

УДК 57.017.722

DOI 10.29039/2413-1725-2024-10-3-79-91

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АПИПРОДУКТА «БИЛАР» ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ СИСТЕМЫ МИКРОГЕМОЦИРКУЛЯЦИИ СПОРТСМЕНОВ

Кротова К. А., Литвин Ф. Б.

*Смоленский государственный университет спорта, Смоленск, Россия
E-mail: bf-litvin@yandex.ru*

Целью настоящего исследования явилась оценка влияния продукта из трутневых личинок медоносной пчелы «Билара» на стационарные и колебательные характеристики системы микроциркуляции спортсменов. Методом лазерной доплеровской флоуметрии (ЛДФ) обследовано 50 спортсменов баскетболистов. Включение биопродукта «Билар» в пищевой рацион спортсменов на этапе предсоревновательного тренировочного цикла оказывает двоякий эффект. В состоянии относительного покоя биопродукт способствует экономизации в работе системы микроциркуляции. При дозированной аэробной нагрузке обеспечивает расширение адаптационных возможностей, через усиление перфузии, нутритивного кровотока и оптимизацию механизмов регуляции и повышение клеточного дыхания.

Ключевые слова: лазерная доплеровская флоуметрия, микроциркуляция, спортсмены, биопродукт, физическая нагрузка, колебания кровотока, транспорт кислорода.

ВВЕДЕНИЕ

К особенностям современного спорта относятся: ранняя спортивная специализация, нарастающие по объему и интенсивности физические нагрузки, ограниченное время на восстановление организма из-за перегруженного календаря спортивных соревнований. В своей совокупности указанные факторы являются причиной дизадаптационных процессов, которые приводят к снижению функциональных возможностей и спортивных результатов. Для полноценного восстановления организма во время многоразовых тренировок [1–3] необходимо поступление в организм пластического и энергетического материала [3, 4]. В спорте для повышения физической работоспособности и ускоренного восстановления используются разные способы и технологии, от разрешенных синтетических фармпрепаратов до природных эргогенных средств [4–7]. Следует учитывать, что продолжительное применение разрешенных фармакологических средств с целью повышения адаптационных возможностей снижает чувствительность регуляторных систем, что требует нарастающих доз и отрицательно сказывается на состоянии организма в целом [4]. Повышенный интерес у спортсменов вызывают нутриенты, способные повышать физическую работоспособность [8–11]. В последние годы в спортивное питание внедряется продукт, получаемый из трутневого расплода

медоносной пчелы под названием «Билар» [12–14]. Его актопротекторный эффект направлен на повышение физической работоспособности при выполнении большого объема работы, ускорение процессов восстановления после физической нагрузки.

Одной из систем, на уровне которой разворачиваются адаптационные процессы организма при воздействии физической нагрузки, является система микроциркуляции [15–18]. Оценивая адаптивные изменения в системе микроциркуляции можно получать ценную диагностическую информацию об обменных процессах при воздействии регулярных физических нагрузок. Имеется ограниченное количество научных работ, оценивающих влияние биологически активных добавок на микрогемодиализацию [6, 19]. Оптические методы в настоящее время являются наиболее перспективными с точки зрения разработки новых неинвазивных технологий для оценки состояния микроциркуляторно-тканевых процессов [20–22]. Одним из наиболее часто применяемых методов функциональной диагностики системы микроциркуляции является лазерная доплеровская флоуметрия (ЛДФ) [22, 23].

Проведя анализ имеющейся литературы, нами определена **цель исследования**, направленная на изучение влияния апипродукта «Билар» на состояние системы микроциркуляции у баскетболистов в возрасте 17–22 лет в мезоцикле тренировочного периода.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В исследовании приняло участие 50 баскетболистов в возрасте от 17 до 22 лет, имеющих спортивную квалификацию 1 разряд и КМС. Участники исследования были разделены на контрольную группу (КГ), численностью 20 юношей и основную группу (ОГ) численностью 30 юношей. Продолжительность эксперимента составила 21 день. С целью изучения влияния апипродукта «Билара» на работу системы микроциркуляции и транспорт кислорода испытуемые одни раз в день, утром натощак, принимали апипродукт. Схема приема следующая: 1–5 дни – 5 мг/1 кг массы тела; 6–10 дни – 10 мг/1 кг и 11–21 дни 15 мг/1 кг массы тела [12]. Порошок «Билар» (ООО МИП «Апипродукт», г. Брянск) получают методом вакуумного высушивания биомассы из трутневых личинок медоносной пчелы. Он не токсичен и не патогенен [24, 25]. В «Биларе» содержится 51 % белка, в состав которого входят заменимые и незаменимые аминокислоты, 42 % восстанавливающих сахаров, 3 % деценовых кислот, 10 % полиненасыщенных, 63 % мононенасыщенных и 27 % насыщенных жирных кислот; витамины К, Е, С, В, микроэлементы: натрий, калий, магний, кальций, цинк, медь и др. Апипродукт содержит около 80 ферментов, гормоны тестостерон, прогестерон, пролактин, эстрадиол. Энерго- и иммуностимулирующие свойства позволяют использовать его в качестве актопротекторного препарата для повышения физической работоспособности, повышения устойчивости газового состава и кислотно-щелочного равновесия крови, повышению концентрации половых гормонов в крови [26]. Спортсмены контрольной группы принимали плацебо (пищевой крахмал) в тех же дозах. Интенсивность физических нагрузок в обеих группах была полностью одинаковой.

