

БИОФИЗИЧЕСКИЕ И ГЕМОДИНАМИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ СПОРТСМЕНОВ С РАЗНЫМИ ТИПАМИ ВЕГЕТАТИВНОЙ РЕГУЛЯЦИИ

А.Б. Гурьева, guryevaab@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2398-0542>

В.А. Алексеева, viljen1974@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9425-3062>

Северо-Восточный федеральный университет имени М.К. Аммосова, Якутск, Россия

Аннотация. Цель: определение биофизических и гемодинамических параметров спортсменов с разными типами вегетативной регуляции. **Материалы и методы.** Обследован 81 спортсмен – единокорпусы мужского пола, занимающиеся в Республиканском центре спортивной подготовки сборных команд Республики Саха (Якутия), средний возраст составил $20,9 \pm 0,36$ года. Проведено антропометрическое обследование. Методом биоимпедансометрии определены активное, реактивное сопротивление тканей и фазовый угол. Гемодинамическое обследование включало подсчет частоты сердечных сокращений, измерение артериального давления и проведение индексной оценки. Тип вегетативной иннервации определен индексом Кердо. **Результаты.** Установлено преобладание лиц с симпатикотонией 65,4 %, ваготоники составили 33,4 %. Оценка биоэлектрических показателей выявила статистически значимые повышения активных и реактивных параметров сопротивления тканей у симпатотоников по сравнению с ваготониками, что может свидетельствовать о различиях в структурной организации клеточных мембран и степени гидратации организма. Анализ гемодинамических параметров показал, что у ваготоников отмечается более низкая частота сердечных сокращений и повышенное диастолическое давление, тогда как у симпатотоников зафиксированы более высокие значения сердечной деятельности. Коэффициенты эффективности кровообращения оказались выше нормативных значений у обоих типов, однако наиболее выражены у симпатотоников. **Заключение.** Полученные данные подчеркивают значимость учета особенностей вегетативного контроля при оценке функционального состояния сердечно-сосудистой системы и разработке персонализированных тренировочных программ.

Ключевые слова: спортсмены, индекс Кердо, гемодинамика, биофизические параметры

Для цитирования: Гурьева А.Б., Алексеева В.А. Биофизические и гемодинамические параметры спортсменов с разными типами вегетативной регуляции // Человек. Спорт. Медицина. 2025. Т. 25, № 4. С. 31–37. DOI: 10.14529/hsm250404

Original article
DOI: 10.14529/hsm250404

BIOPHYSICAL AND HEMODYNAMIC PARAMETERS IN ATHLETES WITH DIFFERENT TYPES OF AUTONOMIC REGULATION

A.B. Guryeva, guryevaab@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2398-0542>

V.A. Alekseeva, viljen1974@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9425-3062>

North-Eastern Federal University, Yakutsk, Russia

Abstract. Aim. This paper aims to determine biophysical and hemodynamic parameters in athletes with different types of autonomic regulation. **Materials and methods.** The study involved 81 male martial artists (mean age 20.9 ± 0.36 years) from the Republican Center for Sports Training of National Teams in the Republic of Sakha (Yakutia). The methodology included anthropometric measurements, bioimpedance analysis (to determine resistance, reactance, and phase angle), and hemodynamic assessment (heart rate, blood pressure, and derived index calculations). The type of autonomic regulation was assessed using the Kerdo index. **Results.** Sympathetic dominance was observed in 65.4% of the participants, while 33.4% exhibited parasympathetic dominance. Bioimpedance analysis revealed statistically significant increases in resistance and reactance in the sympathetic group compared to the parasympathetic group. This finding

suggests differences in cellular membrane structure and hydration status. Hemodynamic assessment showed that the parasympathetic group had a lower heart rate and elevated diastolic pressure, whereas the sympathetic group demonstrated higher values for cardiac performance. Circulation efficiency coefficients were above reference values in both groups, with a more pronounced elevation in the sympathetic group. **Conclusion.** The obtained data highlight the importance of autonomic regulation for the assessment of cardiovascular status and the development of individual training programs.

