УДК 612.821:612.766.1 DOI: 10.36028/2308-8826-2022-10-1-62-69

ВЛИЯНИЕ ГИПОВЕНТИЛЯЦИОННОЙ ТРЕНИРОВКИ НА СКОРОСТНО-СИЛОВУЮ РАБОТУ СПОРТСМЕНОВ

Н.А. Фудин, Ю.Е. Вагин, С.Я. Классина

ФГБНУ «НИИ нормальной физиологии им. П. К. Анохина», Москва, Россия

Аннотация

Цель работы – изучить влияние гиповентиляционных тренировок на результативность спортсменов при скоростно-силовой нагрузке до предела физиологической возможности.

Методы и организация исследования. 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 и параметры вариабельности сердечного ритма, центральной гемодинамики и электромиографии.

Результаты исследования. Гиповентиляционные тренировки увеличили длительность максимальной произвольной задержки дыхания на 27±8% при нагрузке и количество силовых движений на фоне этой задержки на 31±12%. После гиповентиляционной тренировки спортсменов в состоянии покоя величина стандартного отклонения длительности смежных сердечных циклов увеличилась с 42±5 до 52±4 мс из-за увеличения парасимпатического тонуса. При нагрузке у спортсменов увеличился минутный объем кровотока, уменьшилось общее периферическое сопротивление и увеличилась амплитуда электромиограммы.

Заключение. Гиповентиляционные тренировки увеличили вентиляционную и двигательную устойчивость спортсменов к гипоксии и количество силовых движений руками при скоростно-силовой нагрузке на фоне максимальной произвольной задержки дыхания.

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

THE IMPACT OF HYPOVENTILATION TRAINING ON SPEED-STRENGTH PERFORMANCE OF ATHLETES

N.A. Fudin, nphys@nphys.ru, ORCID: 0000-0002-5511-7375
Yu.E. Vaguine, yuvaguine@yandex.ru, ORCID: 0000-0002-0958-5610
S.Ya. Klassina, klassina@mail.ru, ORCID: 0000-0001- 7972 - 9600
P.K. Anokhin Research Institute of Normal Physiology, Moscow, Russia

Abstract

The research purpose was to study the effect of hypoventilation training on the performance of athletes with speed-strength physical exertion to the limit of physiological capability.

Methods and organization of the research. Athletes performed speed-strength exercise load with their hands on exercise equipment against the background of maximum voluntary breath-holding before and after hypoventilation training. The duration of breath-holding, the number of power movements and parameters of heart rate variability, central hemodynamics and electromyography were measured.

The research results. Hypoventilation training increased the duration of the maximum voluntary breath-holding by 27±8% during exercise and the number of power movements against the background of the delay by 31±12%. After hypoventilation training of athletes at rest, the value of the standard deviation of the duration of adjacent cardiac cycles increased from 42±5 to 52±4 ms due to an increase in parasympathetic tone. During exercise, athletes increased the minute volume of blood flow and the amplitude of the electromyogram, decreased the total peripheral resistance.

Conclusion. Hypoventilation training increased the ventilation and motor resistance of athletes to hypoxia as well as their performance during speed-strength load against the background of maximum voluntary breath-holding.

Keywords: breath-holding, hypoventilation training, speed-strength load.

ВВЕДЕНИЕ

Гиповентиляционные тренировки в сочетании с физическими упражнениями повышают устойчивость спортсменов к вентиляционной и двигательной гипоксии [5]. Были изучены положительные эффекты гиповентиляционных воздействий на функциональные системы спортсменов при циклических физических нагрузках [2, 5, 6]. Однако остаются неисследованными физиологические процессы в организме спортсменов после гиповентиляционных тренировок при выполнении скоростно-силовой физической работы в сочетании с максимальной произвольной задержкой внешнего дыхания.

Целью исследования было изучение эффективности влияния гиповентиляционных тренировок на устойчивость спортсменов к вентиляционной и двигательной гипоксии и их работоспособность при скоростно-силовой нагрузке до передела физиологической возможности на фоне максимальной произвольной задержки внешнего дыхания.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

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 [13].

