( $p < 0,05$ ) показателя перфузии и на 38,5 % ( $p < 0,05$ ) – показателя концентрации эритроцитов в зондируемом объеме крови. По данным спектрального анализа после сочетанного воздействия повышение пропускной способности микроциркуляторного русла обеспечивается за счет статистически значимого снижения на 19,8 % ( $p < 0,05$ ) тонуса прекапиллярных сфинктеров. Меньший вклад в снижение тонуса вносят нейрогенные и эндотелийзависимые колебания, амплитуда которых повышается на 15,5 и 8,8 % соответственно ( $p > 0,05$ ). Из пассивных механизмов отметим доминирующее влияние со стороны веноулярного звена с ростом амплитуды респираторных колебаний

Таблица

Показатели микроциркуляции крови у спортсменов после комплексного воздействия биодобавок и НИЛИ ( $M \pm m$ )

Table

Indicators of blood microcirculation in athletes after complex application of dietary supplements and LLLT ( $M \pm m$ )

Показатели Indicators	ПМ (п. е.) MP (p. u.)	СКО (п. е.) SD (p. u.)	U (усл. ед.) (c. u.)	НАДН/ ФАД (усл. ед.) NADH/FAD (c. u.)	A <sub>э</sub> (п. е.) A <sub>э</sub> (p. u.)	A <sub>н</sub> (п. е.) A <sub>н</sub> (p. u.)	A <sub>м</sub> (п. е.) A <sub>м</sub> (p. u.)	A <sub>р</sub> (п. е.) A <sub>р</sub> (p. u.)	A <sub>с</sub> (п. е.) A <sub>с</sub> (p. u.)
фон background n = 28	7,52 ± 0,36	2,12 ± 0,20	1,71 ± 0,18	1,73 ± 0,14	20,01 ± 1,18	14,63 ± 0,39	12,92 ± 0,42	6,51 ± 0,40	5,05 ± 0,27
после БАД after dietary supplements n = 28	11,11 ± 0,79	3,77 ± 0,22	2,06 ± 0,14	2,68 ± 0,15	22,08 ± 1,65	21,71 ± 2,13	20,55 ± 1,24	8,00 ± 0,51	6,10 ± 0,27
% после БАД % after dietary supplements	47,74*	77,83*	20,48	54,91*	10,34	48,39*	59,06*	22,89*	20,79
после БАД + НИЛИ after dietary supplements + LLLT n = 28	15,22 ± 1,70	4,28 ± 0,30	2,94 ± 0,21	3,41 ± 0,19	24,03 ± 1,82	25,08 ± 2,37	24,62 ± 1,66	9,06 ± 0,52	6,41 ± 0,28
% после БАД + НИЛИ % after dietary supplements + LLLT	102,39*	101,89*	71,93*	97,11*	20,09*	71,43*	90,56*	39,17*	26,93

**Примечание:** БАД – биологически активная добавка, НИЛИ – низкоинтенсивное лазерное излучение, ПМ – параметр микроциркуляции, СКО – среднеквадратическое отклонение, U – удельное потребление кислорода тканями, НАДН/ФАД – соотношение коферментов НАДН/ФАД, A<sub>э</sub> – амплитуда эндотелиальных колебаний, A<sub>н</sub> – амплитуда нейрогенных колебаний, A<sub>м</sub> – амплитуда миогенных колебаний, A<sub>р</sub> – амплитуда дыхательных колебаний, A<sub>с</sub> – амплитуда сердечных колебаний; п. е. – перфузионные единицы, усл. ед. – условные единицы.

**Note:** Dietary supplement – biologically active additive, LLLT – low-level laser therapy, MP – microcirculation parameter; SD – standard deviation, U – specific oxygen consumption by tissues, NADH/FAD – ratio of NADH/FAD coenzymes, A<sub>э</sub> – amplitude of endothelium-dependent fluctuations, A<sub>н</sub> – amplitude of neurogenic fluctuations, A<sub>м</sub> – amplitude of myogenic fluctuations, A<sub>р</sub> – amplitude of respiratory fluctuations, A<sub>с</sub> – amplitude of cardiac fluctuations, p. u. – perfusion units, c. u. – conditional units.