Keywords: athletes, Kerdo index, hemodynamics, biophysical parameters

For citation: Guryeva A.B., Alekseeva V.A. Biophysical and hemodynamic parameters in athletes with different types of autonomic regulation. *Human. Sport. Medicine.* 2025;25(4) 31–37. (In Russ.) DOI: 10.14529/hsm250404

Введение. Актуальность изучения адаптивных возможностей организма спортсменов, тренирующихся в экстремальных климатических условиях, приобретает все большее значение в современной спортивной медицине [2, 7, 11, 18]. В условиях Якутии, где наблюдается широкая амплитуда суточных и сезонных показателей температуры воздуха, короткий световой день зимой, наличие вечной мерзлоты, создаются уникальные вызовы для физиологических систем организма, в особенности для ССС. В связи с этим исследование биофизических и гемодинамических параметров как индикаторов функционального состояния ССС является необходимым для понимания механизмов адаптации и оптимизации тренировочного процесса. Эффективность функционирования сердечно-сосудистой системы у спортсменов определяется множеством факторов, среди которых ключевую роль играет тип вегетативной регуляции [5, 13, 15]. Изучение гемодинамических и биофизических параметров в контексте ВИК позволяет получить комплексное понимание состояния ССС спортсмена, выявить потенциальные риски развития патологических состояний, обусловленных дисбалансом вегетативной регуляции, а также способствует оптимизации тренировочного процесса, улучшению спортивных результатов и минимизации рисков травматизма, связанных с избыточными физическими нагрузками [6, 9, 17, 19].

Цель работы: определить биофизические и гемодинамические параметры спортсменов с разными типами вегетативной регуляции.

Материалы и методы. В исследовании принял участие 81 спортсмен – единоборцы мужского пола, занимающихся в Республиканском центре спортивной подготовки сборных команд Республики Саха (Якутия). Средний возраст спортсменов составил $20,9 \pm 0,36$ года. Уровень квалификации обследованных спорт-

сменов варьировал от кандидата в мастера спорта до мастера спорта международного класса. Перед началом научного исследования всем участникам были объяснены цели и методы исследования, а также критерии исключения. После получения информации участники подписали добровольное согласие.

Проведено антропометрическое исследование, включающее измерения длины и массы тела, окружностей грудной клетки, талии и бедер. Была рассчитана площадь поверхности тела (ППТ) по формуле Мостеллера. Биоимпедансометрия (БИА) проведена аппаратом АВС-01 «Медасс» с целью определения биоэлектрических показателей: активное сопротивление – R_5 , R_{50} ; реактивное сопротивление – X_{c5} , X_{c50} ; фазовый угол. Гемодинамическое обследование включало подсчет частоты сердечных сокращений (ЧСС за 1 мин) и измерение артериального давления (АД, мм рт. ст.) автоматическим тонометром Omron M2 Basic. Расчеты индекса функциональных изменений (ИФИ), коэффициента выносливости по формуле А. Квааса (КВ), двойного произведения (ДП), коэффициента экономичности кровообращения (КЭК), систолического объема крови (СОК), минутного объема крови (МОК), общего периферического сопротивления сосудов (ОПСС) основаны на стандартных формулах для каждого показателя [3, 4, 8, 14].

Полученный материал статистически обработан с использованием пакета прикладных программ SPSS 22,0. Для описания полученных результатов использовалась медиана (Me), интерквартильный размах (Q_{25} ; Q_{75}). Достоверность межгрупповых различий проводилась по U-критерию Манна – Уитни. Различия признавались статистически значимыми при $p < 0,05$.

Результаты. Распределение спортсменов по ВИК было следующим: 27 (33,4 %) человек относились к ваготоническому типу,

53 (65,4 %) – к симпатотоническому типу. Только у одного (1,2 %) спортсмена определено равновесие ВНС. Из-за малочисленности спортсменов с равновесием вегетативной нервной системы сравнение биофизических и морфофункциональных параметров организма проведено между двумя группами: ваготоники и симпатотоники. В табл. 1 представлены антропометрические показатели спортсменов в зависимости от ВИК.

