

**УДК 612.014.4**

**ОСОБЕННОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СИСТЕМЫ  
МИКРОЦИРКУЛЯЦИИ У ФУТБОЛИСТОВ С РАЗНЫМИ ТИПАМИ  
ВЕГЕТАТИВНОЙ РЕГУЛЯЦИИ СЕРДЕЧНОГО РИТМА**

*Литвин Ф. Б., Брук Т. М., Осипова Н. В., Терехов П. А., Косорыгина К. Ю.*

*Смоленская государственная академия физической культуры, спорта и туризма, Смоленск,  
Россия  
E-mail: bf-litvin@yandex.ru*

В изученной выборке футболистов I тип вегетативной регуляции сердечного ритма встречается у 25 % испытуемых, II тип – у 19 %, III тип – у 42 % и IV тип – у 14 %. У спортсменов с I и II типами регуляции на фоне преобладания симпатического отдела вегетативной нервной системы (ВНС) регистрируется статистически значимое снижение перфузии крови и показателя флакса. Формируется гипоемический тип микроциркуляции. Уровень энергетического обмена повышенный. У футболистов с III и IV типами регуляции чаще встречается гиперемический тип микроциркуляции с повышением объемного компонента перфузии. Тонус микрососудов пониженный, наибольший вклад в вазодилатацию вносит нейрогенный, меньше миогенный и минимальный вклад эндотелийзависимого контуров регуляции. Возрастает роль пульсовых и дыхательных колебаний. Менее выражен окислительный метаболизм с понижением показателя удельного потребления кислорода тканями и повышением показателя сатурации гемоглобина кислородом.

**Ключевые слова:** микроциркуляция, спортсмены, лазерная доплеровская флоуметрия, сердечный ритм, типы регуляции.

**ВВЕДЕНИЕ**

В основе многолетней подготовки спортсменов лежит персонафицированный подход, который базируется на учете морфофункциональных, биохимических и генетических особенностей индивидуума. Сердечно-сосудистая система относится к важнейшим системам, лимитирующих возможности спортсменов, особенно в аэробных видах спорта. Её функция по доставке пластического и энергетического субстрата к рабочим органам, реализуется на уровне периферического звена – системы микроциркуляции [1–5]. В зависимости от величины перфузии, уровня колеблемости эритроцитов, суперпозиции сосудистых и внесосудистых механизмов регуляции в самой системе микроциркуляции выделяют мезоемический, гиперемический и гипоемический типы микроциркуляции [6–8]. Активность внесосудистых механизмов модуляции микрокровотока в значительной степени определяется особенностями сердечного ритма [9, 10]. Сердечная деятельность находится под многоуровневым контролем нервного и гуморально-гормонального контуров управления. В зависимости от доминирования центрального или автономного механизмов регуляции выделяют 4 типа регуляции сердечной деятельности [11]. По данным [12, 13] уровень спортивного мастерства в

значительной степени определяется особенностями вегетативной регуляции сердечного ритма.

Цель исследования состояла в выявлении особенностей функционирования системы микроциркуляции при разных типах вегетативной регуляции сердечного ритма.

