

<https://doi.org/10.47529/2223-2524.2022.2.5>

УДК 612.821:612.766.1

Тип статьи: Оригинальное исследование / Original article



Вариабельность сердечного ритма при скоростно-силовой нагрузке спортсменов после гиповентиляционной тренировки

Ю. Е. Вагин*, С.Я. Классина, Н.А. Фудин

ФГБНУ «Научно-исследовательский институт нормальной физиологии им. П.К. Анохина», Москва, Россия

РЕЗЮМЕ

Цель исследования: изучить вариабельность сердечного ритма спортсменов при гиповентиляционной тренировке, обеспечивающей увеличение результата скоростно-силовой нагрузки.

Материалы и методы: спортсмены выполняли скоростно-силовую нагрузку руками на тренажере на фоне максимальной произвольной задержки дыхания до и после гиповентиляционной тренировки. Измеряли длительность задержки дыхания, количество силовых движений, параметры вариабельности сердечного ритма и электромиографии.

Результаты: после гиповентиляционной тренировки спортсменов в покое усилились парасимпатические влияния на сердечный ритм, что привело к увеличению общей мощности спектра сердечного ритма с 3201 ± 520 до 4047 ± 585 ms^2 , мощности низкой частоты спектра сердечного ритма — с 1458 ± 216 до 2055 ± 392 ms^2 и стандартного отклонения длительности смежных сердечных циклов — с 45 ± 5 до 52 ± 4 мс. При нагрузке на фоне максимальной произвольной задержки дыхания симпатические влияния усилились. Чем дольше была максимальная произвольная задержка дыхания, тем больше силовых движений совершали спортсмены.

Заключение: гиповентиляционные тренировки изменяли вагосимпатический баланс организма спортсменов, увеличивая их работоспособность и гипоксическую устойчивость.

Ключевые слова: задержка дыхания, гиповентиляционные тренировки, скоростно-силовая нагрузка

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Вагин Ю.Е., Классина С.Я., Фудин Н.А. Вариабельность сердечного ритма при скоростно-силовой нагрузке спортсменов после гиповентиляционной тренировки. *Спортивная медицина: наука и практика*. 2022;12(2):67–72. <https://doi.org/10.47529/2223-2524.2022.2.5>

Поступила в редакцию: 04.12.2021

Принята к публикации: 15.07.2022

Online first: 01.08.2022

Опубликована: 30.09.2022

* Автор, ответственный за переписку

Heart rate variability during speed-strength load of athletes after hypoventilation training

Yuriy E. Vaguine*, Svetlana Ya. Klassina, Nikolay A. Fudin

P. K. Anokhin Research Institute of Normal Physiology, Moscow, Russia

ABSTRACT

Objective: to study the variability of the heart rate of athletes during hypoventilation training, which provides an increase in the result of speed-strength load.

Materials and methods: Athletes performed speed-strength load with their hands on a training apparatus against the background of maximum voluntary breath holding before and after hypoventilation training. The duration of breath holding, the number of power movements, parameters of heart rate variability and electromyography were measured.

Results: After hypoventilation training of athletes at rest, parasympathetic influences on the heart rate increased, which led to an increase in the total power of the heart rate spectrum from 3201 ± 520 to 4047 ± 585 ms^2 , the power of the low frequency of the heart rate spectrum from 1458 ± 216 to 2055 ± 392 ms^2 and the standard deviation of the duration of adjacent cardiac cycles from 45 ± 5 to 52 ± 4 ms. Sympathetic influences increased during exercise against the background of maximum voluntary breath holding. The longer maximum voluntary breath holding was, the more power movements the athletes performed.

Conclusion: Hypoventilation training changed the vagosympathetic balance of the athletes' body, increasing their performance and hypoxic resistance.

Keywords: breath holding, hypoventilation training, speed-power load

Conflict of interests: the author declares no conflict of interest.