По изученным антропометрическим параметрам статистически значимых различий в исследованных группах спортсменов не выявлено. Биофизические показатели спортсменов в зависимости от ВИК представлены в табл. 2.

Показатели активного сопротивления тканей на частоте 50 и 5 кГц и реактивного сопротивления тканей на частоте 50 кГц были значимо выше у спортсменов с симпатикотонией. Высокое активное сопротивление может указывать на снижение проводимости тканей, возможно, за счет изменений в составе межклеточной жидкости или структуры клеток [12, 16]. Реактивное сопротивление связано с

емкостными свойствами тканей (способность накапливать заряд) [1, 10, 20]. Это может свидетельствовать об изменениях в структуре клеточных мембран или других компонентов, влияющих на емкость тканей. Отсутствие различий в показателях фазового угла может говорить о том, что общая клеточная масса и гидратация в целом сопоставимы между группами, но распределение жидкости и плотность клеточных мембран различаются.

Показатели систолического артериального давления у ваготоников было равно 127,0 [122,0; 134,0] мм рт. ст., у симпатотоников – 125,0 [117,0; 131,0] мм рт. ст. и не имели достоверных различий. Значимые различия установлены в показателе ДАД, который у ваготоников составил 71,0 [66,0; 78,0], у симпатотоников – 65,0 [59,5; 70,5] мм рт. ст. ($p = 0,001$). Частота сердечных сокращений в условиях покоя у ваготоников была значимо ниже ($p < 0,001$) и составила 62,0 [60,0; 66,0] уд./мин, у симпатотоников ЧСС была равна 78,0 [71,5; 82,5] уд./мин. Таким образом, ваготоники характеризуются низкой частотой пульса и более вы-

Таблица 1
Table 1Антропометрические показатели спортсменов в зависимости от ВИК
Anthropometric characteristics of athletes stratified by Kerdo index

| Тип ВИК Type of autonomic regulation | Показатель Parameter | Длина тела, см Height, cm | Масса тела, кг Body mass, kg | ИМТ, кг/м ² BMI, kg/m ² | Окружность талии, см Waist circumference, cm | Окружность бедер, см Hip circumference, cm | Обхват грудной клетки, см Chest circumference, cm |
|-----------------------------------------------------|-------------------------|------------------------------|---------------------------------|--------------------------------------------------|-------------------------------------------------|-----------------------------------------------|------------------------------------------------------|
| Ваготоники Parasympathetic dominance (n = 27) | Me | 172,0 | 68,0 | 23,1 | 71,0 | 91,0 | 93,0 |
| | Q ₂₅ | 166,0 | 62,0 | 22,0 | 69,0 | 87,0 | 88,0 |
| | Q ₇₅ | 178,0 | 74,0 | 24,8 | 75,0 | 97,0 | 95,0 |
| Симпатотоники Sympathetic dominance (n = 53) | Me | 174,0 | 68,0 | 22,9 | 72,0 | 91,0 | 91,0 |
| | Q ₂₅ | 170,0 | 60,5 | 20,95 | 70,0 | 87,0 | 86,0 |
| | Q ₇₅ | 177,5 | 77,0 | 24,75 | 76,5 | 98,0 | 95,5 |

Таблица 2
Table 2Биофизические показатели спортсменов в зависимости от ВИК
Biophysical characteristics of athletes stratified by Kerdo index

| Тип ВИК Type of autonomic regulation | Показатель Parameter | R50, Ом/Ohm | R5, Ом/Ohm | Xc50, Ом/Ohm | Xc5, Ом/Ohm | Фазовый угол, ° Phase angle, ° |
|----------------------------------------------------|-------------------------|-------------|------------|--------------|-------------|-----------------------------------|
| Ваготоники Parasympathetic dominance (n = 27) | Me | 462,0 | 509,0 | 57,8 | 31,7 | 7,1 |
| | Q ₂₅ | 430,0 | 404,0 | 54,9 | 26,5 | 6,9 |
| | Q ₇₅ | 527,0 | 599,0 | 65,2 | 292,0 | 7,6 |
| Симпатотоники Sympathetic dominance (n = 53) | Me | 484,0 | 547,0 | 61,8 | 29,75 | 7,3 |
| | Q ₂₅ | 453,0 | 499,50 | 55,7 | 26,05 | 6,9 |
| | Q ₇₅ | 536,0 | 601,0 | 67,1 | 35,70 | 7,65 |
| Достоверность различий Statistical significance | | 0,008 | 0,039 | 0,013 | – | – |