на 13,3 % ( $p > 0,05$ ) и менее значимый вклад пульсовых колебаний – с ростом на 5,1 % ( $p > 0,05$ ). В условиях повышенной перфузии после НИЛИ улучшается диффузия кислорода из микроциркуляторного русла в ткани с повышением на 42,7 % ( $p < 0,05$ ) показателя утилизации кислорода и его участие в окислительно-восстановительных реакциях на уровне митохондрий. По данным Москвина С.В. [22] и других авторов [23, 24], поглощение энергии приводит к резкому увеличению внутриклеточной концентрации Ca<sup>2+</sup> и стимуляции кальций-зависимых процессов, среди которых активация накопления и высвобождения АТФ. Под влиянием НИЛИ увеличивается напряжение кислорода в тканях и его утилизация клетками. Происходит выраженное усиление местного кровообращения, скорости кровотока, увеличение числа коллатералей и функционирующих капилляров, что мы наблюдали при совместном воздействии биодобавок и НИЛИ. В результате повышается до необходимого уровня снабжение тканей кислородом и удовлетворяется

избыточный «метаболический запрос», стимулированный НИЛИ. Увеличение активности кислородного метаболизма способствует усилению энергетических и пластических процессов в клетке. Об усилении метаболизма по восстановлению АТФ свидетельствует рост на 27,2 % ( $p < 0,05$ ) показателя НАДН/ФАД. Как отмечает Карнаухов В.Н. [25], функциональная активность клетки определяется соотношением окисленных и восстановленных форм компонентов окислительного метаболизма. В нашем случае рост соотношения НАДН/ФАД указывает на увеличение содержания восстановленного НАДН и снижение окисленного ФАД. Следовательно, клетка находится в состоянии относительного покоя. Не исключено, что в восстановлении НАДН в цикле Кребса участвуют и эргогенные аминокислоты, входящие в состав применяемых биодобавок. По данным литературы [13], у спортсменов при предельно высоких физических нагрузках около 20 % энергии образуется в результате участия аминокислот в цикле Кребса.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Низкоинтенсивное лазерное излучение в комплексе с биодобавками оптимизирует восстановительные процессы в организме спортсменов, подвергающихся большим физическим нагрузкам. Как следует из приведенных материалов, при комплексном воздействии повышается интенсивность микроциркуляции, улучшается отдача кислорода гемоглобином эритроцитов, активная его диффузия из крови в ткани и участие в синтезе АТФ на уровне митохондрий клетки. Уместно отметить сходство при изолированном применении биодобавок и в комплексе с НИЛИ, которое усиливает механизм действия биодобавок.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Бадтиева В.А., Павлов В.И., Шарыкин А.С. и др. Синдром перетренированности как функциональное расстройство сердечно-сосудистой системы, обусловленное физическими нагрузками. *Российский кардиологический журнал*. 2018; 23 (6): 180–190. DOI: 10.15829/1560-4071-2018-6-180-190
2. Гаврилова Е.А., Чурганов О.А., Белодедова М.Д. и др. Внезапная сердечная смерть в спорте. Современные представления. *Теория и практика физической культуры*. 2021; (5): 76–79.
3. Dennis M., Elder A., Semsarian C., et al. A 10-year review of sudden death during sporting activities. *Heart Rhythm*. 2018; 15(10): 1477–1483. DOI: 10.1016/j.hrthm.2018.04.019
4. Flannery M.D., Gerche A.L. Sudden death and ventricular arrhythmias in athletes: Screening, de-training and the role of catheter ablation. *Heart Lung Circ*. 2019; 28 (1): 155–163. DOI: 10.1016/j.hlc.2018.10.004
5. Бердичевская Е.М., Тришин Е.С. Современные проблемы физиологии спорта: учебное пособие. Краснодар; 2020.
6. Гаврилова Н.Б., Щетинин М.П., Чернопольская Н.Л. Научно-экспериментальное обоснование рецептуры специализированного продукта для питания спортсменов, обогащенного пробиотическими микроорганизмами. *Вопросы питания*. 2017; 86 (5): 22–28.