For citation: Vaguine Yu.E., Klassina S.Ya., Fudin N.A. Heart rate variability during speed-strength load of athletes after hypoventilation training. *Sportivnaya meditsina: nauka i praktika (Sports medicine: research and practice)*. 2022;12(2):67–72. (In Russ.) <https://doi.org/10.47529/2223-2524.2022.2.5>

Received: 4 December 2021

Accepted: 15 July 2022

Online first: 1 August 2022

Published: 30 September 2022

*Corresponding author

1. Введение

Одновременное применение в спорте физических и гиповентиляционных тренировок увеличивает гипоксическую устойчивость и работоспособность спортсменов при циклических физических нагрузках [1, 2]. Однако остаются неизученными функциональные изменения у спортсменов при скоростно-силовых нагрузках после курса гиповентиляционного дыхания.

Целью исследования было изучение возможности увеличения с помощью гиповентиляционной тренировки работоспособности спортсменов при скоростно-силовой нагрузке на фоне максимальной произвольной задержки внешнего дыхания и анализ вариабельности сердечного ритма спортсменов, связанной с увеличением устойчивости спортсменов к вентиляторной и двигательной гипоксии.

2. Материалы и методы

Протокол исследования был одобрен комитетом по биомедицинской этике ФГБНУ «НИИ нормальной физиологии им. П.К. Анохина» и выполнен в соответствии с рекомендациями Хельсинкской декларации Всемирной медицинской ассоциации [3].

Контингент обследуемых спортсменов. Было обследовано 13 спортсменов, занимающихся физической культурой и спортом в рамках вузовской программы, в возрасте 18–22 лет. Все спортсмены не имели врачебных противопоказаний к физическим упражнениям и произвольным задержкам дыхания. Все спортсмены были проинформированы о последовательности действий при исследовании и дали письменное согласие на участие в исследовании.

Дизайн исследования. Исследование состояло из нескольких этапов. Перед началом исследования у спортсменов в положении сидя регистрировали артериальное давление, уровень сатурации артериальной крови кислородом и субъективное самочувствие по вопроснику Sam. Электрокардиограмму (ЭКГ) регистрировали во 2-м стандартном отведении в течение 5 минут на компьютерном электрокардиографе «Поли-Спектр-8» фирмы «Нейрософт» с последующим анализом вариабельности сердечного ритма. Для определения исходной гипоксической устойчивости у спортсменов измеряли длительность максимальной произвольной задержки дыхания (ЗД).

Далее спортсмены выполняли силовые упражнения на многофункциональном силовом тренажере

SportEliteSE-3000–45 на фоне максимальной произвольной ЗД. Спортсмены в положении сидя брали руками рукоятки тренажера и с усилием сводили эти рукоятки перед собой, сгибая руки в локтевых суставах и вытягивая груз 7,5 кг. Затем они пассивно разводили согнутые в локтях руки в стороны. Такие движения руками используют в спорте для увеличения силы больших грудных мышц, трапециевидных мышц спины и дельтовидных мышц плеч. Спортсмены должны были выполнить максимальное количество движений руками за время максимальной произвольной ЗД. Предел физиологической возможности спортсменов выполнять физическую нагрузку зависел от их способности длительно задерживать дыхание и времени утомления мышц при работе руками.

Силовые движения руками на фоне максимальной произвольной ЗД выполняли трехкратно с десятиминутными перерывами. Длительность максимальной произвольной ЗД и количество силовых движений руками регистрировали суммарно за три раза физической нагрузки на фоне максимальной произвольной ЗД. Во время выполнения движений руками регистрировали электромиограмму (ЭМГ) передней части правой дельтовидной мышцы при помощи компьютерного электромиографа «Синапс» фирмы «Нейротех» с последующим измерением частоты колебаний суммарной ЭМГ за последнюю минуту движений рук спортсменов [4]. После окончания силовой нагрузки повторно регистрировали и вычисляли исследуемые физиологические параметры.

Затем спортсменов обучали гиповентиляционному ритму дыхания в покое в положении сидя. Дыхание было спокойным и ритмичным с длительностью вдоха 1,2 с, выдоха 1,5 с и удлиненной паузой после выдоха в течение 5–10 с. Затем спортсмены самостоятельно проводили такую тренировку по 30 минут три раза в день. Длительность гиповентиляционной тренировки была от 7 до 28 дней, в среднем $13,9 \pm 1,8$ дня. После каждой тренировки спортсмены самостоятельно измеряли длительность максимальной произвольной ЗД и фиксировали результат в дневнике, обращая внимание на увеличение длительности ЗД. Исследователи проверяли длительность ЗД один раз в неделю, оценивая эффективность гиповентиляционной тренировки, и в случае необходимости давали дополнительные указания обследуемым. Гиповентиляционные тренировки спортсменов сочетали с занятиями физической культурой и спортом

в течение двух часов два раза в неделю в рамках вузовской программы.

