

## ДИНАМИКА ПОКАЗАТЕЛЕЙ НАСОСНОЙ ФУНКЦИИ СЕРДЦА В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ДЫХАТЕЛЬНЫХ ЦИКЛОВ И НАГРУЗКИ ПОВЫШАЮЩЕЙСЯ МОЩНОСТИ

**Р.Р. Хайруллин**<sup>1</sup>, [hai\\_ranis81@mail.ru](mailto:hai_ranis81@mail.ru), <https://orcid.org/0000-0001-5407-9269>

**Д.Е. Елистратов**<sup>2</sup>, [dima-e-87@mail.ru](mailto:dima-e-87@mail.ru), <https://orcid.org/0000-0002-9018-1989>

**Н.Ф. Ишмухаметова**<sup>3</sup>, [inellyaf@mail.ru](mailto:inellyaf@mail.ru), <https://orcid.org/0000-0003-4256-4368>

**С.Н. Ильин**<sup>3</sup>, [silin8209@gmail.com](mailto:silin8209@gmail.com), <https://orcid.org/0000-0002-2997-8788>

**Д.Р. Хайруллин**<sup>4</sup>, [hai\\_danis@mail.ru](mailto:hai_danis@mail.ru), <https://orcid.org/0000-0003-0984-8123>

<sup>1</sup>Поволжский государственный университет физической культуры, спорта и туризма, Казань, Россия

<sup>2</sup>Казанский государственный аграрный университет, Казань, Россия

<sup>3</sup>Казанский государственный архитектурно-строительный университет, Казань, Россия

<sup>4</sup>Казанский (Приволжский) федеральный университет, Казань, Россия

**Аннотация.** Цель. Распределить спортсменов на группы дыхательного цикла и рассмотреть изменения показателей насосной функции сердца в зависимости от дыхательных циклов и мощности нагрузки. **Материалы и методы.** В наших исследованиях приняли участие спортсмены мужского пола, поделенные на группы: брадикардический дыхательный цикл ( $n = 23$ ), нормокардический дыхательный цикл ( $n = 27$ ) и тахикардический дыхательный цикл ( $n = 9$ ). Повышающуюся нагрузку давали на велоэргометре в течение 16 минут, где на каждую нагрузку выделялось по 4 минуты. В покое и во время нагрузки снимались показатели насосной функции сердца (частота сердечных сокращений и ударный объем крови). С помощью формулы ЧСС $\times$ УОК вычисляли минутный объем кровообращения. **Результаты.** Показатели ЧСС начиная с исходного состояния и до нагрузки 200 Вт: в группе с нормокардическим дыхательным циклом наблюдаются наибольшие значения, а наименьшие – в группе с брадикардическим дыхательным циклом. В группе с брадикардическим дыхательным циклом при нагрузке 50 Вт, а в группах с нормокардическим и тахикардическим дыхательным циклом при нагрузке 100 Вт наступает порог адекватной гемодинамической реакции. При нагрузке в 200 Вт в показателях МОК в группах дыхательного цикла не наблюдаются достоверные различия. **Заключение.** Значения минутного объема кровообращения в группе с нормокардическим дыхательным циклом повышалось за счет частоты сердечных сокращений, а в группе с брадикардическим дыхательным циклом – за счет наибольших показателей ударного объема крови. После анализа показателей насосной функции сердца в зависимости от дыхательных циклов и повышающейся мощности наблюдаются сложные адаптивные взаимоотношения, проявляющиеся в многообразии вариантов реагирования.

**Ключевые слова:** насосная функция сердца, минутный объем кровообращения, дыхательный цикл, повышающаяся нагрузка

**Для цитирования:** Динамика показателей насосной функции сердца в зависимости от дыхательных циклов и нагрузки повышающейся мощности / Р.Р. Хайруллин, Д.Е. Елистратов, Н.Ф. Ишмухаметова и др. // Человек. Спорт. Медицина. 2022. Т. 22, № 3. С. 30–37. DOI: 10.14529/hsm220304