7. Дмитриев А.В., Дмитриев А.В., Гунина Л.Н. Основы спортивной нутрициологии. СПб.: Изд-во ООО «РА» «Русский Ювелир»; 2018.
8. Козлов В.И., Асташов В.В. Фотоактивирующее влияние низкоинтенсивного лазерного излучения на систему микроциркуляции и лимфоидные органы. *Лазерная медицина*. 2020; 4 (1): 8–17. DOI: 10.37895/2071-8004-2020-24-1-9-17
9. Никитюк Д.Б., Кобелькова И.В. Спортивное питание как модель максимальной индивидуализации и реализации интегративной медицины. *Вопросы питания*. 2020; 89 (4): 203–210. DOI: 10.24411/0042-8833-2020-10054
10. Прохода И.А., Свиридов Д.В. Нетрадиционные апи-продукты с иммуномодулирующими свойствами. *Евразийский Союз Ученых (ЕСУ)*. 2020; 74 (5-4): 19–22. DOI: 10.31618/ESU.2413-9335.2020.4.74.750
11. Сентябрев Н.Н., Мирошникова С.С., Горбанева Е.П., Камчатников А.Г. Эргогенические средства. Поиск новых путей. *Физическая культура и спорт в XXI веке: актуальные проблемы и их решения. Сборник материалов Всероссийской с международным участием научно-практической конференции*. 2020: 361–365.
12. Ачкасов Е.Е., Машковский Е.В., Безулов Э.Н. Медико-биологические аспекты восстановления в профессиональном и любительском спорте. *Медицинский вестник северного Кавказа*. 2018; 13 (1.1): 126–132. DOI: 10.14300/mnnc.2018.13035
13. Каркищенко В.Н., Новиков В.С., Шустов Е.Б. Эргогенное спортивное питание: политика доказанной эффективности. *Вестник образования и развития науки Российской академии естественных наук*. 2017; (1): 15–26.
14. Брук Т.М., Литвин Ф.Б., Терехов П.А. Влияние биопродукта из молочной сыворотки на обменные процессы в системе микроциркуляции крови. *Человек. Спорт. Медицина*. 2019; 19 (S1): 121–127. DOI: 10.14529/hsm19s116
15. Карандашов В.И., Линде Е.В., Александрова Н.П. Влияние оптического излучения синего диапазона на психофизиологические характеристики спортсменов в восстановительном периоде после максимальной нагрузки. *Лазерная медицина*. 2018; 22 (1): 5–8. DOI: 10.37895/2071-8004-2018-22-1-5-8
16. Павлов С.Е., Разумов А.Н., Павлов А.С. Лазерная стимуляция в медико-биологическом обеспечении подготовки квалифицированных спортсменов. М.: Изд-во «Спорт»; 2017.
17. Улащик В.С. Физико-химические свойства кожи и действие лечебных физических факторов. *Вопросы курортологии, физиотерапии и лечебной физической культуры*. 2018; 95 (1): 4–13. DOI: 10.17116/kurort20189514-13
18. Фролов А.В., Локтионова Ю.И., Жарких Е.В. и др. Исследование изменений кожной микроциркуляции крови при выполнении дыхательной техники хатха-йоги. *Регионарное кровообращение и микроциркуляция*. 2021; 20 (4): 33–44. DOI: 10.24884/1682-6655-2021-20-4-33-44
19. Родичкин П.В. Регуляция моторных функций у спортсменов высокого класса и ее оптимизация с помощью адаптогенов, антигипоксантов и гипербарической оксигенации: дис. ... докт. мед. наук. СПб.; 2004.
20. Vogel H.G. Drug discovery and evaluation pharmacological assays. Springer, 2008.
21. Коцюба А.Е., Беспалова Е.П., Черток В.М. Влияние оксида азота на реактивность сосудов микроциркуляторного русла. *Тихоокеанский медицинский журнал*. 2007; 4 (30): 44–46.
22. Москвин С.В., Буйлин В.А. Основы лазерной терапии. Тверь: ООО «Изд-во «Триада»; 2006.
23. Кару Т.Й. Первичные и вторичные клеточные механизмы лазерной терапии. Низкоинтенсивная лазерная терапия. Под ред. С.В. Москвина, В.А. Буйлина. М.: Техника; 2000: 71–94.
24. Filippin L., Magalhães P.J., Di Benedetto G., et al. Stable interactions between mitochondria and endoplasmic reticulum allow rapid accumulation of calcium in a subpopulation of mitochondria. *J Biol Chem*. 2003; 278 (40): 39224–39234. DOI: 10.1074/jbc.M302301200
25. Карнаухов В.Н. Люминесцентный анализ клеток: учебное пособие. Пушино: ИБК РАН; 2002.