Контингент обследуемых спортсменов. Были обследованы 13 начинающих спортсменов в возрасте 18-22 лет, не имеющих спортивных разрядов и занимающихся физической культурой и спортом в рамках вузовской программы. Все спортсмены не имели врачебных противопоказаний к физическим упражнениям и произвольным задержкам дыхания. Все обследуемые 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 (мм рт. ст.), уровень сатурации артериальной крови кислородом (%) и субъективное самочувствие по вопроснику Sam (баллы). Расчетным путем определяли вегетативный индекс Кердо (%) [12], ударный объем крови (мл), минутный объем кровообращения (МОК) (л/мин), общее периферическое сосудистое сопротивление (ОПСС) (дин×с×см$^{-5}$) [3]. Электрокардиограмму (ЭКГ) регистрировали во II стандартном отведении в течение 5 минут на компьютерном электрокардиографе «Поли-Спектр-8» фирмы «Нейрософт» с последующим анализом вариабельности сердечного ритма. У спортсменов проводили гипоксическую пробу, измеряя длительность максимальной произвольной задержки дыхания (ЗД).

Далее спортсмены выполняли силовые упражнения на многофункциональном силовом тренажере SportEliteSE-3000–45 (Россия) 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 организма 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 троекратно 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 средней амплитуды суммарной ЭМГ за последнюю минуту движений рук спортсменов [9]. После окончания силовой нагрузки повторно регистрировали и вычисляли исследуемые физиологические параметры.

Затем спортсменов обучали гиповентиляционному ритму дыхания, приводящему к недостаточной вентиляции легких для нормального метаболизма в организме. В состоянии покоя, сидя спортсмены дышали спокойно и ритмично 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 составила от 7 до 28 дней, в среднем 13,9±1,8 дней. После каждой тренировки спортсмены самостоятельно измеряли длительность максимальной произвольной ЗД, 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. Одновременно с гиповентиляционными тренировками спортсмены занимались общей физической подготовкой и спортивными играми 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 троекратной физической нагрузки и количество силовых движений руками на фоне максимальной произвольной ЗД при нагрузке, а также длительность этой ЗД.

Анализ вариабельности сердечного ритма. После окончания исследования вычисляли параметры вариабельности сердечного ритма [7, 11] с помощью компьютерной программы «Нейрософт». При временном анализе сердечного ритма вычисляли стандартное отклонение длительности смежных сердечных циклов (мс) (SDNN). Установлено, что значения SDNN характеризуют меру разброса длительностей смежных сердечных циклов. Величина SDNN отражает весь спектр циклических компонентов, ответственных за вариабельность сердечного ритма. Величина SDNN прямо зависит от тонуса парасимпатической нервной системы и обратно – от тонуса симпатической нервной системы [1, 7]. Измерение величины SDNN позволяет косвенно оценить вагосимпатический баланс в организме человека [4, 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. Вариационные ряды зарегистрированных параметров имели нормальность распределения, о чем свидетельствовала симметричная колоколообразная форма гистограмм частоты каждого вариационного ряда параметров, разбитых на классы. 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.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Длительность ЗД. До гиповентиляционной тренировки спортсменов в положении сидя длительность максимальной произвольной ЗД была 1 мин 3 с ±8 с. После гиповентиляционной тренировки в течение 13,9±1,8 дней длительность ЗД была 1 мин 58 с ± 13 с. Длительность максимальной произвольной ЗД в покое до и после тренировки статистически значимо отличалась. Гиповентиляционная тренировка привела к увеличению длительности ЗД у испытуемых на 88±21% (рисунок 1). 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. Исходная гипоксическая устойчивость спортсменов определяла увеличение максимальной произвольной ЗД после гиповентиляционной тренировки.

Длительность максимальной произвольной ЗД при физической нагрузке до гиповентиляционной тренировки спортсменов была 1 мин 49 с ± 8 с. Длительность ЗД при физической нагрузке после гиповентиляционной тренировки спортсменов увеличилась на 27±8% и составила 2 мин 18 с ± 8 с (рисунок 1). Длительность максимальной произвольной ЗД при физической нагрузке до и после гиповентиляционной тренировки спортсменов статистически значимо отличалась.

Количество силовых движений. После гиповентиляционной тренировки спортсменов также увеличилось количество силовых движений руками на фоне максимальной произвольной ЗД на 31±12% – с 88±8 до 115±11 движений.