## THE DYNAMICS OF CARDIAC PUMPING PERFORMANCE DEPENDING ON RESPIRATORY CYCLES AND INCREASING LOAD

R.R. Khairullin<sup>1</sup>, hai\_ranis81@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-5407-9269>  
D.E. Yelistratov<sup>2</sup>, dima-e-87@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9018-1989>  
N.F. Ishmukhametova<sup>3</sup>, inellyaf@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4256-4368>  
S.N. Ilyin<sup>3</sup>, silin8209@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-2997-8788>  
D.R. Khairullin<sup>4</sup>, hai\_danis@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-0984-8123>

<sup>1</sup>Volga Region State University of Physical Culture, Sports and Tourism, Kazan, Russia

<sup>2</sup>Kazan State Agrarian University, Kazan, Russia

<sup>3</sup>Kazan State University of Architecture and Engineering, Kazan, Russia

<sup>4</sup>Kazan (Volga region) Federal University, Kazan, Russia

**Abstract. Aim.** The paper aims to divide athletes into groups with respect to their respiratory cycles; to consider changes in cardiac pumping performance depending on respiratory cycles and load levels. **Materials and methods.** The study involved male athletes divided into one of the following groups: bradycardial (n = 23), normocardial (n = 27), and tachycardial (n = 9) respiratory cycles. An ergometer with gradually increasing load was used (16 minutes; 4 minutes for each load level). Cardiac pumping performance was recorded at rest and exercise (heart rate and stroke volume). Cardiac output was calculated using the following formula: HR×VOC. **Results.** The highest heart rate values at baseline and up to 200 W were found in the normocardial group, and the lowest ones – in the bradycardial group. The threshold of an adequate hemodynamic response was recorded at 50 and 100 W in the bradycardial and normocardial/tachycardial groups, respectively. No significant differences in terms of cardiac output were observed between groups at 200 W. **Conclusion.** Increased cardiac output values in the normocardial group were associated with heart rate measures, while in the bradycardial group cardiac output depended on stroke volume. Therefore, it can be concluded that there are complex adaptive relationships, which explain a variety of observed responses.

**Keywords:** cardiac pumping performance, cardiac output, respiratory cycle, increasing load

**For citation:** Khairullin R.R., Yelistratov D.E., Ishmukhametova N.F., Ilyin S.N., Khairullin D.R. The dynamics of cardiac pumping performance depending on respiratory cycles and increasing load. *Human. Sport. Medicine.* 2022;22(3):30–37. (In Russ.) DOI: 10.14529/hsm220304

**Введение.** Физиология – одна из важнейших дисциплин при подготовке специалистов в области медицины и спорта. Как всем известно, анатомия изучает строение тела, а физиология – работу всех органов и частей тела.

В современных лабораторных условиях рассматривается большой спектр направлений по изучению кардиореспираторной системы. В которых рассматриваются различные показатели как в покое, так и при различных мышечных нагрузках [1, 3–7].

В наших работах мы также рассматриваем кардиореспираторную систему. В 2011 году была основана научная школа под руководством доктора биологических наук, профессора Ю.С. Ванюшина «Кардиореспираторная система при различных видах мышечной деятельности в постнатальном онтогенезе». По этой тематике было написано немало кандидатских диссертаций (Р.М. Хамматова,

М.И. Рахимов, Р.Р. Хайруллин, Н.А. Федоров, Д.Е. Елистратов). В них было рассмотрено влияние физических нагрузок на показатели насосной функции сердца, дыхания и газообмена в зависимости от возраста, пола и уровня физической подготовленности. Были выявлены типы адаптации кардиореспираторной системы. Также рассматривалось изменение показателей кардиореспираторной системы в зависимости от особенностей кровообращения и режима двигательной активности. Следующим этапом нашей работы стало изучение показателей насосной функции сердца, дыхания и газообмена в зависимости от дыхательных циклов.

**Цель исследования:** распределить спортсменов на группы дыхательного цикла и рассмотреть изменения показателей насосной функции сердца в зависимости от дыхательных циклов и мощности нагрузки.

### Материалы и методы исследования.

В наших исследованиях приняли участие спортсмены мужского пола не моложе 18 и не старше 35 лет, которые на регулярной основе занимались различными видами спорта. Также и квалификация у них была различной: от представителей массовых разрядов до мастеров спорта. Все испытуемые были распределены на группы в зависимости от дыхательных циклов [17].