Гемодинамические показатели спортсменов в зависимости от ВИК
Hemodynamic characteristics of athletes stratified by Kerdo index

| Параметр Parameter | Ваготоники Parasympathetic dominance (n = 27) | | | Симпатотоники Sympathetic dominance (n = 53) | | | Достоверность Statistical significance |
|----------------------------------------------|-----------------------------------------------------|-----------------|-----------------|----------------------------------------------------|-----------------|-----------------|----------------------------------------------|
| | Me | Q ₂₅ | Q ₇₅ | Me | Q ₂₅ | Q ₇₅ | |
| ИФИ Functional changes index | 2,19 | 2,02 | 2,33 | 2,14 | 1,98 | 2,38 | 0,939 |
| ДП Double product | 80,60 | 74,40 | 86,40 | 96,39 | 83,84 | 107,24 | 0,000 |
| КВ Endurance coefficient | 11,29 | 9,52 | 14,66 | 13,27 | 11,61 | 16,10 | 0,017 |
| СОК Systolic blood volume | 71,25 | 58,69 | 75,0 | 72,60 | 66,69 | 78,92 | 0,024 |
| МОК Cardiac output | 4347,39 | 3930,30 | 4534,80 | 5675,80 | 4988,06 | 6147,02 | 0,000 |
| ОПСС Total peripheral resistance | 1640,04 | 1541,89 | 1866,33 | 1251,07 | 1085,42 | 1336,41 | 0,000 |
| СИ Cardiac index | 2,35 | 2,18 | 2,57 | 3,04 | 2,72 | 3,33 | 0,000 |
| КЭК Circulation efficiency coefficient | 3510,0 | 2992,0 | 3968,0 | 4464,0 | 3832,0 | 5258,0 | 0,000 |

соким диастолическим давлением по сравнению с симпатотониками, несмотря на схожие уровни систолического давления. Гемодинамические показатели спортсменов в зависимости от ВИК представлены в табл. 3.

По ИФИ у всех обследованных лиц с ваготоническим и симпатотоническим типами вегетативной регуляции определена удовлетворительная работа системы кровообращения. Удовлетворительные значения ИФИ свидетельствуют о том, что сердце способно адекватно реагировать на изменение потребностей организма в кислороде и питательных веществах, обеспечивая необходимый кровоток через сосуды. Показатель ДП у симпатотоников был значимо выше, что указывает на повышенную работу миокарда при сравнении с показателями ваготоников. Высокая работа миокарда у симпатотоников обусловлена высокой ЧСС и увеличением энергетических затрат. Коэффициент выносливости у лиц обеих групп находился в пределах нормы, это говорит о том, что их способность выдерживать длительные физические нагрузки соответствует здоровым показателям. Показатели СОК и МОК значимо выше у симпатотоников ($p < 0,05$). Параметр ОПСС достоверно больше у ваготоников ($p < 0,001$). КЭК показывает энергетические затраты организма для выполнения работы системы кровообращения. В норме он равен 2600, принято считать, что

чем больше его величина, тем экономичнее происходит расходование резервов системы кровообращения. Медиана показателя сердечного индекса (СИ) у ваготоников была достоверно ниже, чем показатель симпатотоников. В нашем исследовании величина КЭК больше нормы у спортсменов обеих групп, при этом КЭК значимо выше у симпатотоников ($p < 0,001$). Повышенные значения КЭК у спортсменов, особенно у симпатотоников, можно рассматривать как признак более высокого уровня адаптации организма к предъявляемым физическим нагрузкам.