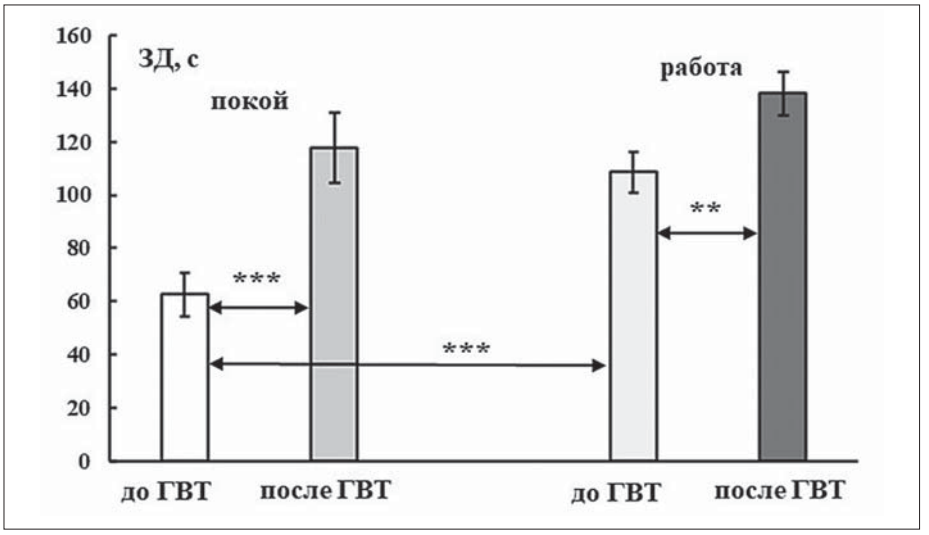

Рисунок 1 – Длительность максимальной произвольной задержки дыхания (ЗД, с) у спортсменов в покое (покой) и при физической нагрузке (работа) до и после гиповентиляционной тренировки (ГВТ)

Figure 1 – The duration of the maximum voluntary breath-holding (ЗД, с) in athletes at rest (покой) and during physical activity (работа) before and after hypoventilation training (до ГВТ, после ГВТ)

*** – статистически значимое отличие длительности ЗД в покое до и после ГВТ и длительности ЗД в покое и при работе до ГВТ при p < 0,001

** – статистически значимое отличие длительности ЗД при работе до и после ГВТ при p < 0,005

*** – statistically significant difference in the duration of breath-holding (ЗД) at rest before and after hypoventilation training (ГВТ) and the duration of breath-holding (ЗД) at rest and during physical activity before hypoventilation training (ГВТ) at p < 0.001

** – statistically significant difference in the duration of breath-holding (ЗД) when training before and after hypoventilation training (ГВТ) at p < 0.005

Количество силовых движений на фоне ЗД до и после тренировки статистически значимо отличалось при $p < 0,005$. Увеличение количества силовых движений руками при максимальной произвольной ЗД после гиповентиляционной тренировки имело прямую корреляционную зависимость ($r = 0,73$) от количества силовых движений при ЗД до тренировки. Исходные показатели гипоксической устойчивости и физической подготовленности спортсменов прямо влияли на количество силовых движений руками при максимальной произвольной ЗД после гиповентиляционной тренировки.

SDNN и ВИК. До гиповентиляционной тренировки спортсменов в состоянии покоя величина стандартного отклонения длительности смежных сердечных циклов SDNN была 42 ±5 мс, что было меньше величины 141±39 мс, характерной для здоровых людей в состоянии физического и эмоционального покоя [1]. Величина вегетативного индекса Кердо (ВИК) была 21±2%, что больше диапазона от +10 до −10% при вагосимпатическом балансе в организме [12]. Величины SDNN и ВИК указывали на увеличение тонуса симпатической нервной системы у обследуемых лиц перед началом исследования, что характерно для предстартового состояния спортсменов [2].

До гиповентиляционной тренировки спортсменов физическая нагрузка на фоне максимальной произвольной ЗД существенно не изменила величину SDNN, которая стала 45±7 мс. Одновременно статистически значимо увеличилась величина ВИК – до 29±2%, что связано с еще большим усилением тонуса симпатической нервной системы при физической нагрузке спортсменов [2, 12].

