Дата публикации: 01.03.2024
DOI: 10.24412/2588-0500-2024_08_01_9
УДК 612.133; 612.135; 796/799

Publication date: 01.03.2024
DOI: 10.24412/2588-0500-2024_08_01_9
UDC 612.133; 612.135; 796/799

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МИКРОЦИРКУЛЯТОРНЫХ РЕАКЦИЙ НА ФИЗИЧЕСКУЮ НАГРУЗКУ У БАСКЕТБОЛИСТОВ

Ф.Б. Литвин[1], К.А. Кротова[1], В.Я. Жигало[2], А.И. Калоша[3]

[1]Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Смоленский государственный университет спорта», г. Смоленск, Россия

[2]Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Брянский государственный инженерно-технологический университет», г. Брянск, Россия

[3]Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Брянский государственный университет имени академика И.Г. Петровского», г. Брянск, Россия

Аннотация. Цель исследования – изучить особенности функциональной асимметрии показателей микроциркуляторного русла верхних и нижних конечностей у баскетболистов с помощью применения носимых аппаратов. Исследование проведено на 30 спортсменах в возрасте 17-22 года. Методами лазерной допплеровской флоуметрии и флуоресцентной спектроскопии установлена функциональная асимметрия в краниально-каудальном и лево-правостороннем направлении. В покое интенсивность микроциркуляции, величина нутритивного кровотока и величина окислительного метаболизма выше на верхних конечностях. Показатель нутритивного кровотока находится в прямой зависит от величины амплитуды миогенных колебаний. На нижних конечностях показатель нутритивного кровотока ниже по сравнению с верхними конечностями, что обусловлено низкой амплитудой миогенных колебаний. Лево-правосторонняя асимметрия более выражена на нижних конечностях. Тест с физической нагрузкой показал сохранение закономерностей краниально-каудальной и лево-правосторонней функциональной асимметрии при более высоких значениях изученных показателей. После физической нагрузки на верхних и нижних конечностях достоверно повышаются показатели интенсивности микроциркуляции, величины нутритивного кровотока. Отмечается ярко выраженная вазодилататорная реакция прекапиллярных сфинктеров. Уровень энергетического метаболизма повышается на верхних конечностях и снижается на нижних конечностях.

Ключевые слова: спортсмены, микроциркуляция, окислительный метаболизм, лазерная допплеровская флоуметрия, флуоресцентная спектроскопия, физическая нагрузка.

COMPARATIVE ANALYSIS OF MICROCIRCULATORY RESPONSE TO PHYSICAL ACTIVITY OF BASKETBALL PLAYERS

F.B. Litvin[1], K.A. Krotova[1], V.Ya. Zhigalo[2], A.I. Kalosha[3]

[1]Smolensk State University of Sports, Smolensk, Russia

[2]Bryansk State University of Engineering and Technology, Bryansk, Russia

[3]Ivan Petrovsky Bryansk State University, Bryansk, Russia

Abstract. The aim of the study was to examine the functional asymmetry features of the microcirculatory bed of the upper and lower limbs in basketball players using wearable devices. The study included 30 athletes aged 17-22 years. Functional asymmetry in the cranial-caudal and left-right directions has been identified with laser Doppler flowmetry and fluorescence spectroscopy. At rest, the microcirculation intensity, the amount of nutritive blood flow and the amount of oxidative metabolism are higher in the upper limbs. The index of nutritive blood flow is directly dependent on the magnitude of the myogenic oscillation amplitude. In the lower limbs, the index of nutritive blood flow is lower compared to the upper limbs due to the low myogenic oscillation amplitude. Left-right asymmetry is more pronounced on the lower limbs. The exercise test showed the preservation of patterns of cranial-caudal and left-right functional asymmetry at higher values of the studied parameters. After physical activity on the upper and lower limbs, the indices of microcirculation intensity and the value of nutritive blood flow significantly increase.

There is a pronounced vasodilatory reaction of precapillary sphincters. The level of energy metabolism increases in the upper limbs and decreases in the lower limbs.
Keywords: athletes, microcirculation, oxidative metabolism, laser Doppler flowmetry, fluorescence spectroscopy, physical activity.