#### **МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ**

В исследуемую группу вошло 36 футболистов команды мастеров г. Смоленска, имеющие спортивный разряд кандидата и мастера спорта. Испытуемые мужского пола в возрасте 18–24 лет. Исследования проводились в течение микроцикла, приходящегося на базовый мезоцикл подготовительного периода (май). Исследования осуществляли персонально в кабинете врача за 1 час до начала тренировочного процесса (14–15 часов) в условиях температурного комфорта, освещенности и влажности после 15-минутной адаптации участника к условиям обследования. Запись кардиоритмограммы проводили сидя в течение 5 минут. За один сеанс проводили запись у 10–12 спортсменов. На обследование всех участников исследования ушло 3 дня. Предыдущий день перед исследованием являлся днем отдыха. Оценку вариабельности сердечного ритма (ВСР) атлетов проводили с помощью аппарата «Варикард 2.51» («ИВНМТ «РАМЕНА»; Россия). Оценивали следующие количественные показатели ВСР: ЧСС (уд./мин), показатели, характеризующие активность автономного ((мощность спектра колебаний ритма сердца,  $TP$  ( $мс^2$ ) мощность высокочастотных колебаний,  $HF$  ( $мс^2$ ) и центрального механизмов регуляции (мощность низкочастотных колебаний,  $LF$  ( $мс^2$ ), мощность очень низкочастотных колебаний,  $VLF$  ( $мс^2$ ), амплитуда моды,  $AMo$  (%), показатель преобладания центральных механизмов регуляции над автономным (индекс напряжения,  $ИН$  (усл. ед.)). На основании теоретических представлений Р. М. Баевского [14] и В. М. Покровского [15], Н. И. Шлык [11] выделяет четыре преобладающих типа регуляции: умеренное (I тип) и выраженное (II тип) преобладание центрального контура регуляции; умеренное (III тип) и выраженное (IV тип) преобладание автономного контура регуляции [11]. Согласно предложенной классификации экспресс-оценки типа регуляции I типу соответствуют значения  $SI > 100$  усл. ед.,  $VLF > 240$   $мс^2$ ; II типу –  $SI > 100$  усл. ед.,  $VLF < 240$   $мс^2$ ; III типу –  $SI$  от 30 до 100 усл. ед.,  $VLF > 240$   $мс^2$ ; IV типу –  $SI$  от 10 до 30 усл. ед.,  $VLF > 240$   $мс^2$ ,  $TP > 8000$   $мс^2$ . За основу предложенной классификации берутся не отделы автономной нервной системы (симпатический и парасимпатический), как принято, а центральный и автономный контуры автономного управления физиологическими функциями. Тем самым подчеркивается участие в процессах автономной регуляции многих звеньев единой регуляторной системы. В этом заключается системный подход к рассмотрению сложнейшего механизма регуляции физиологических функций, об активности которого можно судить по данным анализа ВСР. В качестве регистрирующей аппаратуры для изучения микрогемодинамики применяли промышленный лазерный анализатор капиллярного кровотока ЛАКК-М (НПП «Лазма»; Россия). Зонд оптического волокна, устанавливали на волярной поверхности 4 пальца правой

кисти. Закрепленный в штативе зонд на пальце фиксировали с помощью лейкопластыря. Время записи 5 минут. Анализировали следующие показатели: параметр микроциркуляции (ПМ, п.е.) в перфузионных единицах (перф.ед.) и уровень флакса (СКО, п.е.). Для амплитудно-частотного анализа осцилляций кровотока применялась программа LDF3.0.2.384 (ООО НПП “ЛАЗМА”). Программа реализует непрерывное вейвлет-преобразование с использованием в качестве анализирующего вейвлета комплекснозначный вейвлет Морле. Вклад активного механизма в формирование сосудистого тонуса оценивали по величине амплитуды нейрогенных (Ан), миогенных (Ам) и эндотелийзависимых (Аэ) колебаний (перф. ед.). Вклад пассивного механизма оценивали по величине амплитуды дыхательных (Ад) и пульсовых (Ап) колебаний (перф. ед.). Применяя указанный прибор, методом оптической тканевой оксиметрии оценивали уровень насыщения крови кислородом (SO<sub>2</sub>, %) и величину удельного потребления кислорода (U, усл. ед.). Проводился статистический анализ полученных данных. Для сравнения переменных использовался параметрический Т-критерий Стьюдента. Различия считались достоверными при значении  $p < 0,05$ .

### РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

С целью изучения особенностей функционирования системы микроциркуляции при разных типах вегетативной регуляции сердечного ритма проводили парный сравнительный анализ показателей микроциркуляции между группами спортсменов с умеренным преобладанием центрального (I) и автономного механизмов регуляции (III) и группами с выраженным преобладанием центрального (II) и автономного механизмов (IV) вегетативной регуляции сердечного ритма. Выполненный, с учетом количественных показателей временных (SI) и спектральных (VLF, TP) характеристик, анализ типологических особенностей вегетативной регуляции сердечного ритма показал, что наиболее часто встречается III тип (42 %), существенно реже IV тип (14 %) регуляции. При доминировании центрального механизма в 25 % случаев преобладает I тип и в 19 % II тип регуляции. Выявленное преобладание в обследуемой популяции спортсменов с III типом, по мнению ряда исследователей, является приоритетным стартовым физиологическим «базисом» для занятий спортом [11]. Как отмечает автор, III тип регуляции сердечного ритма в значительной степени генетически детерминированный. Вместе с тем, в практике спорта отмечается переход одного типа в другой [16]. По данным автора при правильно построенном тренировочном процессе чаще происходит переход от центрального к автономному типу регуляции и это свидетельствует о повышении функциональных возможностей организма, расширении его адаптационного потенциала под воздействием физических нагрузок [17]. Правомерно утверждение о том, что функциональная активность сердечно-сосудистой системы, определяет уровень напряженности регуляторных механизмов, а также функциональный резерв организма в целом, а ее периферический отдел – система микроциркуляции, обеспечивает требуемый уровень метаболизма [2,18–20]. Основные показатели системы микроциркуляции с учетом выделенных типов регуляции сердечного ритма представлены в таблице 1.

**Таблица 1**

**Показатели микрогемодиализации у футболистов с разным уровнем активности регуляторных систем (M±m)**

Показатели	I тип (1 группа) n=9 M±m	II тип (2 группа) n=7 M±m	III тип (3 группа) n=15 M±m	IV тип (4 группа) n=5 M±m
ПМ, п.е.	8,12±1,49	7,07±1,20	11,35±1,82**	13,76±2,05*
СКО, п.е.	0,79±0,22	0,65±0,18	1,08±0,25	1,86±0,44*
SO <sub>2</sub> , %	71,21±3,55	66,80±3,07	79,14±4,16	83,22±5,82*
U, усл. ед.	1,77±0,24	2,03±0,38	1,54±0,17	1,36±0,14
Аэ, п.е.	16,33±1,62	16,64±1,49	17,25±2,30	20,18±2,48
Ан, п.е.	12,40±1,15	10,03±0,86	15,41±1,70	18,23±1,94*
Ам, п.е.	9,80±1,10	7,09±0,88	11,59±1,36	12,46±1,52*
Ад, п.е.	3,06±0,25	3,85±0,30	5,40±0,49**	6,72±0,61*
Ас, п.е.	2,02±0,11	1,71±0,09	3,81±0,38**	4,58±0,43*

*Примечание:*

\* статистически значимые различия между II и IV типами (p<0,05)

\*\*статистически значимые различия между I и III типами (p<0,05)

Из данных таблицы следует, что при доминировании центрального механизма управления сердечным ритмом по показателям перфузии и флкса состояние кровотока «дрейфует» в сторону гипоемического типа, а при доминировании автономного механизма регуляции принимает характеристики близкие к гиперемическому типу микроциркуляции. Парный анализ показал, что у спортсменов с I типом величина ПМ на 40 %, а СКО – на 37 % ниже по сравнению с испытуемыми с III типом. Соответственно у спортсменов II типа ПМ на 95 %, СКО – на 186 % ниже по сравнению со спортсменами IV типа (p<0,05). Объем крови, притекаемой в микроциркуляторное русло регламентируется работой внутрисистемных механизмов регуляции, к которым относится ритмическая активность эндотелиоцитов экзоскелета капилляров и артериол, активность гладкомышечных клеток в стенке артериол и прекапиллярных сфинктеров в метартериолах. При анализе каждого из компартментов многоуровневой структуры регуляции установлено, что наибольший вклад в формирование вазодилаторного эффекта вносят артериолы и прекапиллярные сфинктеры и, существенно меньше вклад эндотелиоцитов. Как доказательство снижения тонуса артериол, амплитуда нейрогенных колебаний повышается на 82 % (p<0,05) при переходе от II типа к IV и на 24 % (p>0,05) от I к III типу; амплитуда миогенных колебаний повышается на 76 % (p<0,05) от II типа к IV и на 18 % (p>0,05) – от I к III типу; амплитуда эндотелийзависимых колебаний повышается на 21 % и 6 % соответственно (p>0,05). Доминирование активных механизмов модуляции тканевого кровотока под влиянием систематических физических нагрузок, направленных на рост эффективности системы микроциркуляции и повышение функционального резерва