После окончания гиповентиляционной тренировки у спортсменов регистрировали и вычисляли исследуемые физиологические параметры до и после трехкратной физической нагрузки и количество силовых движений руками на фоне максимальной произвольной ЗД при нагрузке, а также длительность этой ЗД.

Анализ variability сердечного ритма. После окончания исследования с помощью компьютерной программы «Нейрософт» вычисляли параметры variability сердечного ритма [5], которые позволяли оценить вагосимпатический баланс в организме [6]. При временном анализе сердечного ритма анализировали стандартное отклонение длительности смежных сердечных циклов (*SDNN*). Установлено, что значения *SDNN* характеризуют меру разброса длительностей смежных сердечных циклов. Величина *SDNN* отражает весь спектр циклических компонентов, ответственных за variability сердечного ритма. Величина *SDNN* прямо зависит от тонуса парасимпатической нервной системы и обратно — от тонуса симпатической нервной системы [7]. При спектральном анализе сердечного ритма вычисляли общую мощность спектра сердечного ритма (*TF*) и мощность низкой частоты спектра сердечного ритма (*LF*). Установлено, что величина *TF* отражает суммарную активность вегетативных воздействий на сердечный ритм. Величина *TF* однонаправленно изменяется с величиной *SDNN*, и увеличение величины *TF* связано с увеличением тонуса парасимпатической нервной системы [7, 8]. Величина *LF* зависит в основном от тонуса парасимпатической и частично симпатической нервной системы [8].

Статистический анализ. Полученные результаты обрабатывали с помощью параметрического пакета программы Statistica 10 компании Microsoft. В каждой группе спортсменов вычисляли средние арифметические величины и среднее квадратичное отклонение ($M \pm \sigma$) для каждого исследуемого параметра. Различия между средними величинами параметров оценивали по *t*-критерию Стьюдента, и они были при статистической значимости $p < 0,05$. Наличие корреляционной связи между параметрами двух вариационных рядов определяли по значению коэффициента линейной корреляции (r). Статистически значимая корреляционная связь была при значениях r больше вычисляемой критической величины r , зависящей от количества пар величин двух вариационных рядов.

3. Результаты исследования и их обсуждение

Длительность ЗД и работоспособность. После гиповентиляционной тренировки у спортсменов длительность максимальной произвольной ЗД увеличилась в покое на 88 ± 21 %. Увеличение максимальной произвольной длительности ЗД после гиповентиляционной тренировки имело прямую корреляционную

зависимость ($r = 0,71$) от величины ЗД до тренировки при статистически значимых величинах коэффициента корреляции $r > 0,55$. Следовательно, исходная гипоксическая устойчивость спортсменов определяла увеличение максимальной произвольной ЗД после гиповентиляционной тренировки. При физической нагрузке длительности максимальной произвольной ЗД увеличилась на 27 ± 8 %.

После гиповентиляционной тренировки у спортсменов также увеличилось количество силовых движений на фоне максимальной произвольной ЗД на 31 ± 12 %. Чем длительнее была максимальная произвольная ЗД, тем больше силовых движений совершали спортсмены (рис. 1). Количество силовых движений спортсменов также зависело ($r = 0,73$) от количества этих движений до тренировки при статистически значимых величинах коэффициента корреляции $r > 0,55$. Следовательно, исходные показатели гипоксической устойчивости и физической подготовки спортсменов прямо влияли на количество силовых движений при максимальной произвольной ЗД после гиповентиляционной тренировки.