Обследования спортсменов обеих групп проводились трижды: исходное состояние оценивалось до начала приема апипродукта, второе исследование сразу после окончания приема апипродукта и третье исследование после дозированной физической нагрузки. Исследования проводились с использованием многофункционального лазерного неинвазивного диагностического комплекса «ЛАКК-М» (ООО НПП «ЛАЗМА»), включающего каналы, реализующие методы лазерной доплеровской флоуметрии (ЛДФ) и лазерной флуоресцентной спектроскопии (ФС). Метод ЛДФ позволяет оценить состояние микроциркуляторно-тканевых отношений, анализируя параметр микроциркуляции (ПМ), который пропорционален концентрации и скорости движения, рассеивающих свет форменных элементов крови, преимущественно эритроцитов, уровень флкса по показателю среднего квадратического отклонения (СКО). Известно, что уровень флкса характеризует изменчивость перфузии и отражает модуляцию тканевого кровотока с разными биоритмами, что позволяет судить о конкретных соотношениях различных механизмов, определяющих состояние микроциркуляции крови [27].

Дополнительные возможности при диагностике системы микроциркуляции дает проведение спектрального разложения ЛДФ-сигнала с помощью вейвлет-анализа. Такой подход делает возможным анализ осцилляций кровотока отражающих действие различных механизмов регуляции периферического кровотока в диапазоне частот от 0,0095 Гц до 1,6 Гц. В настоящее время выделяют частотные диапазоны, учитывающие влияние внутрисосудистых механизмов регуляции, а именно эндотелиальные в диапазоне 0.0095...0.02 Гц, отражающие NO-зависимые влияния; нейрогенные в диапазоне 0.021...0.046 Гц, отражающие влияние нейрогенной симпатической вазомоторной активности; миогенные в диапазоне 0.047...0.145 Гц, связанные с активностью гладкомышечных клеток сосудов; а также диапазоны, учитывающие вклад внесосудистых механизмов: дыхательные в диапазоне 0.2...0.4 Гц и пульсовые в диапазоне 0.8...1.6 Гц, модулирующих интенсивность артериального притока и венозного оттока крови [21–23, 28]. Кроме того, анализ указанных ритмов позволяет рассчитать нутритивный кровоток (Мнутр) – тот объем кровотока, из которого в процессе транскапиллярного перехода извлекаются пластические и энергетические субстраты. Доля нутритивного кровотока в общем кровотоке рассчитывается по формуле $M_{\text{нутр}} = \text{ПМ}/\text{ПШ}$, где ПМ – параметр микроциркуляции, ПШ - показатель шунтирования. Указанные выше параметры микроциркуляции оцениваются в относительных перфузионных единицах (пф. ед.). Уровень вазомоторной активности сосудов микроциркуляторного русла оценивали по коэффициенту вариации (K_v , %), который определяется как соотношение флкса к среднему уровню перфузии.

Метод ФС основан на зондировании биообъекта излучением в видимой или ультрафиолетовой области спектра с целью возбуждения эндогенных флуорофоров никотинамидадениндинуклеотида восстановленного (НАДН) и флавинадениндинуклеотида окисленного (ФАД), которые являются важными участниками энергетического метаболизма клеток. Их соотношения в виде редокс-отношения ($\text{Red} = \text{НАДН}/\text{ФАД}$, в относительных единицах (отн. ед.) может быть

использовано для выявления метаболических процессов в микроциркуляторно-тканевых системах [29]. Измерения проводили на волярной поверхности 4 пальца правой кисти в положении сидя, правое предплечье на столе. Продолжительность записи лазерной доплеровской флоулограммы составила 5 минут.

Для оценки состояния регуляторных механизмов кровотока, выявления резервных возможностей в системе микроциркуляции, а также повышения достоверности и информативности диагностики методом ЛДФ применяются функциональные пробы, среди них и дозированная физическая нагрузка. В работе использовали аэробную нагрузку продолжительностью 10 минут из расчета 3 Вт/кг на велоэргометре «Kettler FX1». Частота вращения педалей – 60 оборотов в минуту.

Обработку базы данных производили с помощью приложения для работы с электронными таблицами Microsoft Excel. Данные представлены в виде $M \pm m$, где M – среднее арифметическое, а m – ошибка среднего арифметического. Нормальность распределения проверяли методом Колмогорова-Смирнова. Различия определяли с помощью непараметрического U-критерия Манна-Уитни для двух независимых выборок и считали их достоверными при $p < 0,05$.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Анализ динамики показателей микроциркуляции с применением ЛДФ-метрии до воздействия «Билара» у испытуемых ОГ и КГ свидетельствует об отсутствии статистически значимой разницы по изученным показателям. Принципиальные изменения в микроциркуляторно-тканевых отношениях произошли после трехнедельного приема «Билара». К важнейшим отличиям у баскетболистов основной группы следует отнести максимальный рост на 198 % ($p < 0,05$) показателя нутритивного кровотока и уровня перфузии на 62 % ($p < 0,05$) (таблица 1).