Таким образом, спортсмены с преобладанием симпатической вегетативной регуляции демонстрируют более высокую производительность сердечно-сосудистой системы по сравнению с ваготониками, что проявляется в более высоком ДП, КВ, МОК, СИ и КЭК, а также более низком ОПСС. Эти различия обусловлены повышенной симпатической активацией, приводящей к увеличению сердечного выброса и увеличению кислородной емкости крови.

Заключение. Исследование показало, что спортсмены с симпатотонией составляли большую часть выборки (65,4 %), в то время как ваготоники составили 33,4 %. Биоэлектрический анализ выявил значимое повышение активного и реактивного сопротивления тканей у симпатотоников, чем у ваготоников,

что может указывать на разные характеристики в структуре и составе их клеточных мембран и гидратации организма. Гемодинамические параметры продемонстрировали более низкую частоту пульса и высокое диастолическое давление у ваготоников, тогда как у симпатотоников наблюдались более высокие показатели работы сердца. Коэффициент экономичности кровообращения был выше нормы у обеих групп, особенно у симпатотоников, что свидетельствует об эффективной адаптации к

предъявляемым физическим нагрузкам. Полученные результаты показывают, что биоэлектрические, гемодинамические параметры спортсменов могут существенно различаться в зависимости от типа вегетативной регуляции. Эти данные необходимо учитывать при оценке функционального состояния сердечно-сосудистой системы, при оценке ее реакции на физические нагрузки и для разработки индивидуальных подходов к тренировочным программам.

Список литературы

1. Башун, Н.З. Методики электроимпедансометрии для неинвазивного контроля состояния организма / Н.З. Башун, В.Г. Богдан // Журнал Гродненского гос. мед. ун-та. – 2024. – Т. 22, № 6. – С. 512–521. DOI: 10.25298/2221-8785-2024-22-6-512-521
2. Бессонова, В.П. Дыхание спортсмена во время бега на длинные дистанции в зимнее время на Севере / В.П. Бессонова, Д.Н. Платонов // Междунар. журнал гуманитар. и естеств. наук. – 2024. – № 10-1(97). – С. 66–69. DOI: 10.24412/2500-1000-2024-10-1-66-69
3. Брудная, Э.Н. Методы функциональной диагностики сердечно-сосудистой системы / Э.Н. Брудная, И.Ф. Остапчук. – Киев: Здоров'я, 1988. – 276 с.
4. Быстрая оценка показателей сердечно-сосудистой системы с помощью кардиореспираторных индексов / Ек. Н. Мокашева, Евг. Н. Мокашева, И.В. Гребенникова и др. // Успехи соврем. биологии. – 2023. – Т. 143, № 2. – С. 144–150. DOI: 10.31857/S0042132423020072
5. Динамика адаптационных характеристик сердечного ритма в процессе спортивной тренировки / С.А. Глушков, А.К. Константинова, М.К. Еришов и др. // Физ. культура: воспитание, образование, тренировка. – 2020. – № 4. – С. 52–54.
6. Ильютик, А.В. Вариабельность сердечного ритма и центральная гемодинамика у высококвалифицированных гребцов с разной активностью вегетативной регуляции / А.В. Ильютик, Д.К. Зубовский, В.А. Загоровский // Ученые записки Белорус. гос. ун-та физ. культуры. – 2021. – № 24. – С. 296–303.
7. Константинова, Л.И. Оценка устойчивости организма спортсменов Якутии к гипоксии / Л.И. Константинова, Е.Д. Охлопкова, Л.Д. Олесова // Якут. мед. журнал. – 2024. – № 3 (87). – С. 49–52. DOI: 10.25789/УМЖ.2024.87.09
8. Коэффициент выносливости как прогностический критерий уровня стрессоустойчивости и адаптационных возможностей студентов медицинского вуза / С.А. Леонов, В.В. Сорокина, Ек.Н. Мокашева, Евг.Н. Мокашева // European Journal of Natural History. – 2021. – № 2. – С. 58–62.
9. Лунина, Н.В. Особенности срочной адаптации системы кровообращения спортсменов с различным вегетативным статусом в процессе нейробиоуправления / Н.В. Лунина // Соврем. вопросы биомедицины. – 2021. – Т. 5, № 4 (17). DOI: 10.51871/2588-0500_2021_05_04_19
10. Николаев, Д.В. Биоимпедансный анализ состава тела человека: медицинское применение, терминология / Д.В. Николаев, С.П. Щелькалина // Клинич. питание и метаболизм. – 2021. – Т. 2, № 2. – С. 80–91. DOI: 10.17816/clinutr72132
11. О роли гена ангиотензин-превращающего фермента (АСЕ) в проявлении аэробных способностей у спортсменов мужского пола Республики Саха (Якутия) / Л.В. Григорьева, А.С. Гольдерова, Л.Е. Аргунова, А.Б. Гурьева // Культура физическая и здоровье. – 2022. – № 2 (82). – С. 249–256. DOI: 10.47438/1999-3455_2022_2_249
12. Применение биоимпедансного анализа в клинической практике: обзор литературы / А.С. Самойлов, Н.В. Рылова, М.Н. Величко и др. // Клинич. вестник ФМБЦ им А.И. Бурназяна. – 2022. – № 3. – С. 18–21. DOI: 10.33266/2782-6430-2022-3-18-21
13. Тишутин, Н.А. Анализ состояния и реактивности гемодинамических показателей у спортсменов в ответ на дозированную физическую нагрузку / Н.А. Тишутин, О.Н. Малах, Т. Ю. Крестьянинова // Вестник Полоцкого гос. ун-та. Серия Е. Пед. науки. – 2020. – № 7. – С. 141–145.
14. Характеристика соматотипологических и структурно-функциональных показателей спортсменов-единоборцев Республики Саха (Якутия) на различных этапах многолетней подго-