капиллярного кровотока, отмечается работе [21]. Повышение вклада активных механизмов регуляции на уровне микроциркуляторного русла с ростом на 101 % эндотелиальных, на 82 % нейрогенных и на 55 % миогенных обнаружили [22, 23]. Тенденция на приближение к гиперемическому типу микроциркуляции у спортсменов с III и IV типами регуляции сопровождается усилением вклада внесосудистых механизмов регуляции. В результате облегченного притока крови в артериолярное звено микроциркуляторного русла амплитуда сердечных колебаний статистически надежно повышается на 168 % при переходе от II типа к IV и на 89 % от I к III типу ( $p < 0,05$ ). Улучшается и отток крови из веноулярного звена микроциркуляторного русла с повышением амплитуды дыхательных колебаний на 75 % и 76 % при переходе от II типа к IV и на 89 % от I к III типу соответственно ( $p < 0,05$ ).

Уровень перфузии и функциональная активность эритроцитов отражаются на состоянии обменных процессов, в частности, энергетическом обмене с участием кислорода.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

По результатам исследования установлено, что для удовлетворения клеток рабочих органов кислородом у испытуемых с I и II типами регуляции при пониженном кровотоке по сравнению с испытуемыми с III и IV типами, компенсаторно повышается диффузия кислорода из крови в ткани и повышением показателя удельного потребления кислорода тканями. В результате у спортсменов с I типом показатель  $U$  на 15 % превышает его значение у спортсменов с III типом, а у спортсменов со II типом – на 49 % по сравнению с IV типом. Повышенный переход кислорода из крови микроциркуляторного русла в ткани у спортсменов с I и II типами сопровождается снижением величины показателя сатурации кислорода на 11 % и 25 % по сравнению с испытуемыми с III и IV типами соответственно.

Полученные результаты в известной степени отражают имеющуюся функциональную взаимосвязь между центральным и периферическим отделами системы кровообращения. При доминировании автономного контура регуляции, формирующийся трофотропный эффект сочетается с мезоемическим или гиперемическим типом микроциркуляции. При повышении активности центрального механизма регуляции с эрготропным эффектом тканевой кровотока принимает характеристики гипоемического типа микроциркуляции. Следовательно, в условиях оперативного у покоя футболистов с I и II типами регуляции сердечного ритма по совокупности рассматриваемых характеристик состояние системы микроциркуляции квалифицируется, как повышено напряженное с усилением обменных процессов, что потенциально ограничивает резервные возможности системы и снижает ее адаптационный потенциал.

### Список литературы

1. Крупаткин А. И. Функциональная диагностика состояния микроциркуляторно-тканевых систем: Колебания, информация, нелинейность. Руководство для врачей. / А. И. Крупаткин, В. В. Сидоров / Изд. Стереотип. – М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ». – 2014. – 498 с.