После гиповентиляционной тренировки спортсменов в состоянии покоя величина SDNN увеличилась до 52±4 мс (рисунок 2). Величина ВИК осталась на

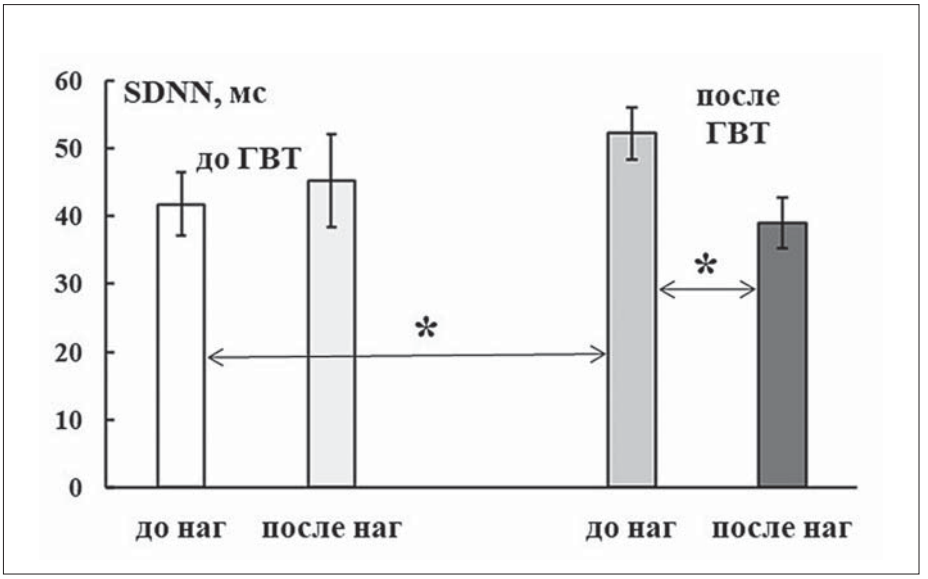

Рисунок 2 – Динамика величины стандартного отклонения длительности смежных сердечных циклов (SDNN, мс) у спортсменов до и после гиповентиляционной тренировки (ГВТ) до и после физической нагрузки (наг) на фоне максимальной произвольной задержки дыхания

Figure 2 – Dynamics of the standard deviation of the duration of adjacent cardiac cycles (SDNN, мс) in athletes before and after hypoventilation training (ГВТ) before and after exercise (наг) against the background of maximum voluntary breath-holding

* – статистически значимое отличие SDNN до нагрузки до и после ГВТ и до и после нагрузки после ГВТ при $p < 0,05$

* - statistically significant difference in SDNN before exercise before and after hypoventilation training, before and after exercise after hypoventilation training at $p < 0.05$

исходном уровне – 21±3%. Увеличение величины SDNN произошло из-за уменьшения симпатических и увеличения парасимпатических влияний на сердечный ритм [1, 7] как результат гиповентиляционной тренировки спортсменов.

После гиповентиляционной тренировки спортсменов физическая нагрузка на фоне максимальной произвольной ЗД привела к уменьшению величины SDNN до 39±4 мс (рисунок 2) и увеличению величины ВИК до 27±4%. Уменьшение величины SDNN и увеличение величины ВИК произошло из-за увеличения симпатических влияний на сердечный ритм [12], что способствовало достижению спортсменами более высокого результата [6].

МОК и ОПСС. До гиповентиляционной тренировки спортсменов в состоянии покоя величина МОК была 6,4 ± 0,3 л/мин, что нормально для скорости кровотока у молодых людей, который в среднем у взрослых людей при ударном объеме крови 65 мл и частоте сердечных сокращений 75 уд/мин равен 5 л/мин [3]. До гиповентиляционной тренировки спортсменов физическая нагрузка на фоне максимальной произвольной ЗД существенно не изменила величину МОК, которая составила 7±0,3 л/мин.

После гиповентиляционной тренировки спортсменов в состоянии покоя величина МОК незначительно уменьшилась – до 6,1±0,2 л/мин. Уменьшение величины МОК могло быть связано с обнаруженным нами увеличением парасимпатических влияний на сердечный ритм [1] как результат гиповентиляционной тренировки спортсменов.

После гиповентиляционной тренировки спортсменов физическая нагрузка на фоне максимальной произвольной ЗД привела к статистически значимому увеличению величины МОК до 6,9±0,4 л/мин. (рисунок 3). Одновременно уменьшалась величина ОПСС с 1083±43 до 960±43 дин×с×см$^{-5}$ при норме в состоянии покоя 1200-1700 дин×с×см$^{-5}$ [3]. Увеличение МОК и уменьшение ОПСС могло улучшать кровообращение в работающих мышцах при физической нагрузке спортсменов на фоне максимальной