товки / А.С. Гольдерова, А.Б. Гурьева, И.А. Пинигина и др. – Якутск: Северо-Вост. федер. ун-т им. М.К. Аммосова, 2022. – 180 с.

15. Шерстюк, С.А. Гемодинамические характеристики работоспособности спортсменов с учетом вегетативной регуляции / С.А. Шерстюк, Л.В. Капилевич, А.А. Шерстюк // Теория и практика физ. культуры. – 2021. – № 4. – С. 55–57.

16. Bioelectrical impedance analysis (BIA) – derived phase angle in sarcopenia: A systematic review / O.Di Vincenzo, M. Marra, A. Di Gregorio et. al. // Clin Nutr. – 2021. – Vol. 40, No. 5. – P. 3052–3061. DOI: 10.1016/j.clnu.2020.10.048

17. Cardiac autonomic profile in different sports disciplines during all-day activity / J. Sztajzel, M. Jung, K. Sievert et. al. // J Sports Med Phys Fitness. – 2008. – Vol. 48 (4). – P. 495–501.

18. Grechkina, L.I. Hemodynamics parameters as risk markers of potential diseases in the cardiovascular system and their assessment in young men with different types of blood circulation self-regulation / L.I. Grechkina // Health Risk Analysis. – 2019. – No. 1. – P. 118–124. DOI: 10.21668/health.risk/2019.1.13.eng

19. Heart Rate Variability Reflects Similar Cardiac Autonomic Function in Explosive and Aerobically Trained Athletes / A. Claiborne, H. Alessio, E. Slattery et al. // Int J Environ Res Public Health. – 2021. – Vol. 18 (20). – P. 10669. DOI: 10.3390/ijerph182010669

20. Ward, L.C. Bioimpedance basics and phase angle fundamentals / L.C. Ward, S. Brantlov // Rev Endocr Metab Disord. – 2023. – Vol. 24 (3). – P. 381–391. DOI: 10.1007/s11154-022-09780-3. PMID: 36749540; PMCID: PMC10140124.