Введение. Проблема функциональной асимметрии разных органов является одной из фундаментальных в физиологии. На современном этапе достаточно хорошо изучены межполушарная асимметрия мозга и функциональная асимметрия центральных сосудов [1]. С разработкой (НПП «ЛАЗМА») носимых аппаратов, сочетающих в себе характеристики лазерной допплеровской флоуметрии и флуоресцентной спектроскопии [2-3], появилась возможность одновременной регистрации параметров микроциркуляции в симметричных участках тела человека. При применении портативных приборов удобно проводить одновременное исследование в симметричных областях тела человека. Предложенный методический подход позволяет улучшить диагностику системных изменений в ответ на физическую нагрузку у спортсменов, а также выявить области с дефицитом микрокровотока и окислительного метаболизма в тренировочном процессе. Ранее выполненные исследования микроциркуляции парных образований выявили функциональную ассиметрию с левой и правой стороны тела как у животных [4], так и человека [1, 5, 6]. Вместе с тем, в доступной литературе отсутствуют сведения о наличии краниально-каудального и лево-правостороннего гемодинамического баланса в системе микроциркуляции у спортсменов. На наш взгляд, изучение этой проблемы позволит усилить персонифицированный подход к тренировочному и соревновательному процессам у спортсменов.

Цель исследования – изучить особенности краниально-каудальной и лево-правосторонней асимметрии показателей микроциркуляторного русла верхних и нижних конечностей у баскетболистов на основе применения носимых аппаратов, сочетающих в себе характеристики лазерной допплеровской флоуметрии и лазерной флуоресцентной спектроскопии.

Методы и организация исследования. Исследование проходило на базе ФГБОУ ВО «СГУС». В исследовании участвовало 30 баскетболистов в возрасте 17-22 лет. Регистрацию показателей лазерной допплеровской флоуметрии и флуоресцентной спектроскопии проводили в два этапа: первый этап – запись в состоянии относительного покоя, второй этап – после 30-минутной аэробной нагрузки. Работа выполнялась на велоэргометре Peak Bike Monark 894-E. Объем нагрузки составлял 1,5% от массы тела, скорость вращения педалей – 50-60 оборотов в минуту. При написании баскетболистами заявления о добровольном участии в исследованиях, установлено, что все испытуемые писали правой рукой. Для диагностики функциональной асимметрии применяли носимые портативные приборы «ЛАЗМА-ПФ», в которых включены методы контроля микроциркуляторного кровотока с использованием лазерной допплеровской рии [2, 3] в сочетании с флуоресцентной спектроскопией [4, 7] для оценки окислительного метаболизма. При регистрации перфузии крови испытуемые располагались на кушетке в положении лежа, в состоянии физического и психологического покоя. Датчики устанавливали сначала на верхние конечности справа и слева, на внутреннюю поверхность предплечий, на 10 см ниже локтевого сустава, затем на нижние конечности на заднюю поверхность голени, область икроножных мышц, на 10 см ниже от подколенной ямки. В выбранных областях отсутствуют артериоло-венулярные анастомозы, что позволяет более точно оценить уровень нутритивного кровотока в обменном звене системы микроциркуляции.

Длительность одной записи на двух конечностях одновременно составляла 5 минут. Для оценки состояния микроциркуляторного кровотока были рассчитаны и проанализированы следующие параметры: средний уровень перфузии, нутритивный кровоток [8], амплитуда колебаний кровотока в миогенном диапазоне частот (0,052-0,145 Гц) [9]. Оценку окислительного метаболизма проводили на основе данных о флуоресценции кофермента никотинамидадениндинуклеотида восстановленного (НАДН), который является биомаркером метаболизма [10-11]. Для обработки полученных данных использовали метод математической статистики по t-критерию Стьюдента с применением программного пакета Microsoft Office Excel 2010. Для проверки данных на нормальность распределения применялся критерий Шапиро-Уилка.

Результаты исследования и их обсуждение. В таблице представлены изученные показатели микроциркуляции крови в состоянии покоя в верхних и нижних конечностях.