Группы формировались в зависимости от показателя ЧСС (частоты сердечных сокращений) за дыхательный цикл (вдох и выдох) в состоянии покоя. По формуле ЧСС/ЧД мы находим показатель дыхательного цикла, где ЧСС – частота сердечных сокращений; ЧД – частота дыхания.

При этом однородным по определенному признаку мы считаем такое множество элементов, коэффициент вариации (КВ) которого не превышал 10 % [8].

По полученным результатам мы распределяем спортсменов на 3 группы дыхательных циклов: брадикардический дыхательный цикл, нормокардический дыхательный цикл и тахикардический дыхательный цикл (табл. 1). В группу с брадикардическим дыхательным циклом вошло 23 человека с ЧСС в диапазоне от 2,9 до 3,9 уд./дых., в группу с нормокардическим дыхательным циклом – 27 человек с ЧСС в диапазоне от 4,0 до 5,4 уд./дых. и в группу с тахикардическим дыхательным циклом – 9 человек с ЧСС в диапазоне от 5,5 до 7,0 уд./дых.

Сравнивая исходное состояние в группах дыхательного цикла, мы видим из табл. 2, что показатели ЧСС в группах нормокардического и тахикардического дыхательного типов на достоверную величину больше по отношению к брадикардическому дыхательному типу. В зависимости от повышающейся нагрузки между дыхательными типами достоверных отличий не наблюдалось. Начиная с исходного состояния и до нагрузки в 200 Вт наибольший показатель отмечался в группе с нормокардическим дыхательным циклом, а наименьшие – в брадикардическом дыхательном типе. В тренированном организме создаются хорошие условия для снабжения тканей кислородом. Это происходит благодаря увеличению функциональных резервов сердечно-сосудистой и дыхательной систем, выражающихся в более высоких величинах максимально возможных ударного и минутного объемов сердца. При помощи УОК и МОК можно количественно оценивать кровоснабжение тканей и насосную функцию сердца [11–16].

Показатели ударного объема крови (УОК) в исходном состоянии не претерпевают достоверных различий (табл. 3). При переходе на нагрузку мощностью в 50 Вт наблюдается увеличение на достоверную величину во всех трех группах. Сравнивая показатели УОК между группами, мы видим, что в группе с брадикардическим дыхательным циклом полученное значение на достоверную величину больше по сравнению с другими двумя дыхательными типами.

Таблица 1  
Table 1

Распределение на группы дыхательного цикла  
Respiratory cycle groups

Брадикардический дыхательный цикл Bradycardial respiratory cycle (n = 23)	Нормокардический дыхательный цикл Normocardial respiratory cycle (n = 27)	Тахикардический дыхательный цикл Tachycardial respiratory cycle (n = 9)
2,9–3,9 уд./дых.	4–5,4 уд./дых.	5,5–7,0 уд./дых.
КВ = 9,9 %	КВ = 8,2 %	КВ = 7,6 %

Во время исследований мы применяли велоэргометр, где давали ступенчато повышающую нагрузку от 50 до 200 Вт. При каждой нагрузке испытуемый крутил педали велоэргометра в течение 4 минут.

**Результаты исследования.** По результатам проведенных исследований показатели ЧСС во всех группах испытуемых увеличилась на достоверную величину при переходе от одной мощности нагрузки к другой. Срав-

При нагрузке 100 Вт в группе с брадикардическим дыхательным циклом не наблюдалось достоверное увеличение УОК, зато в группах с нормокардическим и тахикардическим дыхательным циклом отмечается повышение показателя на достоверную величину по отношению к 50 Вт. По нашему мнению, при нагрузке 50 Вт в группе с брадикардическим дыхательным циклом наступает порог адекватной гемодинамической реакции [9].