TF, LF и SDNN. Исследователи variability сердечного ритма считают, что изменения величин *TF* и *SDNN* связаны с одинаковыми физиологическими процессами в организме [7, 8]. Есть предположение, что сходная динамика изменений может быть и у величины *LF* в некоторых функциональных состояниях организма [8]. Исходя из этих данных литературы, перед анализом этих параметров у спортсменов в ходе нашего исследования мы вычислили значения коэффициентов корреляции между этими параметрами во всех исследованных нами функциональных состояниях спортсменов. Оказалось, что имеется прямая корреляционная связь

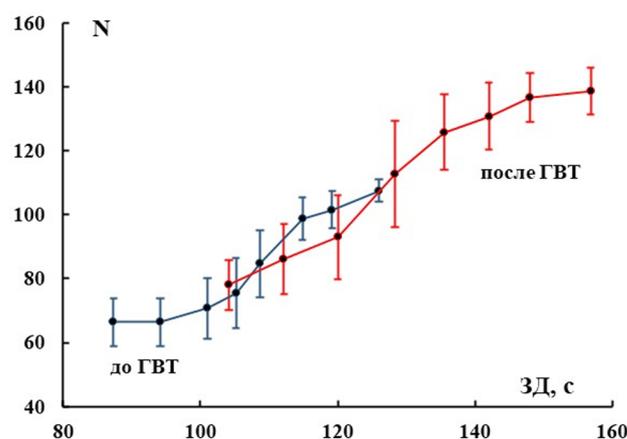


Рис. 1. Зависимость количества (N) силовых движений на фоне максимальной произвольной задержки дыхания (ЗД) у спортсменов от длительности ЗД при нагрузке до и после гиповентиляционной тренировки (ГВТ)

Fig. 1. Dependence of the number (N) of power movements against the background of the maximum voluntary breath holding (ЗД) in athletes on the duration of the ЗД under load before and after hypoventilation training

между величинами этих параметров. Коэффициент корреляции r между TF и $SDNN$ был равен 0,88, между LF и $SDNN$ — 0,7 и между TF и LF — 0,76 при статистически значимых величинах коэффициента корреляции больше $r > 0,28$.

До гиповентиляционной тренировки спортсменов в состоянии покоя величина TF была 3201 ± 520 мс², что соответствовало нормальной величине TF 3466 ± 1018 мс², характерной для здоровых людей в состоянии физического и эмоционального покоя, и суммарная активность вегетативных воздействий на сердечный ритм спортсменов была в пределах физиологической нормы [5]. Физическая нагрузка на фоне максимальной произвольной ЗД существенно не изменила величину TF , которая стала 3563 ± 968 мс².

После гиповентиляционной тренировки спортсменов в состоянии покоя величина TF статистически значительно увеличилась до 4047 ± 585 мс² (рис. 2). Одновременно увеличилась величина $SDNN$ с 45 ± 5 до 52 ± 4 мс. Увеличение величин TF и $SDNN$ произошло из-за уменьшения симпатических и увеличения парасимпатических влияний на сердечный ритм [7, 8] спортсменов в покое в результате гиповентиляционной тренировки.

После гиповентиляционной тренировки спортсменов физическая нагрузка на фоне максимальной произвольной ЗД привела к статистически значимому уменьшению величины TF до 2271 ± 399 мс² (рис. 2) и величины $SDNN$ до 39 ± 4 мс. При этом симпатические воздействия

на сердечный ритм усилились [7, 8], что характерно для действия физической нагрузки на вегетативный тонус организма тренированных спортсменов [2].

До гиповентиляционной тренировки спортсменов в состоянии покоя величина LF была 1458 ± 216 мс², что соответствовало нормальному значению величины LF 1170 ± 416 мс² для здоровых людей [5], и суммарная активность вегетативных воздействий на сердечный ритм спортсменов, оцениваемой по величине LF , была нормальной. Физическая нагрузка спортсменов на фоне максимальной произвольной ЗД существенно не изменила величину LF , которая стала 1233 ± 242 мс².

После гиповентиляционной тренировки спортсменов в состоянии покоя величина LF статистически значительно увеличилась до 2055 ± 392 мс² (рис. 3), что указывало на увеличение парасимпатических влияний на сердечный ритм [8]. При физической нагрузке на фоне максимальной произвольной ЗД величина LF статистически значительно уменьшилась до 772 ± 124 мс² (рис. 3). Это указывало на усиление симпатических воздействий на сердечный ритм [8], что способствовало увеличению работоспособности спортсменов при нагрузке [2].