References

1. Bashun N.Z., Bogdan V.G. [Electroimpedance Measurement Techniques for Noninvasive Monitoring of Body Condition]. *Zhurnal Grodnenskogo gosudarstvennogo medicinskogo universiteta* [Journal of the Grodno State Medical University], 2024, vol. 22, no. 6, pp. 512–521. (in Russ.) DOI: 10.25298/2221-8785-2024-22-6-512-521

2. Bessonova V.P., Platonov D.N. [Athlete's Breathing During Long-distance Running in the Winter in the North]. *Mezhdunarodnyy zhurnal gumanitarnykh i estestvennykh nauk* [International Journal of Humanities and Natural Sciences], 2024, no. 10-1(97), pp. 66–69. (in Russ.) DOI: 10.24412/2500-1000-2024-10-1-66-69

3. Brudnaja Je.N., Ostapchuk I.F. *Metody funktsional'noy diagnostiki serdechno-sosudistoy sistemy* [Methods of Functional Diagnostics of the Cardiovascular System]. Kiev, Zdorovya Publ., 1988. 276 p.

4. Mokasheva Ek.N., Mokasheva E.N., Grebennikova I.V. et al. [Rapid Assessment of Indicators of the Cardiovascular System Using Cardiorespiratory Indices]. *Uspekhi sovremennoy biologii* [Successes of Modern Biology], 2023, vol. 143, no. 2, pp. 144–150. (in Russ.) DOI: 10.31857/S0042132423020072

5. Glushkov S.A., Konstantinova A.K., Ershov M.K. et al. [Dynamics of Adaptive Heart Rate Characteristics in the Process of Sports Training]. *Fizicheskaya kul'tura: vospitaniye, obrazovaniye, trenirovka* [Physical Culture. Upbringing, Education, Training], 2020, no. 4, pp. 52–54. (in Russ.)

6. Il'jutik A.V., Zubovskiy D.K., Zagorovskiy V.A. [Heart Rate Variability and Central Hemodynamics in Highly Skilled Rowers with Different Activity of Autonomic Regulation]. *Uchenye zapiski Belorusskogo gosudarstvennogo universiteta fizicheskoy kul'tury* [Scientific Notes of the Belarusian State University of Physical Culture], 2021, no. 24, pp. 296–303. (in Russ.)

7. Konstantinova L.I., Ohlopokova E.D., Olesova L.D. [Assessment of the Body's Resistance to Hypoxia in Yakutia Athletes]. *Jakutskiy medicinskiy zhurnal* [Yakut Medical Journal], 2024, no. 3(87), pp. 49–52. (in Russ.) DOI: 10.25789/YMJ.2024.87.09

8. Leonov S.A., Sorokina V.V., Mokasheva E.N., Mokasheva E.N. Prognostic Criteria of the Adaptive Coefficient of Endurance of Stress Tolerance have been Closed for Two Years, the Possibilities of Medical Student's Level. *European Journal of Natural History*, 2021, no. 2, pp. 58–62. (in Russ.)

9. Lunina N.V. [Features of Urgent Adaptation of the Circulatory System of Athletes with Different Vegetative Status in the Process of Neurobiological Management]. *Sovremennyye voprosy biomeditsiny* [Modern Issues of Biomedicine], 2021, vol. 5, no. 4 (17). (in Russ.) DOI: 10.51871/2588-0500_2021_05_04_19

10. Nikolaev D.V., Shhelykalina S.P. [Bioimpedance Analysis of Human Body Composition. Medical Application, Terminology]. *Klinicheskoe pitaniye i metabolism* [Clinical Nutrition and Metabolism], 2021, vol. 2, no. 2, pp. 80–91. (in Russ.) DOI: 10.17816/clinutr72132