2. Раваева М. Ю. Адаптация тканевой микрогемодинамики к условиям комбинации стрессовых факторов / М. Ю. Раваева, Е. Н. Чуян // Ученые записки Крымского федерального университета имени В.И. Вернадского. Биология. Химия. – 2018. – Т.4(70), №4. – С. 165–179.
3. Федорович А. А. Микрососудистое русло кожи человека как объект исследования / Федорович А. А. // Регионарное кровообращение и микроциркуляция. – 2017. – Т. 16(4). – С. 11–26.
4. Caro C. G. The mechanics of the circulation. Second Edition. / Caro C. G., Pedley T. J., Schroter R. C., Seed W. A. – Cambridge University Press, 2012. – 524 p.
5. Ellis C. G. What is the efficiency of ATP signaling from erythrocytes to regulate distribution of O(2) supply within the microvasculature? / Ellis C. G., Milkovich S., Goldman D. // Microcirculation. – 2012. – Vol. 19. – P. 440–450.
6. Гурова О. А. Комплексное исследование микроциркуляции крови и variability ритма сердца у детей 4–7 лет / О. А. Гурова // Новые исследования. – 2010. – № 3. – С. 78–86.
7. Козлов В. И. Индивидуально-типологические особенности микроциркуляции у человека / В. И. Козлов, Ф. Б. Литвин, Т. И. Станишевская, М. В. Морозов // Biomedical and Biosocial Anthropology. – 2007. – № 9. – С. 249–250.
8. Чуян Е. Н. Индивидуально-типологические особенности показателей микроциркуляции / Е. Н. Чуян, Н. С. Трибрат, М. Н. Ананченко // Ученые записки Таврического национального университета им. В. И. Вернадского «Серия биология, химия». – 2008. – Т. 21(60), №3. – С. 190–203.
9. Tankanag A. V. A method of adaptive wavelet filtering of the peripheral blood flow oscillations under stationary and non-stationary conditions / A. V. Tankanag, N. K. Chemeris // Phys. Med. Biol. – 2009. – Vol. 54, №19. – P. 5935.
10. Крупаткин А. И. Пульсовые и дыхательные осцилляции кровотока в микроциркуляторном русле кожи человека / А. И. Крупаткин // Физиология человека. – 2008. – Т. 34, №3. – С. 70–76.
11. Шлык Н. И. Сердечный ритм и тип регуляции у детей, подростков и спортсменов / Шлык Н. И. // Ижевск: Изд-во «Удмуртский университет». – 2009. – 255 с.
12. Гаврилова Е. А. Variability ритма сердца и спорт / Е. А. Гаврилова // Физиология человека. – 2016. – Т.42, №5. – С. 121–129.
13. Шлык Н. И. Управление тренировочным процессом спортсменов с учетом индивидуальных характеристик variability ритма сердца / Н. И. Шлык // Физиология человека. – 2016. – Т.42, №6. – С. 81–91.
14. Баевский Р. М. Variability сердечного ритма: теоретические аспекты и возможности клинического применения / Баевский Р. М., Иванов Г. Г. // Новые методы электрокардиографии, Под ред. С. В. Грачева, А. Л. Сыркина. М.: Техносфера. – 2007. – 474 с.
15. Покровский В. М. Формирование ритма сердца в организме человека и животных. / Покровский В. М. – Краснодар: «Кубань – Книга». – 2007. – 144 с.
16. Литвин Ф. Б. Сердечный ритм и система микроциркуляции у лыжников в предсоревновательном периоде спортивной подготовки / Ф. Б. Литвин, В. Я. Жигало, И. П. Аносов // Вестник Удмуртского университета Биология. Науки о Земле. – 2012. – Вып. 1. – С. 67–74.
17. Брук Т. М. Особенности реакции организма футболистов на физическую нагрузку с учетом игрового амплуа / Т. М. Брук, Ф. Б. Литвин, Н. В. Осипова // Материалы VI всероссийского симпозиума с международным участием «Ритм сердца и тип вегетативной регуляции в оценке уровня здоровья населения и функциональной подготовленности спортсменов» – Ижевск: Издательский центр «Удмуртский университет», 2016. – С. 84–88.
18. Козлов В. И. Развитие системы микроциркуляции / Козлов В. И. – М.: Изд. РУДН, 2012. – 314 с.
19. Петрищев Н. Н. Дисфункция эндотелия. Причины, механизмы, фармакологическая коррекция / Под ред. Н. Н. Петрищева. СПб.: СПбГМУ. – 2003. – 184 с.
20. Поленов С. А. Основы микроциркуляции / Поленов С. А. // Регионарное кровообращение и микроциркуляция. – 2008. – Т.7, №1. – С. 5–19.
21. Дьяконова Е. Н. Особенности микроциркуляции крови у мальчиков в возрасте от 9 до 12 лет в зависимости от интенсивности и продолжительности занятий спортом / Дьяконова Е. Н. // Вестник новых медицинских технологий. – 2009. – Т.XVI, №2. – С. 55–57.
22. Федорович А. А. Микрососудистое русло кожи человека как объект исследования / Федорович А. А. // Регионарное кровообращение и микроциркуляция – 2017. – Т. 17(4). – С. 11–26.