Другие физиологические параметры. После гиповентиляционной тренировки частота колебаний суммарной ЭМГ увеличилась с 2986 ± 313 до 3088 ± 390 раз/мин, что было обусловлено увеличением частоты импульсов, которые проводятся к мышцам по эфферентным соматическим нервам от мотонейронов спинного мозга [4,

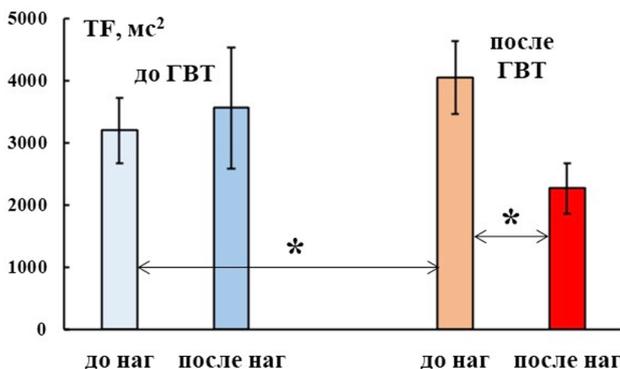


Рис. 2. Динамика величины общей мощности спектра сердечного ритма (TF , мс²) у спортсменов до и после гиповентиляционной тренировки (ГВТ) до и после физической нагрузки (наг) на фоне максимальной произвольной задержки дыхания

Примечание: * — статистически значимое отличие TF до нагрузки до и после ГВТ и до и после нагрузки после ГВТ при $p < 0,05$.
Fig. 2. Dynamics of the total power of the heart rate spectrum (TF , мс²) in athletes before and after hypoventilation training (до ГВТ, после ГВТ) before and after exercise (до наг, после наг) against the background of maximum voluntary breath holding

Note: * — statistically significant difference in TF before exercise before and after hypoventilation training and before and after exercise after hypoventilation training at $p < 0.05$.

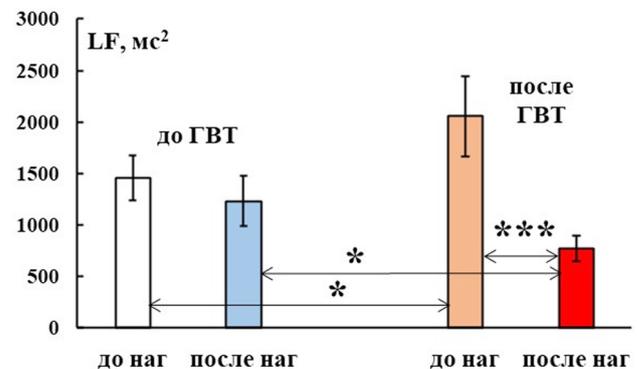


Рис. 3. Динамика мощности низкой частоты спектра сердечного ритма (LF , мс²) у спортсменов до и после гиповентиляционной тренировки (ГВТ) до и после физической нагрузки (наг) на фоне максимальной произвольной задержки дыхания

Примечание: * — статистически значимое отличие LF до нагрузки до и после ГВТ и после нагрузки до и после ГВТ при $p < 0,05$. *** — статистически значимое отличие LF до и после нагрузки после ГВТ при $p < 0,001$.

Fig. 3. Dynamics of the power of the low frequency of the heart rate spectrum (LF , мс²) in athletes before and after hypoventilation training (до ГВТ, после ГВТ) before and after exercise (до наг, после наг) against the background of maximum voluntary breath holding.

Note: * — statistically significant difference in LF before exercise before and after hypoventilation training and after exercise before and after hypoventilation training at $p < 0.05$. *** — statistically significant difference in LF before and after exercise after hypoventilation training at $p < 0.001$.

9]. Другие регистрируемые параметры (артериальное давление, сатурация артериальной крови кислородом, субъективное самочувствие) статистически не изменились, что указывало на отсутствие существенных изменений общего состояния спортсменов после гиповентиляционной тренировки.