Таблица 2  
Table 2

Значения ЧСС (уд/мин) при нагрузке в группах с различными типами дыхательного цикла  
HR values (bpm) at exercise in groups with different respiratory cycles

Условия снятия показателей Conditions	Группы спортсменов / Groups		
	Брадикардический дыхательный цикл Bradycardial respiratory cycle (n = 23)	Нормокардический дыхательный цикл Normocardial respiratory cycle (n = 27)	Тахикардический дыхательный цикл Tachycardial respiratory cycle (n = 9)
Исходное состояние Baseline	61,44 ± 1,93	70,44 ± 1,83*	69,77 ± 2,22 <sup>+</sup>
50 Вт / W	91,59 ± 2,33 <sup>o</sup>	96,31 ± 2,39 <sup>o</sup>	88,78 ± 2,67 <sup>o</sup>
100 Вт / W	110,40 ± 2,13 <sup>Δ</sup>	115,61 ± 2,37 <sup>Δ</sup>	112,36 ± 3,51 <sup>Δ</sup>
150 Вт / W	131,09 ± 1,94 <sup>x</sup>	137,30 ± 3,13 <sup>x</sup>	135,71 ± 4,63 <sup>x</sup>
200 Вт / W	154,34 ± 3,11 <sup>□</sup>	161,81 ± 2,80 <sup>□</sup>	157,12 ± 4,16 <sup>□</sup>

Примечание / Note:

\* – достоверность различий между величинами групп брадикардического дыхательного цикла и нормокардического дыхательного цикла / differences are significant between the bradycardial and normocardial groups;

+ – достоверность различий между величинами групп брадикардического дыхательного цикла и тахикардического дыхательного цикла / differences are significant between the bradycardial and tachycardial groups;

<sup>Δ</sup> – достоверность различий между величинами групп нормокардического дыхательного цикла и тахикардического дыхательного цикла / differences are significant between the normocardial and tachycardial groups;

<sup>o</sup> – достоверность различий между исходным состоянием и 50 Вт / differences are significant between baseline and 50 W;

<sup>Δ</sup> – достоверность различий между 50 и 100 Вт / differences are significant between 50 and 100 W;

<sup>x</sup> – достоверность различий между 100 и 150 Вт / differences are significant between 100 and 150 W;

<sup>□</sup> – достоверность различий между 150 и 200 Вт / differences are significant between 150 and 200 W.

Таблица 3  
Table 3

Значения УОК (мл) при нагрузке в группах с различными типами дыхательного цикла  
Stroke volume (ml) at exercise in groups with different respiratory cycles

Условия снятия показателей Conditions	Группы спортсменов / Groups		
	Брадикардический дыхательный цикл Bradycardial respiratory cycle (n = 23)	Нормокардический дыхательный цикл Normocardial respiratory cycle (n = 27)	Тахикардический дыхательный цикл Tachycardial respiratory cycle (n = 9)
Исходное состояние Baseline	82,25 ± 2,36	80,96 ± 1,86	78,76 ± 3,78
50 Вт / W	114,86 ± 3,35 <sup>o</sup>	104,28 ± 3,33 * <sup>o</sup>	98,04 ± 4,17 <sup>+</sup> <sup>o</sup>
100 Вт / W	124,16 ± 3,37	116,72 ± 3,18 <sup>Δ</sup>	117,42 ± 3,10 <sup>Δ</sup>
150 Вт / W	126,63 ± 3,84	122,16 ± 3,73	124,25 ± 4,81
200 Вт / W	132,58 ± 4,59	118,76 ± 4,28*	130,96 ± 7,81

При последующем повышении нагрузки в группах не наблюдаются достоверные отличия в показателях УОК. При нагрузке 100 Вт в группах с нормокардическим и тахикардическим дыхательным циклом наступает порог адекватной гемодинамической реакции. А при нагрузке 200 Вт отмечается достоверное отличие УОК между группами с брадикардическим и нормокардическим дыхательными циклами.