Таблица

Показатели микроциркуляции в симметричных областях верхних и нижних конечностей до и после физической нагрузки, M±m

Показатели	Этап исследования	Верхние конечности		Нижние конечности		p<0,05
		правая рука	левая рука	правая нога	левая нога	
ПМ, пф.ед.	до ФН	3,45±0,29	4,53±0,31	3,87±0,40	5,20±0,49	●
ПМ, пф.ед.	после ФН	5,53±0,94*	7,12±1,12*	5,50±0,60*	8,86±1,54*	●
Мнутр., пф.ед.	до ФН	2,33±0,27	2,98±0,23	1,45±0,20	2,64±0,19	●
Мнутр., пф.ед.	после ФН	4,60±1,03*	6,43±1,14*	2,51±0,57*	5,72±0,63*	●
Ам, пф.ед.	до ФН	0,32±0,05	0,39±0,07	0,17±0,03	0,30±0,04	●
Ам, пф.ед.	после ФН	0,55±0,19*	0,79±0,22*	0,41±0,10*	0,72±0,09*	●
Анадн, усл.ед.	до ФН	2,43±0,26	2,03±0,19	3,29±0,31	2,45±0,24	●
Анадн, усл.ед.	после ФН	4,68±1,26*	2,91±0,47*	2,95±0,42*	1,52±0,31*	●

Примечание: ПМ – показатель микроциркуляции; пф.ед. – перфузионные единицы; усл.ед. – условные единицы; Мнутр. – показатель нутритивного кровотока; Ам – амплитуда миогенных колебаний; Анадн – показатель содержания кофермента НАДН, ФН – физическая нагрузка; ● – различия при p<0,05 между показателями на правой и левой нижних конечностях; * – различия при p<0,05 между показателями до и после физической нагрузки на верхних и нижних конечностях

По изученным показателям микроциркуляции выявлены различия как в краниально-каудальном, так и лево-правостороннем направлении между левой и правой конечностями (табл.). Отметим, что по уровню интенсивности микроциркуляции в краниально-каудальном направлении достоверных различий не наблюдается, показатель микроциркуляции тенденциозно выше в нижних конечностях. Величина нутритивного кровотока, напротив, выше в верхних конечностях. В частности, показатель нутритивного кровотока на правой руке на 61% (p<0,05) достоверно выше по сравнению с правой ногой, а показатель нутритивного кровотока на левой руке на 12%

($p>0,05$) выше по сравнению с левой ногой. Величина нутритивного кровотока находится в обратной зависимости от тонуса прекапиллярных артериол, которые являются «воротами» в капиллярное русло. Чем ниже тонус прекапилляров, тем выше объем нутритивного кровотока. При этом в верхней конечности справа показатель амплитуды миогенных колебаний на 88% ($p<0,05$) достоверно выше по сравнению с правой ногой, а на левой руке амплитуда миогенных колебаний на 30% ($p<0,05$) достоверно выше по отношению к левой ноге. В условиях повышенного кровенаполнения капиллярного звена в верхних конечностях возможности по окислительному метаболизму также выше. В результате усиления окислительного фосфорилирования интенсивно расходуется кофермент НАДН с понижением его величины в правой руке на 35% ($p<0,05$) по сравнению с левой ногой, а в левой руке – на 21% ($p>0,05$) относительно левой ноги. В работах Карнаухова В.Н. [12], Самойлова В.О. [13], Сидорова В.В. [14] показано, что увеличение амплитуды флуоресценции НАДН отражает снижение утилизации субстрата и коферментов в исходном состоянии, а, следовательно, и снижение активности окислительного метаболизма. И наоборот, повышение активности окислительного метаболизма сопровождается уменьшением амплитуды флуоресценции НАДН. При рассмотрении лево-правосторонней функциональной асимметрии установлено, что на верхних конечностях в состоянии относительного покоя показатели микроциркуляции выше на правой стороне тела. Так, справа показатель микроциркуляции на 31% ($p<0,05$), достоверно выше по сравнению с левой рукой. Улучшение кровотока через обменное звено повышает возможности окислительного фосфорилирования, о чем свидетельствует снижение на 20% ($p>0,05$) кофермента НАДН. На нижних конечностях уровень функциональной асимметрии более выраженный с достоверным повышением изученных показателей справа. В частности на правой ноге показатель микроциркуляции выше на 34% ($p<0,05$), показатель нутритивного кровотока – на 82% ($p<0,05$), показатель амплитуды миогенных колебаний – на 76% ($p<0,05$) по сравнению с аналогичными показателями левой ноги. Соответственно уровень энергетического обмена на правой ноге выше с понижением на 34% ($p<0,05$) показателя кофермента НАДН.