4. Заключение

Гиповентиляционные тренировки увеличили вентиляционную и двигательную устойчивость спортсменов к гипоксии, а также повысили их работоспособность при скоростно-силовой нагрузке на фоне максимальной произвольной ЗД. Тренировка привела к увеличению парасимпатических влияний на сердечный ритм

Вклад авторов:

Вагин Юрий Евгеньевич — проведение исследования, сбор и анализ информации, написание текста статьи, редактирование.

Классина Светлана Яковлевна — проведение исследования, сбор и анализ информации.

Фудин Николай Андреевич — руководство исследованием.

в состоянии покоя, что снизило у спортсменов предстартовый стресс. После тренировки спортсменов физическая нагрузка на фоне максимальной произвольной ЗД проходила при увеличенном тоне симпатической нервной системы, что способствовало улучшению кровообращения в работающей скелетной мускулатуре. Тренировка оказывала положительное влияние на локомоторные функции спортсменов, способствуя увеличению работоспособности. Несколько физиологических параметров не изменились, что указывало на сохранение основных физиологических функций спортсменов на прежнем уровне в состоянии покоя, но при физической нагрузке у спортсменов увеличилась гипоксическая устойчивость и работоспособность.

Author' contributions:

Yuriy E. Vaguine — conducting research, information collection and analysis, text of the article writing, editing.

Svetlana Ya. Klassina — conducting research, information collection and analysis.

Nikolay F. Fudin — research leadership.

Список литературы

1. Фудин Н.А., Классина С.Я., Пигарева С.Н., Вагин Ю.Е. Гиповентиляционные тренировки в сочетании с физическими упражнениями и их влияние на функциональное состояние человека при физической работе до отказа. Спортивная медицина: наука и практика. 2018;8(1):32–38. <https://doi.org/10.17238/ISSN2223-2524.2018.1.32>
2. Вагин Ю.Е., Зеленкова И.Е., Фудин Н.А. Функциональные изменения спортсменов при увеличивающихся прерывных задержках дыхания в ходе физической нагрузки. Наука и спорт: современные тенденции. 2018;20(3):6–11.
3. World Medical Association Declaration of Helsinki: Ethical Principles for medical research involving human subjects. JAMA. 2013;310(20):2191–2194. <https://doi.org/10.1001/jama.2013.281053>
4. Fudin N.A., Klassina S.Ya., Pigareva S.N., Vagin Yu.E. Relationship between the parameters of muscular and cardiovascular systems in graded exercise testing in subjects doing regular exercises and sports. Human Physiology. 2015;41(4):412–419. <https://doi.org/10.1134/S0362119715040088>
5. Task force of the European society of cardiology and the North American society of pacing and electrophysiology. Heart rate variability: standards of measurements, physiological interpretation, and clinical use. Circulation. 1996;93(5):1043–1065.
6. Ковалева А.В., Панова Е.Н., Горбачева А.К. Анализ variability ритма сердца и возможности его применения в психологии и психофизиологии. Современная зарубежная психология. 2013;(1):35–50.
7. Бокерия Л.А., Бокерия О.Л., Волковская И.В. Variability сердечного ритма: методы измерения, интерпретация, клиническое использование. Анналы аритмологии. 2009;(4):21–32.
8. Ходырев Г.Н., Хлыбова С.В., Циркин В.И., Дмитриева С.Л. Методические аспекты анализа временных и спектральных показателей variability сердечного ритма (обзор литературы). Вятский медицинский вестник. 2011;(3-4):60–70.