23. Сухарукова О. В. Функциональное состояние системы микроциркуляции при занятиях игровыми видами спорта / Сухарукова О. В. // Спортивная медицина: наука и практика. – 2015. – №3. – С. 46–49.

## FEATURES OF FUNCTIONING OF THE MICROCIRCULATION SYSTEM IN FOOTBALLERS WITH DIFFERENT TYPES OF VEGETATIVE REGULATION OF HEART RHYTHM

*Litvin F. B., Bruk T. M., Osipova N. V., Terekhov P. A., Kosorygina K. Yu.*

*Smolensk state Academy of physical culture, sports and tourism, Smolensk, Russia  
E-mail: bf-litvin@yandex.ru*

A study was conducted on 36 players of the masters team. Male subjects aged 18–24 years. The research was carried out during the microcycle of the basic mesocycle of the preparatory period. The variability of the heart rate of football players was assessed using the device "varikard 2.51" ("IVNMT "RAMENA"; Russia). Recording of cardiointervalograms with a duration of 5 minutes was performed according to the generally accepted method in a sitting position. Time and spectral parameters were evaluated. According to cardiointervalography data, four types of regulation were distinguished: moderate (type I) and pronounced (type II) predominance of the Central loop of regulation; moderate (type III) and pronounced (type IV) predominance of the Autonomous loop of regulation. During the analysis of typological features of vegetative regulation of heart rate, the frequency of occurrence of type III regulation – 42 %, type IV – 14 %, type I – 25 %, type II – 19 % was established. It is shown that with a properly constructed training process, the transition from the Central to the Autonomous type of regulation occurs. This fact indicates an increase in the functional capabilities of the body, expanding its adaptive potential under the influence of physical exertion. Depending on the type of vegetative regulation, the parameters of the microcirculation system change. In football players with the dominance of the Central mechanism of regulation, in comparison with football players with the dominance of the Autonomous mechanism, the indicators of microcirculation intensity are significantly low by 66 % ( $p < 0.05$ ). The rate of fluctuation of red blood cells is lower by 104 % ( $p < 0.05$ ). It is shown that mesoemic and hyperemic types of microcirculation are typical for the dominance of the Autonomous mechanism of regulation, while the Central mechanism of regulation is dominated by the hypoemic type of microcirculation. The volume of blood in the microcirculatory bed is regulated by the work of intersystem mechanisms of regulation. The maximum contribution to the formation of the vasodilator effect is made by arterioles and precapillary sphincters, less by endotheliocytes. Thus, the amplitude of neurogenic oscillations increases by 82 % ( $p < 0.05$ ), myogenic – by 76 % ( $p < 0.05$ ), endothelium – dependent – by 21 % ( $p > 0.05$ ). As a result of facilitated blood flow to the arteriolar link of the microcirculatory bed, the amplitude of heart vibrations increases by 168 % ( $p < 0.05$ ). The outflow of blood from the venular link of the microcirculatory bed also improves with an increase in the amplitude of respiratory vibrations by 75 % ( $p < 0.05$ ). The dominance of

the Autonomous mechanism of regulation increases the trophotropic function and lowers the energy consumption of the body. As a result, the amount of oxygen utilization from the blood of the microcirculatory bed of football players with a Central mechanism of regulation is 31 % higher ( $p < 0.05$ ), and the oxygen saturation index is 17 % lower ( $p < 0.05$ ) compared to players with the dominance of an Autonomous mechanism of regulation.

Thus, in the conditions of operational rest of football players with the dominance of the Central mechanism of heart rate regulation, the state of the microcirculation system is classified as increased stress with increased metabolic processes, which potentially limits the reserve capabilities of the system and reduces its adaptive potential.