В литературе отмечается, что усиление нутритивного кровотока обеспечивается включением в работу плазматических капилляров. Непосредственным регулятором функционирующих капилляров выступают гладкомышечные клетки прекапиллярных сфинктеров терминальных артериол [27, 28, 30]. Из данных таблицы следует, что после воздействия «Билара», ведущим регулятором просвета терминальных артериол является миогенный тонус прекапиллярных сфинктеров. Поскольку величина A_m колебаний повышается на 78 % ($p < 0,05$), уровень миогенного тонуса прекапиллярных артериол понижается. На этом фоне сравнительно меньший вклад в регуляцию внутрисосудистого кровотока вносит функциональная активность микрососудистого эндотелия, с недостоверным ростом на 4 % ($p > 0,05$) A_{Σ} колебаний. По всей видимости, физиологически активные вещества, содержащиеся в «Биларе» в недостаточной степени, влияют на сосудистый тонус нейрогенного происхождения, который формируется симпатическими адренергическими влияниями на гладкие мышцы среднего слоя стенки артериол. После воздействия «Билара» A_n колебаний недостоверно повышается на 34 % ($p > 0,05$). Наряду с вовлечением в модуляцию потока крови внутрисосудистых механизмов отмечалось усиление внесосудистых механизмов, а именно, пульсовой и дыхательной волны. Снижение периферического сопротивления со стороны прекапиллярных сфинктеров «облегчает» приток крови в

микрососудистое русло, что подтверждает повышение на 69 % ($p < 0,05$) амплитуды пульсовой волны и, как следствие, увеличение венолярного оттока с ростом Ад волны на 50 % ($p < 0,05$). Поскольку, одним из маркёров миогенной активности считается показатель Kv [27], достоверный рост Kv на 77 % ($p < 0,05$) дополнительно подтверждает доминирующее влияние миогенного тонуса на регуляцию тканевого кровотока. Усиление модуляции кровотока в изученных диапазонах отражается в росте показателя флакса на 120 % ($p < 0,05$). Увеличение уровня флакса и Kv относительно исходных значений соответствующих показателей подтверждает улучшение микроциркуляции крови.

Таблица 1
Динамика показателей микроциркуляции при курсовом применении
апипродукта «Билар» ($M \pm m$)

Показатели	Группа	До физической нагрузки		После физической нагрузки
		1 день	21 день	
ПМ, пф. ед.	КГ	12,20±1,94	13,51±2,10	11,83±1,74
	ОГ	11,91±1,88	19,25±3,15*	17,03±2,87**
СКО, пф. ед.	КГ	1,56±0,24	1,42±0,17	2,04±0,39
	ОГ	1,48±0,20	3,25±0,44*	4,11±0,71**
Kv, %	КГ	13,55±1,84	11,26±1,61	18,30±2,63
	ОГ	12,90±1,59	18,49±2,62*	25,04±4,04**
Мнутр. пф. ед.	КГ	1,96±0,16	2,99±0,16	3,21±0,28
	ОГ	1,85±0,18	5,52±0,34*	6,91±0,64**
Аэ, пф.ед.	КГ	15,11±2,14	15,36±2,01	16,29±2,25
	ОГ	15,77±1,86	16,37±2,40	20,48±2,60
Ан, пф. ед.	КГ	12,51±1,32	12,70±1,66	15,22±1,73
	ОГ	10,09±1,16	13,55±1,74	20,13±2,42*; **
Ам, пф. ед.	КГ	7,50±0,82	8,27±0,92	10,05±1,39
	ОГ	8,00±0,94	14,25±1,82*	18,68±2,16**
Ад, пф. ед.	КГ	2,91±0,27	3,56±0,38	4,03±0,45
	ОГ	2,70±0,20	4,04±0,46*	4,81±0,51
Ап, пф ед.	КГ	3,60±0,39	4,72±0,53	5,26±0,80
	ОГ	3,28±0,30	5,55±0,54	6,39±0,95
Red усл. ед.	КГ	1,73 ± 0,14	2,63 ± 0,25	2,44±0,24
	ОГ	1,88±0,16	3,51 ± 0,30*	2,02±0,17*

Примечание: * – достоверность различий ($p < 0,05$) между показателями в группе; ** – достоверность различий показателей между группами.

Важным показателем работоспособности скелетных мышц является митохондриальная функция. По параметрам дыхательной цепи можно косвенно судить об уровне функциональной активности мышечных волокон, диагностировать состояние рабочей гипоксии. Характеристиками митохондриальной функции является соотношение коферментов НАДН и ФАД, которое рассчитывается по

интенсивности их флуоресценции [29, 31, 32]. Указанные коферменты являются неотъемлемой частью реакций клеточного метаболизма, выступая в качестве доноров и акцепторов электронов для синтеза молекул аденозинтрифосфата (АТФ), являющегося единственным источником энергии для жизненно важных биохимических процессов. Оба кофермента претерпевают реакции окисления и восстановления. Мониторинг их флуоресценции в виде редокс-потенциала используется для выявления метаболических изменений при воздействии биологически активных добавок [31, 32]. Увеличение амплитуды флуоресценции НАДН по сравнению с контролем отражает снижение утилизации субстрата и коферментов в исходном состоянии ткани, а, следовательно, и снижение активности окислительного метаболизма. И наоборот, повышение активности окислительного метаболизма сопровождается уменьшением амплитуды флуоресценции НАДН [33, 34]. После воздействия «Билара» в покое снижается уровень окислительного метаболизма, о чем свидетельствует рост на 33 % ($p < 0,05$) показателя редокс-потенциала. На наш взгляд, в основе снижения метаболизма лежит усиление нутритивного кровотока, что способствует улучшению диффузии кислорода в ткани с последующим его участием в реакциях окислительного фосфорилирования. Удовлетворение потребностей рабочих органов в АТФ, снижает активность реакций с участием коферментов НАДН и ФАД [33–35]. В отличие от динамики показателей в основной группе, в группе контроля выявлено недостоверное повышение уровня перфузии и нутритивного кровотока на 11 % ($p > 0,05$) и 53 % ($p > 0,05$) соответственно.