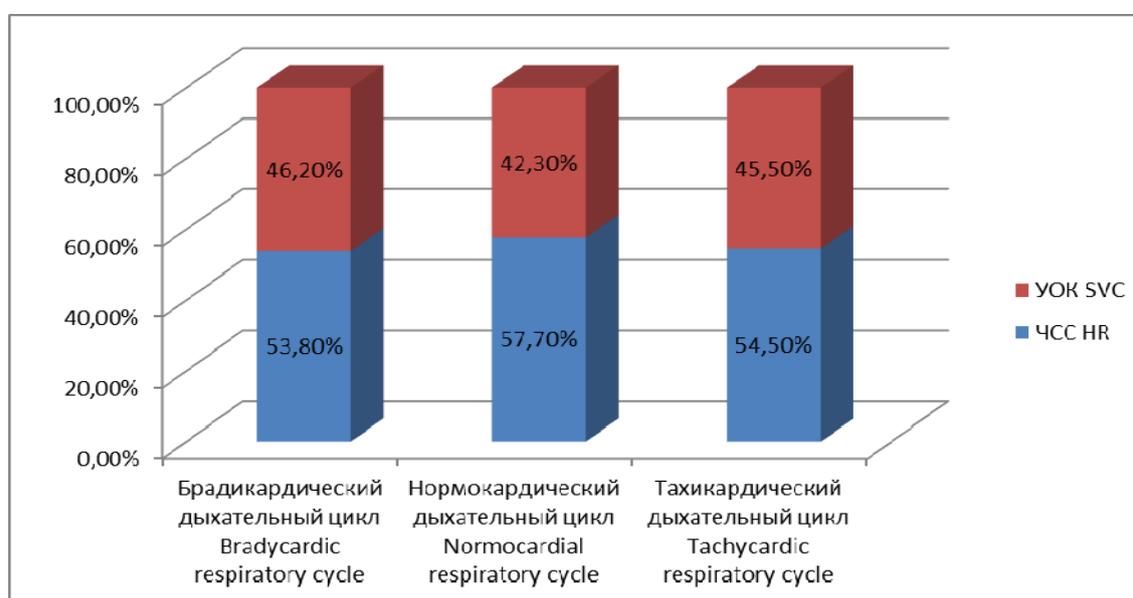
Показатели минутного объема кровообращения (МОК) в исходном состоянии в группе

с нормокардическим дыхательным циклом на достоверную величину больше по сравнению с группой брадикардического дыхательного цикла (табл. 4).

По мере повышения нагрузки во всех группах наблюдается увеличение показателей на достоверную величину. При нагрузке 50 Вт в группе с тахикардическим дыхательным циклом отмечается наименьший показатель МОК, что на достоверную величину меньше по сравнению с группами брадикардического

Значения МОК (л) при нагрузке в группах с различными типами дыхательного цикла  
Cardiac output (l) at exercise in groups with different respiratory cycles

Условия снятия показателей Conditions	Группы спортсменов / Groups		
	Брадикардический дыхательный цикл Bradycardial respiratory cycle (n = 23)	Нормокардический дыхательный цикл Normocardial respiratory cycle (n = 27)	Тахикардический дыхательный цикл Tachycardial respiratory cycle (n = 9)
Исходное состояние Baseline	5,04 ± 0,20	5,70 ± 0,20*	5,43 ± 0,16
50 Вт / W	10,57 ± 0,47 <sup>o</sup>	10,03 ± 0,40 <sup>o</sup>	8,7 ± 0,46 <sup>+□o</sup>
100 Вт / W	13,54 ± 0,39 <sup>Δ</sup>	13,44 ± 0,39 <sup>Δ</sup>	13,18 ± 0,49 <sup>Δ</sup>
150 Вт / W	16,53 ± 0,35 <sup>x</sup>	17,02 ± 0,50 <sup>x</sup>	16,78 ± 0,64 <sup>x</sup>
200 Вт / W	20,18 ± 0,45 <sup>□</sup>	19,01 ± 0,54 <sup>□</sup>	20,36 ± 0,84 <sup>□</sup>



Процентное соотношение вклада частоты сердечных сокращений и ударного объема крови в минутный объем кровообращения  
The contribution of heart rate and stroke volume to cardiac output

и нормокардического дыхательных циклов. Это связано с наименьшими показателями ЧСС и УОК при данной нагрузке. Значения МОК при других нагрузках не претерпевают значительных расхождений. При нагрузке 200 Вт показатели МОК во всех группах дыхательного цикла придерживаются одинаковых значений, это происходит за счет компенсации ЧСС или УОК [2, 10] (см. рисунок).

**Заключение.** Значения минутного объема кровообращения в группе с нормокардическим дыхательным циклом повышалось за счет частоты сердечных сокращений, а в группе с брадикардическим дыхательным циклом – за счет наибольших показателей ударного объема крови.