**Keywords:** microcirculation, athletes, laser Doppler flowmetry, heart rate, types of regulation.

### References

1. Krupatkin A. I., Sidorov V. V. Functional diagnostics of the state of microcirculatory and tissue systems: Fluctuations, information, non-linearity. *A guide for physicians*, 498 (Moscow: book house "LIBROKOM", 2014).
2. Ravaeva M. Yu., Chuyan E. N. Adaptation of tissue microhemodynamics to the conditions of a combination of stress factors, *Scientific notes of the V. I. Vernadsky Crimean Federal University. Biology. Chemistry*, **4(70)**, **4**, 165 (2018).
3. Fedorovich A. A. Microvascular bed of human skin as an object of research, *Regional blood circulation and microcirculation*, **16(4)**, 11 (2017).
4. Caro C. G., Pedley T. J., Schroter R. C., Seed W. A. *The mechanics of the circulation*, 524 (Second Edition. Cambridge University Press; 2012).
5. Ellis C. G., Milkovich S., Goldman D. What is the efficiency of ATP signaling from erythrocytes to regulate distribution of O<sub>2</sub> supply within the microvasculature? *Microcirculation*, **19**, 440 (2012).
6. Gurova O. A. Comprehensive study of blood microcirculation and heart rate variability in children 4-7 years old, *New research*, **3**, 78 (2010).
7. Kozlov V. I., Litvin F. B., Stanishevskaya T. I., Morozov M. V. Individual typological features of microcirculation in humans, *Biomedical and Biosocial Anthropology*, **9**, 249 (2007).
8. Chuyan E. N., Tribat N. S., Ananchenko M. N. Individual typological features of microcirculation indicators, *Scientific notes of the Tauride national University. V. I. Vernadsky "Series biology, chemistry"*, **21(60)**, **3**, 190 (2008).
9. Tankanag A. V., Chemeris N. K. A method of adaptive wavelet filtering of the peripheral blood flow oscillations under stationary and non-stationary conditions, *Phys. Med. Biol.*, **54**, **19**, 5935 (2009).
10. Krupatkin A. I. Pulse and respiratory oscillations of blood flow in the microcirculatory bed of the human skin, *Human Physiology*, **34**, **3**, 70 (2008).
11. Shlyk N. I. Heart rate and type of regulation in children, adolescents and athletes, 255 p. (Izhevsk: publishing house "Udmurt University", 2009).
12. Gavrilova E. A. heart rate Variability and sport, *Human Physiology*, **42**, **5**, 121 (2016).
13. Shlyk N. I. Management of training process of athletes taking into account individual characteristics of heart rate variability, *Human Physiology*, **42**, **6**, 81 (2016).
14. Baevsky R. M., Ivanov G. G. heart rate Variability: theoretical aspects and possibilities of clinical application, *New methods of electrocardiography*, 474 p. (edited by S. V. Grachev, A. L. Syrkin. Moscow: Technosphere, 2007.)
15. Pokrovsky V. M. Formation of heart rhythm in the human body and animals, 144 p. (Krasnodar: "Kuban-Book", 2007).
16. Litvin F. B., Zhigalo Ya., Anosov I. P. Heart rate and microcirculation system in skiers in the pre-competition period of sports training, *Bulletin of the Udmurt University of Biology. earth science*, **1**, 67 (2012).

17. Brook T. M., Lytvyn F. B., Osipova N. V., *Materials of the VI all – Russian Symposium with international participation "Heart Rhythm and type of vegetative regulation in assessing the level of health of the population and functional readiness of athletes"*, 84 (Izhevsk: publishing center "Udmurt University", 2016).
18. Kozlov V. I. Development of the microcirculation system, 314 (M.: Ed. RUDN, 2012).
19. Petrishchev N. N. *Endothelial Dysfunction. Causes, mechanisms, and pharmacological correction*, 184 p. (ed. by N. N. Petrishchev. SPb.: Pavlov state medical University, 2003).
20. Polenov S. A. Fundamentals of microcirculation, *Regional blood circulation and microcirculation*, **7, 1**, 5 (2008).
21. Diakonova E. N. Features of blood microcirculation in boys aged 9 to 12 years depending on the intensity and duration of sports, *Bulletin of new medical technologies*, **XVI, 2**, 55 (2009).
22. Fedorovich A. A. Microvascular bed of human skin as an object of research, *Regional blood circulation and microcirculation*, **17(4)**, 11 (2017).
23. Sukhorukova O. V. *The Functional state of the microcirculation when doing competitive sports*, **3**, 46 (Sports medicine: science and practice, 2015).