Снижение функциональных возможностей микроциркуляторно-тканевых процессов сопровождается уменьшением показателей флакса и K_v . В контрольной группе отсутствуют достоверно значимые изменения показателей внутрисосудистых и внесосудистых механизмов модуляции кровотока. За время приема плацебо показатели A_z , A_n , A_m , A_p и A_d колебаний тенденциозно повышаются на 2 %, 1 %, 10 %, 31 % и 22 % ($p > 0,05$ во всех случаях). По данным анализа редокс-потенциала у спортсменов КГ сохраняется повышенная активность окислительного метаболизма. О вовлеченности в микроциркуляторно-тканевые процессы внутрисосудистых механизмов при реализации биологического действия «Билара» свидетельствуют данные, полученные при выполнении дозированной физической нагрузки. При этом кроме миогенного компонента дополнительно в регуляцию микрокровоотока включается нейрогенный механизм. После физической нагрузки амплитуда миогенных колебаний повышается на 86 % ($p < 0,05$) и на 32 % ($p < 0,05$) нейрогенных колебаний относительно показателя в КГ. Снижение прессорных симпатических влияний на артериолы связано с формированием рабочей гипоксии после проведения дозированной физической нагрузки. Согласно положения о метаболической регуляции существует связь между течением крови и тканевым метаболизмом [36]. Клетки нуждаются в кислороде и постоянно производят продукты метаболизма, преимущественно сосудорасширяющие. Увеличение объемной скорости и фильтрации жидкости из капилляра достигается за счет увеличения артериального или уменьшения венозного давления, увеличения

радиуса капилляра (а соответственно, и площади обмена между капилляром и тканью) и проницаемости стенки капилляра [36].

Таким образом, избыток продуктов метаболизма в ткани вызывает расширение близлежащих микрососудов, увеличивает объем нутритивного кровотока и восполняет недостаток кислорода.

Особенностью динамики показателей микроциркуляции, отмечавшейся после дозированной физической нагрузки, в отличие от состояния относительного покоя явилось усиление различий между группами, достигающее статистически значимого уровня по большинству показателей. Так, у спортсменов ОГ после физической нагрузки регистрировалось повышение на 44 % ($p < 0,05$) уровня перфузии и 115 % ($p < 0,05$) нутритивного кровотока. Кроме того, в ОГ после физической нагрузки отмечается прирост Ам и Ан колебаний на 86 % ($p < 0,05$) и 32 % ($p < 0,05$) соответственно. По амплитуде эндотелий-зависимых, нейрогенных и миогенных колебаний можно судить о метаболических процессах в тканях [27, 37–39]. В частности, [39] предлагает использовать амплитуду миогенных колебаний в качестве маркера адаптивных изменений при физических нагрузках. Как отмечает автор, увеличение амплитуды миогенного ритма отражает модуляцию гидростатического давления в капиллярах, что приводит к увеличению диффузии кислорода в ткани и, следовательно, к изменениям тканевого метаболизма. Увеличение показателей Ам и Ан колебаний, по всей видимости, и явилось причиной увеличения на 101 % ($p < 0,05$) уровня флакса и на 37 % ($p < 0,05$) коэффициента вариации относительно показателей в КГ.

Таким образом, результаты, полученные после физической нагрузки у спортсменов, принимающих «Билар», свидетельствуют об улучшении микроциркуляторно-тканевых процессов, обеспечивающих адекватное поступление энергетического и пластического субстрата к клеткам рабочих тканей. При выполнении мышечной работы возможности обеспечения кислородом отстают от растущей потребности рабочих органов, связанной с повышенным расходом энергии. В результате после физической нагрузки возникает рабочая гипоксия, так называемый кислородный долг, который устраняется во время отдыха. Бесспорно, рабочая гипоксия возникает у спортсменов обеих групп. Для устранения кислородного долга требуются дополнительные объемы кислорода, которые идут на окисление молочной кислоты и других продуктов метаболизма. Поскольку в ОГ в нутритивное звено направляется большой объем крови, содержащей кислород, в митохондриях протекают интенсивные окислительно-восстановительные процессы. В результате в ОГ после физической нагрузки относительно показателя до тестовой нагрузки величина редокс-потенциала достоверно снижается на 74 % ($p < 0,05$). Гипоксия, возникающая у спортсменов во время тренировок, повышает биоэнергетическую эффективность митохондриальной дыхательной цепи и снижает симпато-адреналовую реактивность [40, 41]. У баскетболистов КГ под влиянием физической нагрузки также формируется рабочая гипоксия, однако из-за ограничения нутритивного кровотока реакции окислительного фосфорилирования выражены в меньшей степени. В частности, после физической нагрузки показатель

редокс-потенциала недостоверно снижается на 7 % ($p > 0,05$) по сравнению с величиной до тестовой нагрузки.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Курсовое воздействие «Билара» приводит к улучшению микроциркуляторно-тканевых процессов, что отражается в повышении общей перфузии и нутритивного кровотока, преимущественной вазодилатации прекапиллярных сфинктеров, увеличении количества функционирующих капилляров и оптимизации процессов окислительного фосфорилирования.
2. Особенностью реакции на тестовую физическую нагрузку после приема «Билара» является усиление тканевой микроциркуляции в результате снижения нейрогенного и миогенного тонусов, что улучшает клеточный метаболизм, направленный на устранение кислородного долга.