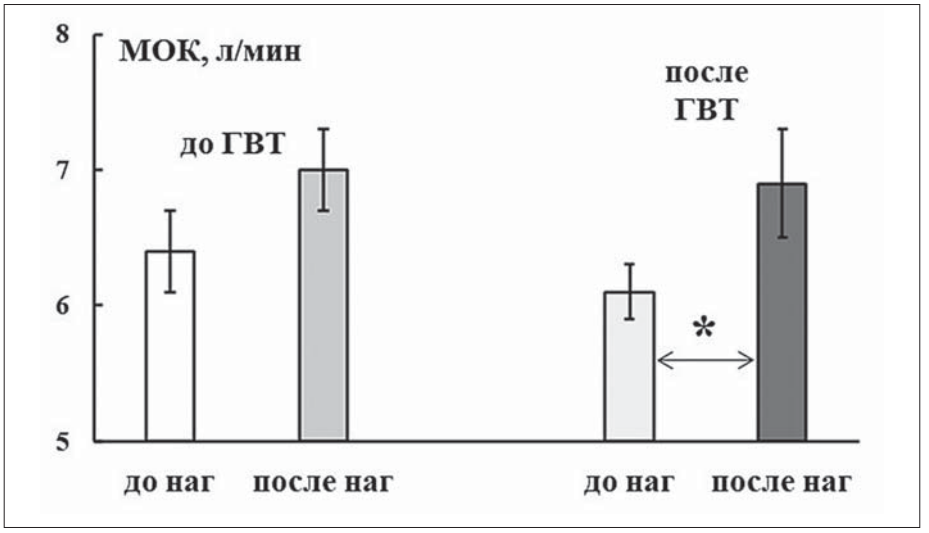

Рисунок 3 – Величина минутного объема кровотока (МОК, л/мин) у спортсменов до и после гиповентиляционной тренировки (ГВТ) до и после физической нагрузки (наг) на фоне максимальной произвольной задержки дыхания
Figure 3 – The value of the minute volume of blood flow (МОК, л/мин) in athletes before and after hypoventilation training (ГВТ) before and after physical activity (наг) against the background of maximum voluntary breath-holding
***** – статистически значимое отличие величины МОК до и после нагрузки при p < 0,05
***** - statistically significant difference in the value of the minute volume of blood flow before and after physical activity at p < 0.05

произвольной ЗД после гиповентиляционной тренировки.