При нагрузке в 50 Вт в группе с тахикардическим дыхательным циклом наблюдались наименьшие показатели как ЧСС, так и УОК. В этой группе МОК рос за счет повышения обоих показателей.

В группе с брадикардическим дыхательным циклом порог адекватной гемодинамической реакции наступил при нагрузке 50 Вт, а в группах с нормокардическим и тахикардическим дыхательными циклами – при нагрузке 100 Вт.

После анализа показателей насосной функции сердца в зависимости от дыхательных циклов и повышающейся мощности наблюдаются сложные адаптивные взаимоотношения, проявляющиеся в многообразии вариантов реагирования.

### Список литературы

1. Адаптация кардиореспираторной системы спортсменов к двигательной деятельности / Ю.С. Ванюшин, Р.Р. Хайруллин, Д.Е. Елистратов и др. // Теория и практика физ. культуры. – 2020. – № 2. – С. 30–32.
2. Адаптация насосной функции сердца к мышечной деятельности / Р.Р. Абзалов, Н.И. Абзалов, Р.А. Абзалов, А.А. Гуляков // Человек. Спорт. Медицина. – 2017. – Т. 17, № 5. – С. 7–11.
3. Ванюшин, Ю.С. Кардиореспираторная система как индикатор функционального состояния организма спортсменов / Ю.С. Ванюшин, Р.Р. Хайруллин // Теория и практика физ. культуры. – 2015. – № 7. – С. 11–14.
4. Ванюшин, Ю.С. Значение коэффициента комплексной оценки кардиореспираторной системы для диагностики функционального состояния спортсменов / Ю.С. Ванюшин, Р.Р. Хайруллин, Д.Е. Елистратов // Теория и практика физ. культуры. – 2017. – № 5. – С. 59–61.
5. Ванюшин, Ю.С. Порог адекватной гемодинамической реакции у спортсменов при физической нагрузке повышающейся мощности / Ю.С. Ванюшин, Р.Р. Хайруллин, М.И. Рахимов // Теория и практика физ. культуры. – 2016. – № 9. – С. 53–55.
6. Ванюшин, Ю.С. Кардиореспираторная система как индикатор функционального состояния организма спортсменов / Ю.С. Ванюшин, Р.Р. Хайруллин // Теория и практика физ. культуры. – 2015. – № 7. – С. 11–14.
7. Васенков, Н.В. Насосная функция сердца при резко усиленной двигательной активности / Н.В. Васенков, Р.С. Мухаметсафин, Р.И. Сунгатуллин // Успехи современной науки. – 2017. – Т. 5, № 1. – С. 18–21.
8. Дифференцированный подход к разработке физиологических нормативов и его значение для профилактической кардиологии / Р.Г. Оганов, А.Н. Бритов, И.А. Гундаров и др. // Кардиология. – 1984. – Т. 24, № 4. – С. 52.
9. Углов, Ф.Г. Оценка гемодинамической реакции при возрастающей физической нагрузке / Ф.Г. Углов, В.И. Гавриленков, В.В. Гриценко // Мед. реф. журнал. – 1982. – № 11. – С. 244.
10. Центральная гемодинамика молодых людей в условиях срочной адаптации к пребыванию в среднегорье / К.А. Букова, М.Н. Климанова, Н.А. Акимова, Е.Б. Затрудина // Вестник Волгоград. гос. ун-та. – Сер. 9: Исследования молодых ученых. – 2016. – № 14. – С. 15–19.
11. Adaptation of heart to training: a comparative study using echocardiography impedance cardiography in male female athletes / D.C. Yilmaz, B. Buyukakilli, S. Gurgul, I. Rencuzogullari // Indian J. Med. Res. – 2013. – Vol. 137, no. 6. – P. 1111–1120.
12. Decreased heart rate variability correlater to increased cardiovascularrisk / A.K. Schuster, J.E. Fischer, J.F. Thayer et al. // Int. J. Cardiol. – 2015. – Vol. 203. – P. 728–730.
13. Grad, C. Heart rate variability and heart rate recovery as prognostic factors / C. Grad // Clujul. Med. – 2015. – Vol. 88 (3). – P. 304–309.
14. Kiryalanis, P.V. Reaction of the cardio-vascular system on the irritation of vestibular vehicle for the representatives of sporting gymnastics / P.V. Kiryalanis // J. Theory and practice of physical culture. – 2002. – No. 6. – P. 20–24.
15. Semchenko, A.A. Assessment of the functional capacity of the heart in hurdlers within the system of training-competitive conditioning / A.A. Semchenko, A.V. Nenasheva // Minerva Ortopedica e Traumatologica. – 2018. – Vol. 69, no. 3. – P. 7–10.
16. The upper limit of physiological cardiac hypertrophy in elite male and female athletes / G.P. Whyte, K. George, S. Sharma et al. // The British experience. Eur J Appl Physiol. – 2004. – Vol. 92. – P. 592–597.
17. Wasserman, K. Respiratory control during exercise / K. Wasserman, B.J. Whipp, R. Cassaburi // Handbook of physiology: Sect. 3. The respiration system. Bethesda (Maryland). – 1986. – Vol. 9. – P. 595–619.