## REFERENCES

1. *Badtieva V.A., Pavlov V.I., Sharykin A.S., et al.* Syndrome of overtraining as a functional disorder of the cardiovascular system, due to physical exertion. *Russian Journal of Cardiology*. 2018; 23 (6): 180-190. [In Russ.]. DOI: 10.15829/1560-4071-2018-6-180-190
2. *Gavrilova E.A., Churganov O.A., Belodedova M.D., et al.* Sudden cardiac death in sports. Modern ideas. *Teoriya i praktika fizicheskoy kultury*. 2021; (5): 76–79. [In Russ.].
3. *Dennis M., Elder A., Semsarian C., et al.* A 10-year review of sudden death during sporting activities. *Heart Rhythm*. 2018; 15(10): 1477-1483. DOI: 10.1016/j.hrthm.2018.04.019
4. *Flannery M.D., Gerche A.L.* Sudden death and ventricular arrhythmias in athletes: Screening, de-training and the role of catheter ablation. *Heart Lung Circ*. 2019; 28 (1): 155–163. DOI: 10.1016/j.hlc.2018.10.004
5. *Berdichevskaya E.M., Trishin E.S.* Modern problems of sports physiology. Krasnodar, 2020. [In Russ.].
6. *Gavrilova N.B., Shchetinin M.P., Chernopolskaya N.L.* Scientific and experimental substantiation of the formulation of specialized product for athletes' nutrition enriched with probiotic microorganisms. *Problems of nutrition*. 2017; 86 (5): 22–28. [In Russ.].
7. *Dmitriev A.V., Gunina L.N.* Fundamentals of sports nutrition. St. Petersburg: Publishing house of LLC "RA" "Russkiy Yuvilir"; 2018. [In Russ.].
8. *Kozlov V.I., Astashov V.V.* Photoactivating effect of low-intensity laser radiation on the microcirculation system and lymphoid organs. *Laser Medicine*. 2020; 24 (1): 8–17. [In Russ.]. DOI: 10.37895/2071-8004-2020-24-1-9-17
9. *Nikityuk D.B., Kobelkova I.V.* Sports nutrition as a model of maximum individualization and implementation of integrative medicine. *Problems of nutrition*. 2020; 89 (4): 203–210. [In Russ.]. DOI: 10.24411/0042-8833-2020-10054
10. *Prokhoda I.A., Sviridov D.V.* Unconventional apiproducs with immunomodulating properties. *Eurasian Union of Scientists (ESU)*. 2020; 74 (5): 19–22. [In Russ.]. DOI: 10.31618/ESU.2413-9335.2020.4.74.750
11. *Sentyabrev N.N., Miroshnikova S.S., Gorbaneva E.P., Kamchatnikov A.G.* Ergogenic means. Search for new ways. *Fizicheskaya kul'tura i sport v XXI veke: aktual'nye problemy i ikh resheniya. Sbornik materialov Vserossiyskoy s mezhdunarodnym uchastiem nauchno-prakticheskoy konferentsii*. 2020: 361–365. [In Russ.].
12. *Achkasov E.E., Mashkovsky E.V., Bezuglov E.N.* Biomedical aspects of recovery in professional and amateur sport. *Medical news of the North Caucasus*. 2018; 13 (1): 126–132. [In Russ.]. DOI: 10.14300/mnnc.2018.13035
13. *Karkishchenko V.N., Novikov V.S., Shustov E.B.* Ergogenic sports nutrition: the policy of proven effectiveness. *Herald of Education and Science Development of the Russian Academy of Natural Sciences*. 2017; (1): 15–26.
14. *Bruk T.M., Litvin F.B., Terekhov P.A.* the influence of a bio-product from whey on metabolic processes in the blood microcirculation system. *Human. Sport. Medicine*. 2019; 19 (1): 121–127. [In Russ.]. DOI: 10.14529/hsm19s116
15. *Karandashov V.I., Linde E.V., Aleksandrova N.P.* Effects of blue-band optical radiation at psychophysiological characteristics of athletes at their recovery period after maximal loading *Laser Medicine*. 2018; 22 (1): 5–8. [In Russ.]. DOI: 10.37895/2071-8004-2018-22-1-5-8
16. *Pavlov S.E., Razumov A.N., Pavlov A.S.* Laser stimulation in medical and biological support at trainings of qualified athletes. Moscow: Publishing House "Sport"; 2017. [In Russ.].
17. *Ulashchik V.S.* Physico-chemical properties of the skin and the effect of therapeutic physical factors. *Voprosy kurortologii, fizioterapii, i lechebnoi fizicheskoi kultury*. 2018; 95 (1): 4–13. [In Russ.]. DOI: 10.17116/kurort20189514-13
18. *Frolov A.V., Loktionova Yu.I., Zharkikh E.V., et al.* Investigation of changes in skin microcirculation of blood when performing the respiratory technique of hatha yoga. *Regional blood circulation and microcirculation*. 2021; 20 (4): 33–44. [In Russ.]. DOI: 10.24884/1682-6655-2021-20-4-33-44
19. *Rodichkin P.V.* Regulation of motor functions in high-class athletes and its optimization with the help of adaptogens, antihypoxants and hyperbaric oxygenation: Dissertation of Dr. Sc. (Med.). St. Petersburg; 2004. [In Russ.].
20. *Vogel H.G.* Drug discovery and evaluation pharmacological assays. Springer, 2008.
21. *Kotsyuba A.E., Bepalova E.P., Chertok V.M.* Effects of nitric oxide at the reactivity of microcirculatory vessels. *Pacific Medical Journal*. 2007; (4): 44–46. [In Russ.].
22. *Moskvin S.V., Builin V.A.* Fundamentals of laser therapy. Tver: Publishing house "Triada"; 2006. [In Russ.].
23. *Karu T.Y.* Primary and secondary cellular mechanisms of laser therapy. Low-intensity laser therapy. Eds S.V. Moskvin, V.A. Builin. Moscow: Publishing house "Tekhnika"; 200: 71–94. [In Russ.].
24. *Filippin L., Magalhães P.J., Di Benedetto G., et al.* Stable interactions between mitochondria and endoplasmic reticulum allow rapid accumulation of calcium in a subpopulation of mitochondria. *J Biol Chem*. 2003; 278 (40): 39224–39234. DOI: 10.1074/jbc.M302301200
25. *Karnauchov V.N.* Luminescent analysis of cells: textbook. Pushchino: IBK RAS; 2002. [In Russ.].