Другие физиологические параметры. После гиповентиляционной тренировки амплитуда суммарной ЭМГ увеличилась с 0,69±0,04 до 0,76±0,08 мВ, что было обусловлено увеличением количества возбужденных мотонейронов спинного мозга, иннервирующих работающие скелетные мышцы [9, 10, 14]. Остальные регистрируемые параметры (ударный объем крови, артериальное давление, сатурация артериальной крови кислородом, субъективное самочувствие) статистически не изменились, что указывало на отсутствие существенных изменений общего состояния спортсменов после гиповентиляционной тренировки.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Гиповентиляционные тренировки увеличили вентиляционную и двигательную устойчивость спортсменов к гипоксии и увеличили количество силовых движений руками при скоростно-силовой нагрузке на фоне максимальной произвольной ЗД. Тренировка привела к увеличению парасимпатических влияний на сердечный ритм в состоянии покоя, что снизило у спортсменов предстартовый стресс. После тренировки спортсменов физическая нагрузка на фоне максимальной произвольной ЗД проходила при увеличенном тонусе симпатической нервной системы, что способствовало увеличению минутного объема крови. Уменьшение общего периферического сосудистого сопротивления позволяло повысить объем кровотока в работающей скелетной мускулатуре. Тренировка оказывала положительное влияние на локомоторные функции спортсменов, способствуя увеличению количества силовых движений руками. Несколько физиологических параметров не изменились, что указывало на сохранение основных физиологических функций спортсменов на прежнем уровне в состоянии покоя, но при физической нагрузке на фоне ЗД у спортсменов увеличилась гипоксическая устойчивость и количество силовых движений руками.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бокерия, Л. А. Вариабельность сердечного ритма: методы измерения, интерпретация, клиническое использование / Л. А. Бокерия, О. Л. Бокерия, И. В. Волковская // Анналы аритмологии. – 2009. – № 4. – С. 21-32.
2. Вагин, Ю. Е. Функциональные изменения спортсменов при увеличивающихся прерывных задержках дыхания в ходе физической нагрузки / Ю. Е. Вагин, И. Е. Зеленкова, Н. А. Фудин // Наука и спорт: современные тенденции. – 2018. – Т. 20, № 3. – С. 6-11.
3. Карпман, В. Л. Динамика кровообращения у спортсменов. / В. Л. Карпман, Б. Г. Любина. – М.: Физкультура и спорт, 1982. – 135 с.
4. Ковалева, А. В. Анализ вариабельности ритма сердца и возможности его применения в психологии и психофизиологии / А. В. Ковалева, Е. Н. Панова, А. К. Горбачева // Современная зарубежная психология. – 2013. – № 1. – С. 35-50.
5. Фудин, Н. А. Физиологические механизмы произвольной регуляции дыхания при занятиях спортом / Н. А. Фудин. – М.: Спорт, 2020. – 224 с.
6. Фудин, Н. А. Особенности влияния сочетанного гиповентиляционного дыхания на работоспособность и физическое состояние лиц с различным уровнем тренированности / Н. А. Фудин, С. Я. Классина, С. Н. Пигарева, Ю. Е. Вагин // Вестник спортивной науки. – 2019. – № 3. – С. 46-49.
7. Baevsky R.M. Heart rate variability analysis: physiological foundations and main methods / Baevsky R. M. Chernikova A. G // Cardiometry. – 2017. – № 10. – P. 66-77. DOI: 10.12710/cardiometry.2017.6676
8. Forte G. Anxiety and Attentional Processes: The Role of Resting Heart Rate Variability / Forte G., Favieri F., Oliha E. O., Marotta A., Casagrande M. // Brain Science. – 2021. – № 4(11) – P. 480-484. DOI: 10.3390/brainsci11040480.
9. Fudin N.A. Relationship between the parameters of muscular and cardiovascular systems in graded exercise testing in subjects doing regular exercises and sports/ N. A. Fudin, S. Ya. Klassina, S. N. Pigareva, Yu. E. Vaguin // Human Physiology. – 2015. – № 4(41). – P. 412-419. DOI: 10.1134/S0362119715040088
10. Mendes P.G. Electromiographic activity during single leg jump in adolescent athletes with chronic ankle instability: A pilot study / Mendes P. G., Pereira A. A., Alves Abreu P. H., Campos M. R., Lins C., Felicio L.R. // J. of bodywork and movement therapies. – 2021 – № 28 – P. 238-245. DOI: 10.1016/j.jbmt.2021.06.001.
11. 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. – V. 87. – P. 1043-1047.
12. Vaguine Yu.E. Kerdo autonomic index: role of initial parameters, areas, and limitation of the use. / Yu. E.Vaguine, S. M. Deunezhewa, A. A. Khlytina // Human Physiology. – 2021. – № 1(47). – P. 23-32. DOI: 10.1134/S0362119720060122.

13. World Medical Association Declaration of Helsinki: Ethical Principles for medical research involving human subjects. JAMA. – 2013. – № 20(310) – P. 2191-2194. DOI: 10.1001/jama.2013.281053.
14. Xiaogang X. Motor unit pool organization examined via spike-triggered averaging of the surface electromyogram / X. Xiaogang, W. Z. Rymer, N. L. Suresh // J. Neurophysiology. – 2013. – V. 110. – P. 1205-1220.

