

УДК: 612.062

**СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ ГИПОВЕНТИЛЯЦИОННОГО ДЫХАНИЯ И ЕГО МОДИФИКАЦИИ В СОЧЕТАНИИ С ФИЗИЧЕСКИМИ УПРАЖНЕНИЯМИ**

Н.А. ФУДИН, С.Я. КЛАССИНА

*ФГБУ НИИ нормальной физиологии им. П.К. Анохина, ул. Балтийская, д. 8, Москва, 125315, Россия, тел.: +7(905)5476234, e-mail: klassina@mail.ru*

**Аннотация.** Статья посвящена сравнительному анализу эффективности воздействия гиповентиляционного дыхания без и в сочетании с физическими упражнениями

В обследовании приняли участие 26 молодых мужчин, регулярно занимавшихся физической культурой. Испытуемые были разделены на 2 группы. Первая группа (14 человек) по словесной инструкции экспериментатора обучалась гиповентиляционному дыханию, вторая группа (12 человек) также обучалась гиповентиляционному дыханию, но в сочетании с физическими упражнениями. До и после обучения методике гиповентиляционного дыхания все испытуемые принимали участие в 2-х однотипных обследованиях, где им было предложено выполнить нагрузочное тестирование на велоэргометре (мощность 160 Вт) до отказа. Состояние испытуемых исследовали в покое и при нагрузочном тестировании. Регистрировали ЭКГ, пневмограмму и объемные показатели внешнего дыхания. Измеряли уровень насыщения артериальной крови кислородом.

Показано, что экспериментальные данные использования физических нагрузок в процессе гиповентиляционного дыхания при дополнительном исследовании морфофункционального состояния локомоторного аппарата могут стать научно-обоснованной медико-биологической технологией, повышающей эффективность тренировочной и соревновательной деятельности высококвалифицированных спортсменов.

**Ключевые слова:** спорт, физическая работа до отказа, гиповентиляционные тренировки, гиповентиляционные тренировки в сочетании с физическими упражнениями.

**COMPARATIVE ANALYSIS OF THE EFFICIENCY OF HYPOVENTILATION RESPIRATION AND ITS MODIFICATION IN COMBINATION WITH PHYSICAL EXERCISES**

N.A. FUDIN, S.YA. KLASSINA

*P.K. Anokhin Research Institute of Normal Physiology, Baltiyskaya Str., 8, Moscow, 125315, Russia, tel.: +7(905)5476234, e-mail: klassina@mail.ru*

**Abstract.** The article is devoted to a comparative analysis of the effectiveness of hypoventilation breathing without and in combination with physical exercises.

The survey was attended by 26 young men, regularly engaged in physical training. Subjects were divided into 2 groups. The first group (14 people), according to the experimenter's verbal instruction, was trained in hypoventilation breathing, the second group (12 people) was also trained in hypoventilation breathing, but it was in combination with physical exercises. Before and after training in the hypoventilation breathing technique, all subjects took part in 2 similar examinations, where they were asked to perform load testing on a bicycle ergometer (power 160 W) to failure. The condition of the subjects was examined at rest and under load testing. The ECG, pneumogram and volumetric parameters of external respiration were recorded. The saturation level of the arterial blood with oxygen was measured.

It is shown that the experimental data of the using of physical loads in the process of hypoventilation breathing with additional investigation of the morphofunctional state of the locomotor apparatus can become scientifically grounded medical and biological technology that increases the efficiency of training and competitive activity of highly skilled athletes.

**Key words:** sport, physical work to failure, hypoventilation trainings in combination with physical exercises.

Проблема управления функциональным состоянием спортсмена в процессе тренировочной и соревновательной деятельности – одна из наиболее актуальных проблем спортивной физиологии [9]. В ряду современных медико-биологических проблем в спорте особое место отводится технологиям, адресованным к функциональной системе дыхания и газообмена [3-5]. На протяжении последних лет в лаборатории системных механизмов спортивной деятельности человека НИИ нормальной физиологии им. П.К. Анохина проводились комплексные исследования по изучению влияния гиповентиляционного ды-

хания (ГВД) на физическую работоспособность и функциональное состояние человека в процессе выполнения им интенсивной физической нагрузки до отказа [6-8, 10]. Параллельно проводились аналогичные исследования произвольно-гиповентиляционного дыхания в сочетании с физическими упражнениями.