Таким образом, в проекции от краниального отдела к каудальному, в системе микроциркуляции при незначительном повышении интенсивности микрокровотока достоверно снижается нутритивный кровоток, повышается тонус прекапиллярных артериол и снижается энергетический метаболизм. При лево-правосторонней функциональной асимметрии адаптационный потенциал выше в верхних и нижних конечностях с левой стороны тела. Важно отметить, что если в верхних конечностях достоверные различия регистрируются только по показателю микроциркуляции, то в нижних конечностях различия усиливаются, достигая достоверной значимости по всем изученным показателям. Уровень энергетического метаболизма выше в верхних конечностях по сравнению с нижними.

После 30 минутной работы при сравнительном анализе показателей в краниально-каудальном направлении отмечается суммарное повышение интенсивности микроциркуляции и нутритивного кровотока в верхних и нижних конечностях справа и слева. Под влиянием нагрузки усиливается вазодилатация прекапиллярных артериол. Энергетический метаболизм повышается в работающих нижних конечностях и незначительно снижается в верхних. После физической нагрузки между верхними и нижними конечностями достоверных различий по показателю микроциркуляции не выявлено. Величина нутритивного кровотока выше в верхних конечностях. Показатель нутритивного кровотока на правой руке на 83% ($p<0,05$) достоверно выше по сравнению с правой ногой. На левой руке величина

нутритивного кровотока на 12% ($p>0,05$) недостоверно выше по сравнению с левой ногой. Показатель вазодилатации тенденциозно выше на верхних конечностях. В то же время, уровень окислительного метаболизма в верхних конечностях ниже по сравнению с нижними конечностями, о чем свидетельствует величина НАДН. В правой руке содержание НАДН на 59% ($p<0,05$) достоверно выше по сравнению с правой ногой и на левой руке на 91% ($p<0,05$) достоверно выше относительно показателя на левой ноге. Предположительно это связано с особенностями выполнения тестовой нагрузки, при которой верхние конечности находятся в статическом положении. После мышечной работы сохраняется лево-правосторонняя функциональная асимметрия как на верхних, так и нижних конечностях. Однако степень выраженности изменений разная. Если на верхних конечностях показатели микроциркуляции, величина нутритивного кровотока и амплитуда миогенных колебаний справа тенденциозно выше без достижения статистически значимого уровня различий, то на нижних конечностях слева показатель микроциркуляции на 61% ($p<0,05$), величина нутритивного кровотока – на 128% ($p<0,05$), амплитуда миогенных колебаний – на 76% ($p<0,05$) достоверно выше по сравнению с правой ногой. Показатель энергетического метаболизма также на левой ноге на 94% ($p<0,05$) достоверно выше по отношению к правой.

Заключение. Показатели микроциркуляции и окислительного метаболизма неоднородны в отдельных областях организма человека. Системный анализ состояния микроциркуляторно-тканевых отношений по совокупности уровня перфузии и окислительного метаболизма в разных областях тела целесообразно осуществлять с применением носимых аппаратов.

На усиление функциональной асимметрии в нижних конечностях относительно верхних предположительно оказывает воздействие гидростатическое давление столба крови.

Лево-правосторонняя асимметрия, по всей видимости, объясняется исходной асимметрией морфологических характеристик сосудов симметричных органов, являющееся проявлением свойства хиральности.

Под влиянием физической нагрузки происходит перераспределение баланса миогенных влияний в симметричных областях с целью поддержания устойчивого функционирования микроциркуляторного русла.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.
Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Мезенцева, Л. В. Сравнительный анализ показателей устойчивости микроциркуляции височных областей головы у молодых испытуемых мужского и женского пола / Л. В. Мезенцева // Бюллетень экспериментальной биологии и медицины. – 2023. – № 2. – С. 145–149.
2. Метод и устройство диагностики функционального состояния периферических сосудов верхних конечностей / Жеребцова А. И., Жеребцов Е. А., Дунаев А. В. [и др.] // Медицинская техника. – 2017. – Т. 301. – № 1. – С. 33-37.
3. Цифровая лазерная доплеровская флоуметрия: устройство, обработка сигнала и апробация в клинической практике / И. О. Козлов, Е. А. Жеребцов, К. В. Подмастерьев, А. В. Дунаев // Медицинская техника. – 2021. – № 1. – С. 8-11.
4. Дунаев, А. В. Метод и устройство оценки функционального состояния микроциркуляторно-тканевых систем организма человека на основе мультипараметрической оптической диагностики / А. В. Дунаев // Известия высших учебных заведений России. Радиоэлектроника. – 2020. – Т. 23. – № 4. – С. 77-91.
5. Михайличенко, Л. А. Эндотелиальный компонент в механизмах регуляции тонуса сосудов парных образований по данным лазерной допплеровской флоуметрии / Л. А. Михайличенко