## Конфликт интересов

Авторы заявили об отсутствии конфликта интересов.

## Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

## Соответствие нормам этики

Авторы подтверждают, что соблюдены права людей, принимавших участие в исследовании, включая получение информированного согласия в тех случаях, когда оно необходимо, и правила обращения с животными в случаях их использования в работе.

## Compliance with ethical principles

The Authors confirm that respect the rights of the people participated in the study, including obtaining informed consent when it is necessary and the rules of treatment of animals when they are used in the study.

## Сведения об авторах

**Брук Татьяна Михайловна** – доктор биологических наук, профессор, заведующая кафедрой биологических дисциплин, ФГБОУ ВО «Смоленский государственный университет спорта»; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5251-9352>

**Литвин Федор Борисович** – доктор биологических наук, профессор, профессор кафедры биологических наук, ФГБОУ ВО «Смоленский государственный университет спорта»; e-mail: [bf-litvin@yandex.ru](mailto:bf-litvin@yandex.ru); ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2281-8757>

**Ефременков Константин Николаевич** – доктор педагогических наук, доцент, заведующий кафедрой гуманитарных наук, ФГБОУ ВО «Смоленский государственный университет спорта»; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6058-4931>

**Козлов Валентин Иванович**, доктор медицинских наук, профессор, заведующий кафедрой анатомии, ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов»; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6332-748X>

**Information about the authors**

**Bruk Tatiana** – Dr. Sc. (Biol.), Professor, Head of the Department of Biological Disciplines, Smolensk State University of Sport; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5251-9352>

**Litvin Fedor** – Dr. Sc. (Biol.), Professor, Department of Biological Sciences, Smolensk State University of Sport; e-mail: [bf-litvin@yandex.ru](mailto:bf-litvin@yandex.ru); ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2281-8757>

**Efremkov Konstantin** – Dr. Sc. (Pedagog.), Associate Professor, Head of the Department of Humanitarian Sciences, Smolensk State University of Sport, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6058-4931>

**Valentin Kozlov** – Dr. Sc. (Med.), Professor, Head of the Department of Anatomy; Peoples' Friendship University of Russia; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6332-748X>