В обследовании приняли участие 26 человек, лица мужского пола в возрасте 18-20 лет, регулярно занимавшихся циклическими видами спорта. Все испытуемые были разделены на две группы. Первая группа (14 человек) по словесной инструкции экспериментатора обучалась гиповентиляционному дыханию в течение 5 недель, 3 раза в неделю по 1,5-2 часа. Обучение происходило по схеме: вдох – 1 с, выдох – 1,2 с, пауза после выдоха 7-10 с. Вторая группа (12 человек) обучалась гиповентиляционному дыханию по аналогичной схеме, но на фоне максимальной задержки дыхания выполнялись физические упражнения (рис. 1).



Рис. 1. Схема обучения испытуемых второй группы методике ГВД в сочетании с физическими упражнениями

**Цель исследования** – сравнительный анализ эффективности воздействия ГВД без и в сочетании с физическими упражнениями

**Материалы и методы исследования.** До и после обучения гиповентиляционному дыханию, испытуемые принимали участие в 2-х однотипных обследованиях, где им было предложено выполнить нагрузочное тестирование на велоэргометре до отказа (мощность нагрузки – 160 Вт). Скорость вращения педалей была постоянной и составляла 1 об/с (прибор «SIGMA – bc-509», датчик которого крепился к педали велоэргометра). Первое обследование проводилось до обучения ГВД, 2-ое – после обучения. В процессе обследований испытуемые пребывали в следующих состояниях: «исходный фон» (2,5 мин), «разминка-60 Вт» (2 мин), «тестовая физическая нагрузка была в работе до отказа» при мощности 160 Вт на фоне постоянной скорости вращения педалей – 1 об/с, «восстановление» (6 мин). Длительность нагрузочного тестирования определялась отказом самого испытуемого от продолжения физической работы (Т-отказ, с) и являлась отражением его функционального состояния.

Для нагрузочного тестирования был использован велоэргометр «Sports Art 5005», а само тестирование велось под контролем электрокардиографии (ЭКГ) и пневмографии (компьютерный электрокардиограф «Поли-Спектр-8», «Нейрософт», Иваново). ЭКГ регистрировали в I стандартном отведении и грудном отведении «V5». На основе ЭКГ в исходном фоне и в процессе выполнения тестовой физической нагрузки оценивали частоту сердечных сокращений (ЧСС, уд/мин) и частоту дыхания (ЧД, 1/мин), величину зубца Q (мВ) ЭКГ. В момент отказа от тестовой физической нагрузки измеряли время работы до отказа (Т-отк, с), частоту сердечных сокращений (ЧССн, уд/мин) и частоту дыхания (ЧДн, 1/мин), рассчитывали «физиологическую цену» (р,%) этой работы [2]. Регистрация жизненной емкости легких (ЖЕЛ, л) производилась с помощью портативного спирометра «SP-1», а величину минутного объема дыхания (МОД), л/мин – оценивали расчетным путем. Расчетным путем также оценивали минутный объем кровотока (МОК), л/мин [1]. Кроме того, в исходном состоянии и после восстановления у испытуемых измеряли задержки дыхания на вдохе (з/д, с). Путем опроса оценивали уровень субъективного самочувствия в пятибальной шкале (sam, баллы).

Статистическая обработка полученных данных проводили с использованием непараметрических критериев. Достоверность различия одноименных показателей определяли на основе критерия Вилкоксона и Манна-Уитни.

**Результаты и их обсуждение.** Проведен сравнительный анализ физиологических показателей в наблюдаемых группах в работе до отказа в процессе выполнения тестовой нагрузки. На рис. 2 и рис. 3 представлены гистограммы временной длительности работы до отказа и «физиологической цены» этой работы.

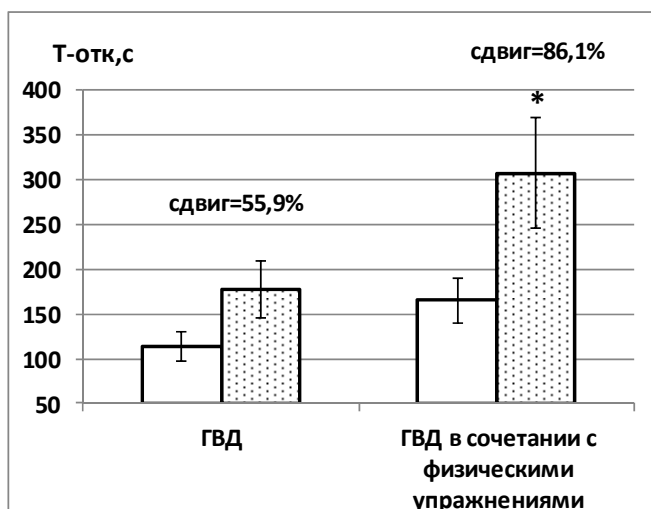


Рис. 2. Средние значения временной длительности физической работы до отказа до (белые столбики) и после (узорчатые столбики) обучения ГВД и обучения ГВД в сочетании с физическими упражнениями. Обозначения: \* –  $p < 0,05$  – уровень статистической значимости показателя