REFERENCES

1. Bockeria L.A. Heart rate variability: measurement methods, interpretation, clinical use / L. A. Bockeria, O. L. Bockeria, I. V. Volkovskaya // Annals of Arrhythmology. – 2009. – No. 4. – P. 21–32.
2. Vaguin Yu.E. Functional alterations in athletes with increased interrupted breath-holdings during physical activity / Yu.E. Vaguin, I.E. Zelenkova, N.A. Fudin // Science and Sport: Current Trends. – 2018. – No. 3(20). – P. 6-11.
3. Karpman, V.L. Dynamics of blood circulation in athletes. / V.L. Karpman, B.G. Lyubina. – Moscow: Physical culture and sport. – 1982. – 135 p.
4. Kovaleva A.V. Analysis of heart rate variability and possibility of its utilization in psychology and psychophysiology. / A.V. Kovaleva, E.N. Panova, A.K. Gorbatchova // Contemporary Foreign Psychology. – 2013. – No. 1. – P. 35-50.
5. Fudin N.A. Physiological mechanisms of voluntary regulation of breathing during sports / N.A. Fudin. – Moscow: Sport. – 2020. – 224 p.
6. Fudin N.A. Peculiarities of the effect of combined hypoventilation breathing on the performance and functional status of persons with different levels of qualification / N.A. Fudin, S.Ya. Klassina, S.N. Pigareva, Yu E. Vaguin // Sports Science Bulletin. – 2019. – No. 3. – P. 46-49.
7. Baevsky R.M. Heart rate variability analysis: physiological foundations and main methods / Baevsky R. M. Chernikova A. G // Cardiometry. – 2017. – № 10. – P. 66–77. DOI: 10.12710/cardiometry.2017.6676
8. Forte G. Anxiety and Attentional Processes: The Role of Resting Heart Rate Variability / Forte G., Favieri F., Oliha E. O., Marotta A., Casagrande M. // Brain Science. – 2021. – № 4(11) – P. 480-484. DOI: 10.3390/brainsci11040480.
9. Fudin N.A. Relationship between the parameters of muscular and cardiovascular systems in graded exercise testing in subjects doing regular exercises and sports / N. A. Fudin, S. Ya. Klassina, S. N. Pigareva, Yu. E. Vaguin // Human Physiology. – 2015. – № 4(41). – P. 412-419. DOI: 10.1134/S0362119715040088
10. Mendes P.G. Electromiographic activity during single leg jump in adolescent athletes with chronic ankle instability: A pilot study / Mendes P. G., Pereira A. A., Alves Abreu P. H., Campos M. R., Lins C., Felicio L.R. // J. of bodywork and movement therapies. – 2021. – № 28 – P. 238–245. DOI: 10.1016/j.jbmt.2021.06.001.
11. 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. – V. 87. – P. 1043-1047
12. Vaguin Yu.E. Kerdo autonomic index: role of initial parameters, areas, and limitation of the use. / Yu. E.Vaguin, S. M. Deunezhewa, A. A. Khlytina // Human Physiology. – 2021. – № 1(47). – P. 23-32. DOI: 10.1134/S0362119720060122
13. World Medical Association Declaration of Helsinki: Ethical Principles for medical research involving human subjects. JAMA. – 2013. – № 20(310) – P. 2191–2194. DOI: 10.1001/jama.2013.281053
14. Xiaogang X. Motor unit pool organization examined via spike-triggered averaging of the surface electromyogram / X. Xiaogang, W. Z. Rymer, N. L. Suresh // J. Neurophysiology. – 2013. – V. 110. – P. 1205-1220.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

Фудин Николай Андреевич (Fudin Nikolay Andreevich) – доктор биологических наук, профессор, член-корр. РАН, заведующий лабораторией системных механизмов спортивной деятельности; ФГБНУ «НИИ нормальной физиологии им. П. К. Анохина», 125315, Россия, г. Москва, ул. Балтийская, д. 8. E-mail: nphys@nphys.ru; ORCID: 0000-0002-5511-7375

Вагин Юрий Евгеньевич – (Vaguin Yuriy Evgenievich) – доктор медицинских наук, специалист лаборатории системных механизмов спортивной деятельности; ФГБНУ «НИИ нормальной физиологии им. П. К. Анохина», 125315, Россия, г. Москва, ул. Балтийская, д. 8. E-mail: yuvaguine@yandex.ru; ORCID: 0000-0002-0958-5610

Классина Светлана Яковлевна (Klassina Svetlana Yakovlevna) – кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории системных механизмов спортивной деятельности; ФГБНУ «НИИ нормальной физиологии им. П. К. Анохина», 125315, Россия, г. Москва, ул. Балтийская, д. 8. E-mail: klassina@mail.ru; ORCID: 0000-0001- 7972 – 9600

Поступила в редакцию 10 декабря 2021 г.
Принята к публикации 17 января 2022 г.

ОБРАЗЕЦ ЦИТИРОВАНИЯ

Фудин, Н.А. Влияние гиповентиляционной тренировки на скоростно-силовую работу спортсменов / Н.А. Фудин, Ю.Е. Вагин, С.Я. Классина // Наука и спорт: современные тенденции. – 2022. – Т. 10, № 1. – С. 62-69. DOI:10.36028/2308-8826-2022-10-1-62-69

FOR CITATION

Fudin N.A.., Vaguine Y.E.., Klassina S.Y. The impact of hypoventilation training on speed-strength performance of athletes. Science and sport: current trends, 2022, vol. 10, no. 1, pp. 62-69 (in Russ.) DOI:10.36028/2308-8826-2022-10-1-62-69