// Регионарное кровообращение и микроциркуляция. – 2008. – Т. 7. – № 4(28). – С. 71-80.
6. Оценка состояния микроциркуляции у детей 6-7 лет по данным лазерной допплеровской флоуметрии / В. И. Козлов, В. Н. Сахаров, О. А. Гурова, В. В. Сидоров // Регионарное кровообращение и микроциркуляция. – 2021. – Т. 20(3). – С. 46-53.
7. Experimental study on predicting skin flap necrosis by fliorescence in the FAD and NADH bands during surgery / Mokry M., Gal P., Hcirakalova V. [et al] // Photochem. Photobiol. – 2007. – Vol. 83. – № 5. – P. 1193-1196.
8. Крупаткин, А. И. Функциональная диагностика состояния микроциркуляторно-тканевых систем: колебания, информация, нелинейность. Руководство для врачей / А. И. Крупаткин, В. В. Сидоров. Изд. 2.е. – М.: ЛЕНАНД, 2016. – 496 с.
9. Dynamic markers based on blood perfusion fluctuationsfor selecting skin melanocytic lesions for biopsy / Lancaster G., Stefanovska A., Pesce M. [et al] // Scientific Reports. – 2015. – P. 2.
10. 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.
11. Luo, X. Roles of Pyruvate, NADH, and Mitochondrial Complex I in Redox Balance and Imbalance in β Cell Function and Dysfunction / X. Luo, R. Li, L. J. Yan // J Diabetes Res. – 2015. – P. 512618. DOI: 10.1155/2015/512618.
12. Карнаухов, В. Н. Люминесцентный анализ клеток: учеб. пос. / В. Н. Карнаухов. – Пущино: ИБК РАН, 2002. – 131 с.
13.Самойлов, В. О. Флуоресценция компонентов дыхательной цепи митохондрий в медицинской диагностике / В. О. Самойлов // Биофизика. – 2013. – Т. 58. – № 5. – С. 813-818.
14.Система локальных анализаторов для неинвазивной диагностики общего состояния компартментов 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.