### References

1. Vanyushin Yu.S., Khayrullin R.R., Elistratov D.E. et al. [Adaptation of the Cardiorespiratory System of Athletes to Motor Activity]. *Teoriya i praktika fizicheskoy kul'tury* [Theory and Practice of Physical Culture], 2020, no. 2, pp. 30–32. (in Russ.)
2. Abzalov R.R., Abzalov N.I., Abzalov R.A., Gulyakov A.A. Adaptation of the Pumping Function of the Heart to Muscle Activity. *Human. Sport. Medicine*, 2017, vol. 17, no. S, pp. 7–11. (in Russ.) DOI: 10.14529/hsm170501
3. Vanyushin Yu.S., Khayrullin R.R. [Cardiorespiratory System as an Indicator of the Functional State of the Body of Athletes]. *Teoriya i praktika fizicheskoy kul'tury* [Theory and Practice of Physical Culture], 2015, no. 7, pp. 11–14. (in Russ.)
4. Vanyushin Yu.S., Khayrullin R.R., Elistratov D.E. [The Value of the Coefficient of a Comprehensive Assessment of the Cardiorespiratory System for the Diagnosis of the Functional State of Athletes]. *Teoriya i praktika fizicheskoy kul'tury* [Theory and Practice of Physical Culture], 2017, no. 5, pp. 59–61. (in Russ.)
5. Vanyushin Yu.S., Khayrullin R.R., Rakhimov M.I. [Threshold of an Adequate Hemodynamic Response in Athletes with Increasing Power Physical Load]. *Teoriya i praktika fizicheskoy kul'tury* [Theory and Practice of Physical Culture], 2016, no. 9, pp. 53–55. (in Russ.)
6. Vanyushin Yu.S., Khayrullin R.R. [Cardiorespiratory System as an Indicator of the Functional State of the Body of Athletes]. *Teoriya i praktika fizicheskoy kul'tury* [Theory and Practice of Physical Culture], 2015, no. 7, pp. 11–14. (in Russ.)
7. Vasenkov N.V., Mukhametsafin R.S., Sungatullin R.I. [Pumping Function of the Heart with Sharply Increased Motor Activity]. *Uspekhi sovremennoy nauki* [Successes of Modern Science], 2017, vol. 5, no. 1, pp. 18–21. (in Russ.)
8. Oganov R.G., Britov A.N., Gundarov I.A. et al. [A Differentiated Approach to the Development of Physiological Standards and its Significance for Preventive Cardiology]. *Kardiologiya* [Cardiology], 1984, vol. 24, no. 4, p. 52. (in Russ.)
9. Uglov F.G., Gavrilin V.I., Gritsenko V.V. [Evaluation of the Hemodynamic Response with Increasing Physical Activity]. *Meditsinskiy Zhurnal* [Medical Journal], 1982, no. 11, p. 244. (in Russ.)
10. Bukova K.A., Klimanova M.N., Akimova N.A., Zatrudina E.B. [Central Hemodynamics of Young People in Conditions of Urgent Adaptation to Stay in the Middle Mountains]. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya 9: Issledovaniya molodykh uchenykh* [Bulletin of the Volgograd State University. Series 9. Research of Young Scientists], 2016, no. 14, pp. 15–19. (in Russ.)
11. Yilmaz D.C., Buyukakilli B., Gurgul S., Rencuzogullari I. Adaptation of Heart to Training: a Comparative Study Using Echocardiography Impedance Cardiography in Male Female Athletes. *Indian Journal Medical Reserch*, 2013, vol. 137, no. 6, pp. 1111–1120.
12. Schuster A.K., Fischer J.E., Thayer J.F. et al. Decreased Heart Rate Variability Correlater to Increased Cardiovascularrisk. *Int. Journal Cardiology*, 2015, vol. 203, pp. 728–730. DOI: 10.1016/j.ijcard.2015.11.027
13. Grad C. Heart Rate Variability and Heart Rate Recovery as Prognostic Factors. *Clujul Medical*, 2015, vol. 88 (3), pp. 304–309. DOI: 10.15386/cjmed-498
14. Kiryalanis P.V. Reaction of the Cardio-Vascular System on the Irritation of Vestibular Vehicle for the Representatives of Sporting Gymnastics. *Theory and Practice of Physical Culture*, 2002, no. 6, pp. 20–24.
15. Semchenko A.A., Nenasheva A.V. Assessment of the Functional Capacity of the Heart in Hurdles within the System of Training-Competitive Conditioning. *Minerva Ortopedica e Traumatologica*, 2018, vol. 69, no. 3, pp. 7–10. DOI: 10.23736/S0394-3410.17.03854-1
16. Whyte G.P., George K., Sharma S. et al. The Upper Limit of Physiological Cardiac Hypertrophy in Elite Male and Female Athletes. The British Experience. *European Journal Appl Physiology*, 2004, vol. 92, pp. 592–597. DOI: 10.1007/s00421-004-1052-2
17. Wasserman K., Whipp B.J., Cassaburi R. Respiratory Control During Exercise. *Handbook of Physiology: Sect.3. The Respiration System. Bethesda (Maryland)*, 1986, vol. 9, pp. 595–619. DOI: 10.1002/cphy.cp030217