Список литературы

1. Влияние физических нагрузок разной направленности на показатели физической работоспособности и уровень максимального потребления кислорода у квалифицированных спортсменов в зависимости от периода тренировочного процесса / Н. П. Гарганеева [и др.] // Спортивная медицина: наука и практика. – 2019. – №2. – С. 30–38.
2. Macdermid P. W. A whey-supplemented, high-protein diet versus a high-carbohydrate diet: effects on endurance cycling performance / Macdermid P. W., Stannard S. R. // International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism. – 2006. – 16. – P. 65–77.
3. Борисова О. О. Питание спортсменов: зарубежный опыт и практические рекомендации [Текст]: учеб.-метод. пособие / О. О. Борисова. – М.: Советский спорт, 2007. – 132 с.
4. Кулиненко О. С. Фармакологическая помощь спортсмену: коррекция факторов, лимитирующих спортивный результат / О. С. Кулиненко – Советский спорт; Москва, 2007. – 144 с.
5. Ким В. Н. Коррекция эндотелий зависимых нарушений микроциркуляции, биохимических показателей крови, уровня работоспособности, вегетативного и психоэмоционального статуса у юных и молодых спортсменов с использованием апифитопродукции» / В. Н. Ким, Г. Б. Кривулина, В. М. Шевелев, Р. С. Карпов, Р. Г. Хисматуллин, И. П. Хисматуллина, И. Г. Аксёнова, Е. Н. Долгова, Э. А. Вашкулатова // Бюл. сиб. медицины. – 2013. – Т. 12, №1. – С. 30–37.
6. Брук Т. М. Оценка реактивности системы микроциркуляции на физическую нагрузку при сочетанном применении природных биодобавок и НИЛИ у спортсменов с разными типами регуляции сердечного ритма / Т. М. Брук, Ф. Б. Литвин // Наука и спорт: современные тенденции. – 2023. – Т. 11, №2. – С. 6–14.
7. Новиков В. С. Функциональное питание человека при экстремальных воздействиях. / В. С. Новиков, В. Н. Каркищенко, Е. Б. Шустов – СПб.: Политехника-принт, 2017. – 346 с.
8. Hinton P. S. Iron and the endurance athlete. / Hinton P. S. // Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism. – 2014 – 39(9) – P. 1012–1018. doi: 10.1139/apnm-2014-0147
9. Maughan R. J. International Association of Athletics Federations. The use of dietary supplements by athletes. / Maughan R. J., Depiesse F., Geyer H. // J Sports Sci – 2007. – 25 (Suppl 1) – S. 103–13. 10.1080/02640410701607395.
10. Potgieter S. Sport nutrition: A review of the latest guidelines for exercise and sport nutrition from the American College of Sport Nutrition, the International Olympic Committee and the International Society for Sports Nutrition / S. Potgieter // South African Journal of Clinical Nutrition. – 2013. – Vol. 26 (1). – P. 6–16.
11. Гаврилова Е. А. Спортивное питание – неотъемлемая составляющая спортивной подготовки / Гаврилова Е. А. – М.: 2021. – 48 с.

12. Прохода И. А. Новая технология производства биларпродуктов. / И. А. Прохода // Пчеловодство – XXI век. Пчеловодство, апитерапия и качество жизни: мат-лы Международ. конф. – М.: Пищепромиздат, 2010. – С. 191–193.
13. Литвин Ф. Б. Влияние препарата «Билар» на вегетативную регуляцию сердечного ритма юных спортсменов. / Ф. Б. Литвин, И. А. Прохода, Е. П. Морозова, С. В. Мартынов, С. С. Голощапова, В. В. Силуванов, М. А. Аверьянов // Ежегодник НИИ фундаментальных и прикладных исследований. – 2014. – (1 (5)) – С. 50–55.
14. Митрофанов Д. В. Применение трутнёвого расплода в рациональном питании и апитерапии. / Д. В. Митрофанов, Н. В. Будникова, А. З. Брандорф // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. – 2021 – 22(2) – С. 188–203. DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2021.22.2.188-203>
15. Бабошина Н. В. Возрастные особенности формирования системы микроциркуляции, ее регуляторных механизмов и резервных возможностей в периоды младшего школьного, подросткового и юношеского возраста: автореф. Дисс. ... канд. биол. наук. / Бабошина Н. В. – Ярославль, 2021. – 22 с.
16. Михайлов П. А. Структура взаимосвязей показателей аэробной работоспособности центральной гемодинамики, микроциркуляции и реологии крови / П. А. Михайлов, А. В. Муравьев, И. А. Осетров, И. А. Тихомирова // Регионарное кровообращение и микроциркуляция. – 2021. – Т. 20(1) – С. 84–90.
17. Литвин Ф. Б. Влияние биологически активной добавки на основе гомогената трутневых личинок на микроциркуляцию и обмен веществ у лыжников-гонщиков / Ф. Б. Литвин, Т. М. Брук, П. А. Терехов, И. А. Прохода, Д. Б. Никитюк, С. В. Клочкова // Спортивная медицина: наука и практика. – 2018. – Т. 8, № 3. – С. 88–95.
18. Дунаев А. В. Метод и устройство оценки функционального состояния микроциркуляторно-тканевых систем организма человека на основе мультипараметрической оптической диагностики / А. В. Дунаев // Изв. вузов России. Радиоэлектроника. – 2020. – Т. 23, № 4. – С. 77–91.
19. Быков А. Т. Оценка влияния молочной ферментированной сыворотки на морфофункциональный статус и работоспособность спортсменов при интенсивных физических нагрузках / А. Т. Быков, Ф. Б. Литвин, В. В. Баранов, В. Я. Жигало, В. С. Зезюля // Вопросы питания. – 2016. – Т. 83, № 3. – С. 118–126.
20. Крупаткин А. И. Синхронизация миогенных осцилляций микрокровотока и изменений сатурации кислорода – проявление физиологической адаптации при стрессовых ситуациях / А. И. Крупаткин, В. В. Сидоров, А. В. Дунаев, Э. В. Рафаилов // Микроциркуляция и гемореология (от ангиогенеза до центрального кровообращения) IX Международная конференция (29 июня–2 июля, 2013). Ярославль. – Ярославль: Изд. ЯГПУ им К.Д. Ушинского, 2013. – С. 111.
21. Крупаткин А. И. Проблема адаптации и колебательные процессы в микроциркуляторном русле / А. И. Крупаткин В. В. Сидоров // Физиология человека. – 2016. – Т. 42, № 4. – С. 69–76.
22. Дунаев А. В. Мультимодальная оптическая диагностика микроциркуляторно-тканевых систем организма человека / А. В. Дунаев // Монография. – Старый Оскол. – ТНТ. – 2022. – 440 с.
23. Сидоров В. В. Система локальных анализаторов для неинвазивной диагностики общего состояния компарментов микроциркуляторно-тканевой системы кожи человека / В. В. Сидоров, Ю. Л. Рыбаков, В. М. Гукасов, Г. С. Евтушенко // Медицинская техника. – 2021. – № 6 (330). – С. 4–6.
24. Родичкин П. В. Регуляция моторных функций у спортсменов высокого класса и ее оптимизация с помощью адаптогенов, антигипоксантов и гипербарической оксигенации: дис. ... докт. мед. наук / Родичкин Павел Васильевич. – СПб, 2004. – 321 с.
25. Vogel H. G., Drug discovery and evaluation pharmacological assays / H. G. Vogel // Springer. – 2008. – 2129 p.
26. Бурмистрова Л. А. Физико-химический анализ и биохимическая оценка биологической активности трутневого расплода: автореф. дисс. канд биол. наук / Л. А. Бурмистрова. – Рязань, 1999. – 22 с.
27. Козлов В. И. Оценка состояния микроциркуляции у детей 6–7 лет по данным лазерной доплеровской флоуметрии / В. И. Козлов, В. Н. Сахаров, О. А. Гурова, В. В. Сидоров // Регионарное кровообращение и микроциркуляция. – 2021. – №20(3). – С. 46–53.
28. Stefanovska A. Wavelet analysis of oscillations in the peripheral blood circulation measured by laser Doppler technique / A. Stefanovska, M. Bracic, H. D. Kvernmo Trans Biomed Eng. – 1999. – 46(10) – P. 1230–1239.