REFERENCES

1. Mezentseva L.V. Comparative analysis of indicators of microcirculation stability of the temporal regions of the human head in young male and female subjects. *Bulletin of Experimental Biology and Medicine*, 2023, no. 2, pp. 145-149. (in Russ.)
2. Zherebtsova A.I., Zherebtsov E.A., Dunaev A.V., Podmaster'ev K.V., Kos'kin A.V., Pilipenko O.V. A method and device for diagnosing functional status of peripheral vessels in upper limbs. *Meditsinskaya tekhnika*, 2017, vol. 301, no. 1, pp. 33-37. (in Russ.)
3. Kozlov I.O., Zherebtsov E.A., Podmaster'ev K.V., Dunaev A.V. Digital laser doppler flowmetry: mechanism, signal processing and testing in clinical practice. *Meditsinskaya tekhnika*, 2021, no. 1, pp. 8-11. (in Russ.)
4. Dunaev A.V. A method and a device for evaluating the functional state of microcirculatory-tissue systems of the human body based on multiparametric optical diagnostics. *Journal of the Russian Universities. Radioelectronics* 2020, vol. 23, no. 4, pp. 77-91. (in Russ.)
5. Mikhajlichenko L.A. Endothelial component in mechanisms of regulation of a tone of vessels of pair formations according to laser Doppler flowmetry. *Regional Haemodynamics and Microcirculation*, 2008, vol. 7, no. 4(28), pp. 71-80. (in Russ.)
6. Kozlov V.I., Sakharov V.N., Gurova O.A., Sidorov V.V. Laser doppler flowmetry assessment of microcirculation in children of 6–7 years old. *Regional Haemodynamics and Microcirculation*, 2021, vol. 20(3), pp. 46-53.
7. Mokry M., Gal P., Hcirakalova V., Hutnanova Z., Kusnir J., Mozes S., Sabo J. Experimental study on predicting skin flap necrosis by fliorescence in the FAD and NADH bands during surgery. *Photochem. Photobiol*, 2007, vol. 83, no. 5, pp. 1193-1196.
8. Krupatkin A.I., Sidorov V.V. Functional diagnostics of the state of microcirculatory and tissue systems: fluctuations, information, nonlinearity. Guide for physicians. 2nd edition. Mosocw: LENAND, 2016. 496 p. (in Russ.)
9. Lancaster G., Stefanovska A., Pesce M., Vezzoni G.M., Loggini B., Pingitore R., Ghiara F., Barachini P., Cervadoro G., Romanelli M., Rossi M. Dynamic markers based on blood perfusion fluctuationsfor selecting skin melanocytic lesions for biopsy. *Scientific Reports*, 2015, no. 5, p. 12825.
10.Heikal A. Intracellular coenzymes as natural biomarkers for metabolic activities and mitochondrial anomalies. *Biomarkers in Medicine*, 2010, vol. 4, no. 2, pp. 241-263.
11.Luo X., Li R., Yan L.J. Roles of Pyruvate, NADH, and Mitochondrial Complex I in Redox Balance and Imbalance in β Cell Function and Dysfunction. *J Diabetes Res*, 2015, no. 2015, p. 512618. DOI: 10.1155/2015/512618.
12.Karnaukhov V.N. Luminescent cell analysis: a study guide. Puchshino: Institute of Cell Biophysics

of the Russian Academy of Science, 2002. 131 p. (in Russ.)
13.Samojlov V.O. Fluorescence of mitochondrial respiration chain components in medical diagnostics. *Biophysics*, 2013, vol. 58, no. 5, pp. 813-818. (in Russ.)
14.Sidorov V.V., Rybakov Yu.L., Gukasov V.M., Evtushenko G.S. System of local analyzers for non-invasive diagnostics of the general state of compartments of the human skin microcirculatory and tissue system. *Meditsinskaya tekhnika*, 2021, no. 6 (330), pp. 4-6. (in Russ.)

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:
Федор Борисович Литвин – доктор биологических наук, профессор, Смоленский государственный университет спорта, Смоленск, e-mail: bf-litvin@yandex.ru.
Кристина Александровна Кротова – аспирант, Смоленский государственный университет спорта», Смоленск, e-mail: kristina.krotova.94@mail.ru.
Владимир Яковлевич Жигало – кандидат педагогических наук, доцент, Брянский государственный инженерно-технологический университет, Брянск, e-mail: zhigalo@icloud.com.
Александр Иванович Калоша – кандидат педагогических наук, доцент, Брянский государственный университет имени академика И.Г. Петровского, Брянск, e-mail: kaloschaai@yandex.ru.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS:
Fedor B. Litvin – Doctor of Biological Sciences, Professor, Smolensk State University of Sports, Smolensk, e-mail: bf-litvin@yandex.ru.
Kristina A. Krotova – Post-Graduate Student, Smolensk State University of Sports, Smolensk, e-mail: kristina.krotova.94@mail.ru.
Vladimir Ya. Zhigalo – Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor, Bryansk State University of Engineering and Technology, Bryansk, e-mail: zhigalo@icloud.com.
Aleksandr I. Kalosha – Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor, Ivan Petrovsky Bryansk State University, Bryansk, e-mail: kaloschaai@yandex.ru.

Для цитирования: Сравнительный анализ микроциркуляторных реакций на физическую нагрузку у баскетболистов / Ф. Б. Литвин, К. А. Кротова, В. Я. Жигало, А. И. Калоша // Современные вопросы биомедицины. – 2024. – Т. 8. – № 1. DOI: 10.24412/2588-0500-2024_08_01_9

For citation: Litvin F.B., Krotova K.A., Zhigalo V.Ya., Kalosha A.I. Comparative analysis of microcirculatory response to physical activity of basketball players. *Modern Issues of Biomedicine*, 2024, vol. 8, no. 1. DOI: 10.24412/2588-0500-2024_08_01_9