11. Grigor'eva L.V., Gol'derova A.S., Argunova L.E., Gur'eva A.B. [On the Role of the Angiotensin Converting Enzyme (ACE) Gene in the Manifestation of Aerobic Abilities in Male Athletes of the Republic of Sakha (Yakutia)]. *Kul'tura fizicheskaya i zdorov'ye* [Physical Culture and Health], 2022, no. 2 (82), pp. 249–256. (in Russ.) DOI: 10.47438/1999-3455_2022_2_249
12. Samoylov A.S., Rylova N.V., Velichko M.N. et al. [Application of Bioimpedance Analysis in Clinical Practice. A Review of the Literature]. *Klinicheskiy vestnik FMBTs im A.I. Burnazyana* [Clinical Bulletin of the Burnazyan Federal Medical Center], 2022, no. 3, pp. 18–21. (in Russ.) DOI: 10.33266/2782-6430-2022-3-18-21
13. Tishutin N.A., Malah O.N., Krest'yaninova T.Ju. [Analysis of the State and Reactivity of Hemodynamic Parameters in Athletes in Response to Metered Physical Activity]. *Vestnik Polotskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya E. Pedagogicheskie nauki* [Bulletin of Polotsk State University. Ser. E. Pedagogical Sciences], 2020, no. 7, pp. 141–145. (in Russ.)
14. Gol'derova A.S., Gur'eva A.B., Pinigina I.A. et al. *Harakteristika somatotipologicheskikh i strukturno-funktional'nykh pokazateley sportsmenov-edinoborcev Respubliki Saha (Jakutiya) na razlichnykh etapah mnogoletney podgotovki* [Characteristics of Somatotypological and Structural and Functional Indicators of Martial Artists of the Republic of Sakha (Yakutia) at Various Stages of Long-term Training]. Yakutsk. Northeastern Federal University M.K. Ammosov Publ., 2022. 180 p.
15. Sherstyuk S.A., Kapilevich L.V., Sherstyuk A.A. [Hemodynamic Characteristics of Athletes' Performance Taking into Account Vegetative Regulation]. *Teoriya i praktika fizicheskoy kul'tury* [Theory and Practice of Physical Culture], 2021, no. 4, pp. 55–57. (in Russ.)
16. Di Vincenzo O., Marra M., Di Gregorio A. et al. Bioelectrical Impedance Analysis (BIA) – Derived Phase Angle in Sarcopenia: A Systematic Review. *Clin. Nutr.*, 2021, vol. 40, no. 5, pp. 3052–3061. DOI: 10.1016/j.clnu.2020.10.048
17. Sztajzel J., Jung M., Sievert K., Bayes De Luna A. Cardiac Autonomic Profile in Different Sports Disciplines During all-day Activity. *Journal Sports Medicine Physical Fitness*, 2008, vol. 48 (4), pp. 495–501. PMID: 18997654
18. Grechkina L.I. Hemodynamics Parameters as Risk Markers of Potential Diseases in the Cardiovascular System and Their Assessment in Young Men with Different Types of Blood Circulation Self-regulation. *Health Risk Analysis*, 2019, no. 1, pp. 118–124. DOI: 10.21668/health.risk/2019.1.13.eng
19. Claiborne A., Alessio H., Slattery E. et al. Heart Rate Variability Reflects Similar Cardiac Autonomic Function in Explosive and Aerobically Trained Athletes. *International Journal Environment Research Public Health*, 2021, vol. 18(20), 10669. DOI: 10.3390/ijerph182010669
20. Ward L.C., Brantlov S. Bioimpedance Basics and Phase Angle Fundamentals. *Rev Endocr Metab Disord.*, 2023, vol. 24(3), pp. 381–391. DOI: 10.1007/s11154-022-09780-3. PMID: 36749540; PMCID: PMC10140124.

Информация об авторах

Гурьева Алла Борисовна, доктор медицинских наук, профессор кафедры анатомии человека, Северо-Восточный федеральный университет имени М.К. Аммосова, Якутск, Россия.

Алексеева Виллюа Александровна, кандидат медицинских наук, доцент кафедры нормальной и патологической физиологии человека, Северо-Восточный федеральный университет имени М.К. Аммосова, Якутск, Россия.

Information about the authors

Alla B. Guryeva, Doctor of Medical Sciences, Professor of the Department of Human Anatomy, North-Eastern Federal University, Yakutsk, Russia.

Vilyuua A. Alekseeva, Candidate of Medical Sciences, Associate Professor of the Department of Normal and Pathological Human Physiology, North-Eastern Federal University, Yakutsk, Russia.

Вклад авторов:

Все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors:

The authors contributed equally to this article.

The authors declare no conflict of interest.

Статья поступила в редакцию 11.08.2025

The article was submitted 11.08.2025