29. Bartolomé F. Measurement of mitochondrial NADH and FAD autofluorescence in live cells / F. Bartolomé, A. Y. Abramov // *Mitochondrial Medicine*. – 2015. – 1 – P. 263–270. Doi: 10.1007/978-1-4939-2257-4_23.
30. Крупаткин А. И. Функциональная диагностика состояния микроциркуляторно-тканевых систем: Колебания, информация, нелинейность. / А. И. Крупаткин, В. В. Сидоров // *Руководство для врачей*. Изд. 2-е. – М.: ЛЕНАНД. – 2016. – 496 с.
31. Heikal A. Intracellular coenzymes as natural biomarkers for metabolic activities and mitochondrial anomalies / A. Heikal // *Biomarkers in Medicine*. – 2010. – Vol. 4, № 2. – P. 241–263.
32. Luo X. Roles of Pyruvate, NADH, and Mitochondrial Complex 1 in Redox Balance and Imbalance in Cell Function and Dysfunction / X. Luo, R. Li, L.-Jun. Yan // *Diabetes Res*. – 2015. – P. 1–8.
33. Карнаухов В. Н. Люминисцентный анализ клеток / В. Н. Карнаухов – Пушкино, 2002. – 131 с.
34. Глаголева Е. Н. Оценка микроциркуляторно-тканевых систем после косметологических процедур, направленных на коррекцию возрастных изменений / Е. Н. Глаголева, В. В. Сидоров, Н. Д. Подоплека, Д. Р. Файзулина // *Регионарное кровообращение и микроциркуляция*. – 2020. – №19(3). – С. 25–30.
35. Самойлов В. О. Флуоресценция компонентов дыхательной цепи митохондрий в медицинской диагностике / В. О. Самойлов // *Биофизика*. – 2013. – Т. 58, Вып. 5. – С. 813–818.
36. Шабрыкина Н. С. Биомеханическая модель микроциркуляции и трансапиллярного обмена веществ. Дисс... канд. ф-м. наук. / Шабрыкина Н. С. – Саратов, 2008. – 159 с.
37. Власов Т. Д. Возможности аутофлуоресцентной органоскопии при ишемическом и реперфузионном повреждении тонкой кишки in vitro / Т. Д. Власов, О. В. Корнюшин, Г. В. Папаян // *Регионарное кровообращение и микроциркуляция*. – 2009. – №2(30). – С. 73–75.
38. Kvernmo H. D. Oscillations in the human cutaneous blood perfusion signal modified by endotheliumdependent and endothelium-independent vasodilators / H. D. Kvernmo, A. Stefanovska, K. A. Kirkeboen, K. Kvernebo // *Microvascular research*. – 1999. – Vol. 57, № 3. – P. 298–309.
39. Дунаев А. В. Метод оценки адаптивных изменений в микроциркуляторно-тканевых системах организма человека / Дунаев А. В. // *Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии*. – 2020. – №4-1(342). – С. 88–99.
40. Katayama K. Intermittent hypoxia improves endurance performance and submaximal exercise efficiency / Katayama K., Matsuo H., Ishida K. et al. // *High. Alt. Med. Biol*. – 2003. – 4 (3). – P. 291–304.
41. Millet G. P. Combining hypoxic methods for peak performance / Millet G. P., Roels B., Schmitt L. et al. // *Sports Med*. – 2010. – Vol. 40. – P. 1–25.