References

1. Fudin N.A., Klassina S.Ya., Pigareva S.N., Vagin Yu.E. Hypoventilation trainings combined with physical exercises and their influences on person's functional state in physical work to failure. Sports Medicine: Science and Practice. 2018;8(1):32–38. (In Russ.). <https://doi.org/10.17238/ISSN2223-2524.2018.1.32>
2. Vagin Yu.E., Zelenkova I.E., Fudin N.A. Functional alterations in athletes with increased interrupted breath-holdings during physical efforts. Nauka i Sport: sovremennye tendentsii = Science and Sports: Current Trends. 2018;20(3):6–11 (In Russ.).
3. World Medical Association Declaration of Helsinki: Ethical Principles for medical research involving human subjects. JAMA. 2013;310(20):2191–2194. <https://doi.org/10.1001/jama.2013.281053>
4. Fudin N.A., Klassina S.Ya., Pigareva S.N., Vagin Yu.E. Relationship between the parameters of muscular and cardiovascular systems in graded exercise testing in subjects doing regular exercises and sports. Human Physiology. 2015;41(4):412–419. <https://doi.org/10.1134/S0362119715040088>
5. Task force of the European society of cardiology and the North American society of pacing and electrophysiology. Heart rate variability. standards of measurements, physiological interpretation, and clinical use. Circulation. 1996;93(5):1043–1065.
6. Kovaleva A.V., Panova E.N., Gorbachova A.K. Analysis of heart rate variability and possibility of its utilization in psychology and psychophysiology. Sovremennaya zarubezhnaya psikhologiya = Journal of Modern Foreign Psychology. 2013;(1):35–50 (In Russ.).
7. Bockeria L.A., Bockeria O.L., Volkovskaya I.V. Heart rate variability: measurement methods, interpretation, clinical use. Annaly aritmologii. 2009;(4):21–32 (In Russ.).
8. Khodyrev G.N., Khlilova S.V., Tsirkin V.I. Dmitrieva S.L. Methodological aspect of analysis of temporal and spectral parameters of heart rate variability. Vyatskii meditsinskii vestnik = Medical Newsletter of Vyatka. 2011;(3-4):60–70 (In Russ.).

9. Xiaogang X., Rymer W.Z., Suresh N.L. Motor unit pool organization examined via spike-triggered averaging of the surface electromyogram. *J. Neurophysiology*. 2013;110(5):1205–1220. <https://doi.org/10.1152/jn.00301.2012>

9. Xiaogang X., Rymer W.Z., Suresh N.L. Motor unit pool organization examined via spike-triggered averaging of the surface electromyogram. *J. Neurophysiology*. 2013;110(5):1205–1220. <https://doi.org/10.1152/jn.00301.2012>

Информация об авторах:

Вагин Юрий Евгеньевич*, д.м.н., специалист лаборатории системных механизмов спортивной деятельности ФГБНУ «Научно-исследовательский институт нормальной физиологии им. П.К. Анохина», Россия, 125009, Москва, Моховая ул., 11, к. 4. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0958-5610> (+7 (916) 839-24-53; yuvaguine@yandex.ru)

Классина Светлана Яковлевна, к.б.н., ведущий научный сотрудник лаборатории системных механизмов спортивной деятельности ФГБНУ «Научно-исследовательский институт нормальной физиологии им. П.К. Анохина», Россия, 125009, Москва, Моховая ул., 11, к. 4. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7972-9600> (+7 (905) 547-62-34; klassina@mail.ru)

Фудин Николай Андреевич, д.б.н., профессор, член-корр. РАН, заведующий лабораторией системных механизмов спортивной деятельности ФГБНУ «Научно-исследовательский институт нормальной физиологии им. П.К. Анохина», Россия, 125009, Москва, Моховая ул., 11, к. 4. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5511-7375> (+7 (903) 724-85-12; nphys@nphys.ru)

Information about the author:

Yuriy E. Vaguine*, M.D., D.Sc. (Medicine), specialist of the Laboratory of systemic mechanisms of sports activity P. K. Anokhin Research Institute of Normal Physiology, 22(1)–204 11/4 Mokhovaya str., Moscow, 125009, Russia. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0958-5610> (+7 (916) 839-24-53; yuvaguine@yandex.ru)

Svetlana Ya. Klassina, Ph.D. (Biology), leading researcher of the Laboratory of systemic mechanisms of sports activity P. K. Anokhin Research Institute of Normal Physiology, 11/4 Mokhovaya str., Moscow, 125009, Russia. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7972-9600> (+7 (905) 547-62-34; klassina@mail.ru)

Nikolay A. Fudin, D.Sc. (Biology), Professor, Corresponding Member of RAS, Head of the Laboratory of systemic mechanisms of sports activity. P. K. Anokhin Research Institute of Normal Physiology, 11/4 Mokhovaya str., Moscow, 125009, Russia. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5511-7375> (+7 (903) 724-85-12; nphys@nphys.ru)

* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author