***Информация об авторах***

**Хайруллин Ранис Рафакатович**, кандидат биологических наук, доцент кафедры теории и методики волейбола и баскетбола, Поволжский государственный университет физической культуры, спорта и туризма. Россия, 420010, Казань, ул. Деревня Универсиады, д. 35.

**Елистратов Дмитрий Евгеньевич**, кандидат биологических наук, доцент кафедры физического воспитания, Казанский государственный аграрный университет. Россия, 420015, Казань, ул. К. Маркса, д. 65.

**Ишмухаметова Найля Фаритовна**, старший преподаватель кафедры физического воспитания и спорта, Казанский государственный архитектурно-строительный университет. Россия, 420043, Казань, ул. Зеленая, д. 1.

**Ильин Сергей Николаевич**, старший преподаватель кафедры физического воспитания и спорта, Казанский государственный архитектурно-строительный университет. Россия, 420043, Казань, ул. Зеленая, д. 1.

**Хайруллин Данис Рафакатович**, преподаватель общеуниверситетской кафедры физического воспитания и спорта, Казанский (Приволжский) федеральный университет. Россия, 420008, Казань, ул. Кремлевская, д. 18.

***Information about the authors***

**Ranis R. Khairullin**, Candidate of Biological Sciences, Associate Professor of the Department of Theory and Methods of Volleyball and Basketball, Volga Region State University of Physical Culture, Sports and Tourism, Kazan, Russia.

**Dmitriy E. Yelistratov**, Candidate of Biological Sciences, Associate Professor of the Department of Physical Education, Kazan State Agrarian University, Kazan, Russia.

**Nayla F. Ishmukhametova**, Senior Lecturer, Department of Physical Education and Sport, Kazan State University of Architecture and Engineering, Kazan, Russia.

**Sergey N. Ilyin**, Senior Lecturer, Department of Physical Education and Sport, Kazan State University of Architecture and Engineering, Kazan, Russia.

**Danis R. Khairullin**, Lecturer, Department of Physical Education and Sport, Kazan (Volga region) Federal University, Kazan, Russia.

***Статья поступила в редакцию 24.04.2022***

***The article was submitted 24.04.2022***