PROSPECTS OF USING THE BILAR APIPRODUCT TO ENHANCE THE FUNCTIONALITY OF THE ATHLETES' MICROHEMOCIRCULATION SYSTEM

Krotova K. A., Litvin F. B.

*Smolensk State University of Sports, Smolensk, Russian Federation
E-mail: bf-litvin@yandex.ru*

The purpose of this study was to evaluate the effect of the product from the drone larvae of the honey bee "Bilara" on the stationary and oscillatory characteristics of the microcirculation system of athletes. 50 athletes of basketball players of the control and main groups were examined by laser Doppler flowmetry (LDF) and fluorescence spectroscopy (FS). The inclusion of the bioproduct "Bilar" in the diet of athletes at the stage of the pre-competitive training cycle has a twofold effect. After applying Bilar, the

nutritional blood flow increases in a state of relative rest, the direct regulator of which is vasodilation of precapillary sphincters. A decrease in the peripheral resistance of precapillary sphincters "facilitates" blood flow into the microvascular bed with the participation of extravascular pulse and respiratory regulation mechanisms. At rest, after "Bilar", the level of oxidative metabolism decreases. In conditions of working hypoxia, activation of vasomotion and flaxmotion increases blood perfusion and the amount of nutritive blood flow. The increase in the intensity of microcirculation is based on a decrease in microvascular tone, which reflects an increase in the amplitude of intravascular mechanisms. Monitoring of fluorescence of NADH and FAD coenzymes in the form of a redox potential showed a significant increase in oxidative metabolism after dosed physical activity.

The analyzed data indicate the high relevance of the further introduction of drone brood preparations into the nutritional component of the athletes' diet, which will serve as a tool for improving the physical performance of athletes and accelerated recovery.

Keywords: laser Doppler flowmetry, microcirculation, athletes, bioproduct, physical activity, fluctuations in blood flow, oxygen transport.

References

1. Garganeeva N. P. [and others], The influence of physical activity of different directions on indicators of physical performance and the level of maximum oxygen consumption in qualified athletes, depending on the period of the training process, *Sports medicine: science and practice*, **2**, 30 (2019).
2. Macdermid P. W., Stannard S. R. A whey-supplemented, high-protein diet versus a high-carbohydrate diet: effects on endurance cycling performance, *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, **16**, 65 (2006).
3. Borisova O. O. *Nutrition for athletes: foreign experience and practical recommendations [Text]: educational method*. Allowance, 132 (Soviet sport, Moscow, 2007).
4. Kulinenkov O. S. *Pharmacological assistance to an athlete: correction of factors limiting sports performance*, 144 (Soviet sport, Moscow, 2007).
5. Kim V. N., Krivulina G. B., Shevelev V. M., Karpov R. S., Correction of endothelium-dependent microcirculation disorders, biochemical blood parameters, level of performance, vegetative and psycho-emotional status in young and young athletes using apiphytoproducts, *Bull. Sib. Medicine*, **12**, 1, 30 (2013).
6. Brook T. M., Litvin F. B. Assessment of the reactivity of the microcirculation system to physical activity with the combined use of natural dietary supplements and LILI in athletes with different types of heart rate regulation, *Science and sport: modern trends*, **2**, 11, 6 (2023).
7. Novikov V. S., Karkishchenko V. N., Shustov E. B. *Functional human nutrition under extreme influences*, 346 (Politekhnik-a-print, St. Petersburg, 2017).
8. Hinton P. S. Iron and the endurance athlete. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, **39**, 9, 1012 (2014).
9. Maughan R. J., Depiesse F., Geyer H. International Association of Athletics Federations. The use of dietary supplements by athletes, *J Sports Sci*, **25**, 1 (2007).
10. Potgieter S. Sport nutrition: A review of the latest guidelines for exercise and sport nutrition from the American College of Sport Nutrition, *the International Olympic Committee and the International Society for Sports Nutrition*, **26**, 1, 6 (South African Journal of Clinical Nutrition, 2013).
11. Gavrilova E. A. *Sports nutrition is an integral component of sports training*, 48 (Moscow, 2021).
12. Prohoda I. A. *New technology for the production of bilar products. Beekeeping – XXI century. Beekeeping, apitherapy and quality of life: materials International. conf. (Pishchepromizdat, Moscow, 2010), P. 191–193.*

13. Litvin F. B., Prohoda I. A., Morozova E. P., Martynov S. V., The influence of the drug “Bilar” on the autonomic regulation of heart rate in young athletes. *Yearbook of the Research Institute of Fundamental and Applied Research*, **1**, 5, 50 (2014).
14. Mitrofanov D. V., Budnikova N. V., Brandorf A. Z. Application of drone brood in rational nutrition and apitherapy, *Agricultural science of the Euro-North-East.*, **22**, 2, 188 (2021).
15. Baboshina N. V. *Age-related features of the formation of the microcirculation system, its regulatory mechanisms and reserve capabilities during the periods of primary school, adolescence and young adulthood: abstract of thesis*, Diss. ...cand. biol. Sci., 22 (Yaroslavl, 2021).
16. Mikhailov P. A., Muravyov A. V., Osetrov I. A., Tikhomirova I. A. Structure of relationships between indicators of aerobic performance of central hemodynamics, microcirculation and blood rheology, *Regional blood circulation and microcirculation*, **20**, 1, 84 (2021).
17. Litvin F. B., Brook T. M., Terekhov P. A., Prohoda I. A. The influence of a dietary supplement based on drone larvae homogenate on microcirculation and metabolism in cross-country skiers, *Sports medicine: science and practice*, **18**, 3, 88 (2018).
18. Dunaev A. V. Method and device for assessing the functional state of microcirculatory tissue systems of the human body based on multiparametric optical diagnostics, *Izv. universities in Russia. Radioelectronics*, **23**, 4, 77 (2020).
19. Bykov A. T., Litvin F. B., Baranov V. V., Zhigalo V. Ya., Zezyulya V. S. Assessment of the influence of fermented whey on the morphofunctional status and performance of athletes during intense physical activity, *Nutrition issues*, **83**, 3, 118 (2016).
20. Krupatkin A. I., Sidorov V. V., Dunaev A. V., Rafailov E. V. *Synchronization of myogenic oscillations of microblood flow and changes in oxygen saturation – a manifestation of physiological adaptation in stressful situations*, Microcirculation and hemorheology (from angiogenesis to central circulation) IX International Conference (June 29–July 2, 2013), P. 111.
21. Krupatkin A. I., Sidorov V. V. The problem of adaptation and oscillatory processes in the microcirculatory bed, *Human Physiology*, **42**, 4, 69 (2016).
22. Dunaev A. V. *Multimodal optical diagnostics of microcirculatory tissue systems of the human body*, 440 (Monograph, Stary Oskol, 2022).
23. Sidorov V. V., Rybakov Yu. L., Gukasov V. M., Yevtushenko G. S. System of local analyzers for non-invasive diagnostics of the general condition of the compartments of the microcirculatory tissue system of human skin, *Medical technology*, **6**, 330, 4 (2021).
24. Rodichkin P. V., *Regulation of motor functions in high-class athletes and its optimization with the help of adaptogens, antihypoxants and hyperbaric oxygenation*, Dis. ... doc. honey. Sciences, 321 (St. Petersburg, 2004).
25. Vogel H. G. *Drug discovery and evaluation pharmacological assays*, 2129 (Springer, 2008).
26. Burmistrova L. A., *Physico-chemical analysis and biochemical assessment of the biological activity of drone brood*: abstract. diss. Candidate of Biology Sciences, 22 (Ryazan, 1999).
27. Kozlov V. I., Sakharov V. N., Gurova O. A., Sidorov V. V., Assessment of the state of microcirculation in children 6–7 years old according to laser Doppler flowmetry, *Regional blood circulation and microcirculation*, **20**, 3, 46 (2021).
28. Stefanovska A., Bracic M., Kvernmo N. D., Wavelet analysis of oscillations in the peripheral blood circulation measured by laser Doppler technique, *Trans Biomed Eng.*, **46**, 10, 1230 (1999).
29. Bartolomé F., Abramov A. Y., Measurement of mitochondrial NADH and FAD autofluorescence in live cells, *Mitochondrial Medicine*, 263 (2015).
30. Krupatkin A. I., Sidorov V. V., *Functional diagnostics of the state of microcirculatory tissue systems: Oscillations, information, nonlinearity*, Guide for doctors. Ed. 2nd., 496 (LENNAND, Moscow, 2016).
31. Heikal A. Intracellular coenzymes as natural biomarkers for metabolic activities and mitochondrial anomalies, *Biomarkers in Medicine*, **4**, 2, 241 (2010).
32. Luo X., Li R., Yan L.-Jun., Roles of Pyruvate, NADH, and Mitochondrial Complex 1 in Redox Balance and Imbalance in Cell Function and Dysfunction, *Diabetes Res.*, 1 (2015).
33. Karnaukhov V. N. *Luminescent analysis of cells*, 131 (2002).
34. Glagoleva E. N., Sidorov V. V., Podoplekina N. D., Fayzullina D. R. Assessment of microcirculatory tissue systems after cosmetic procedures aimed at correcting age-related changes, *Regional blood circulation and microcirculation*, **19**, 3, 25 (2020).

35. Samoilov V. O. Fluorescence of components of the mitochondrial respiratory chain in medical diagnostics, *Biophysics*, **58**, 5, 813 (2013).
36. Shabrykina N. S. *Biomechanical model of microcirculation and transcapillary metabolism.*, Diss... cand. fm. Sci., 159 (Saratov, 2008).
37. Vlasov T. D., Kornushin O. V., Papayan G. V. Possibilities of autofluorescent organoscopy for ischemic and reperfusion injury of the small intestine in vitro, *Regional blood circulation and microcirculation*, **2**, 30, 73 (2009).
38. Kvernmo H. D., Stefanovska A., Kirkeboen K. A., Kvernebo K. Oscillations in the human cutaneous blood perfusion signal modified by endothelium-dependent and endothelium-independent vasodilators, *Microvascular research*, **57**, 3, 298 (1999).
39. Dunaev A. V. Method for assessing adaptive changes in microcirculatory tissue systems of the human body, *Fundamental and applied problems of engineering and technology*, **4**, 1, 88 (2020).
40. Katayama K., Matsuo H., Ishida K. et al., Intermittent hypoxia improves endurance performance and submaximal efficiency exercise, *High. Alt. Med. Biol.*, **4**, 3, 291 (2003).
41. Millet G. P., Roels B., Schmitt L. et al., Combining hypoxic methods for peak performance, *Sports Med*, **40**, 1 (2010).