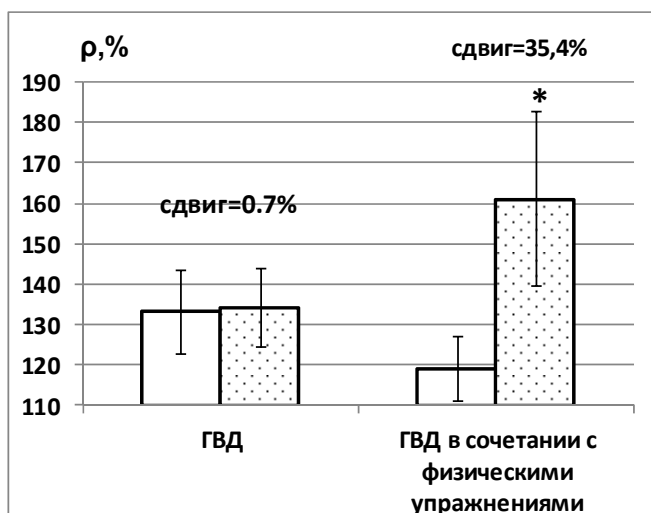


Рис. 3. Средние значения «физиологической цены» физической работы до отказа до (белые столбики) и после (узорчатые столбики) обучения ГВД и обучения ГВД в сочетании с физическими упражнениями. Обозначения: \* –  $p < 0,05$  – уровень статистической значимости показателя

Видно, что если после обучения ГВД отмечается лишь тенденция к повышению  $T$ -отк (сдвиг показателя составил 55,9%) на фоне практически неизменной «физиологической цены» (сдвиг составил 0,7%), то после обучения ГВД в сочетании с физическими упражнениями временная длительность работы до отказа ( $T$ -отк) достоверно повышалась почти вдвое ( $p < 0,05$ , сдвиг составил 86,1%) на фоне достоверного повышения «физиологической цены» ( $\rho$ , %,  $p < 0,05$ , сдвиг составил 35,4%). Отсюда следует, что ГВД в сочетании с физическими упражнениями оказало более мощное физиологическое воздействие на физическую работоспособность испытуемых на фоне более высокой «физиологической цены».

Сравнительный анализ показал, что ГВД в сочетании с физическими упражнениями оказывают также влияние на ЧД и задержку дыхания (з/д) у испытуемых второй группы (рис. 4-5).

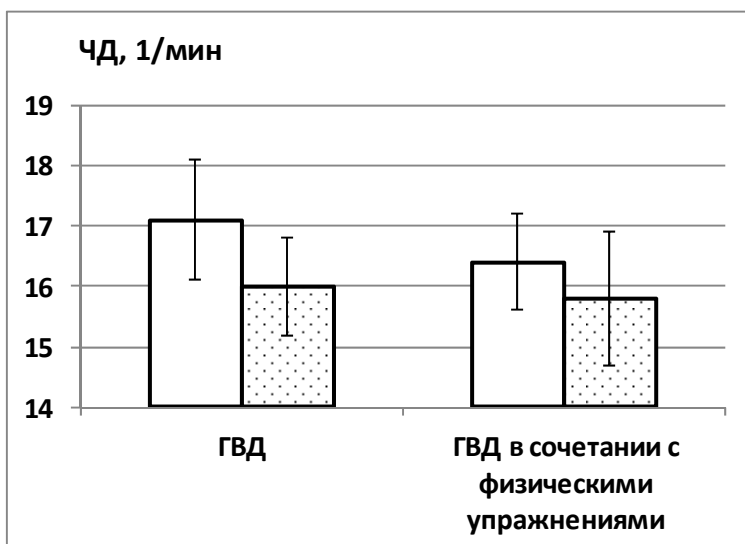


Рис. 4. Средние значения частоты дыхания (ЧД, 1/мин) в исходном состоянии до (белые столбики) и после (узорчатые столбики) обучения ГВД и обучения ГВД в сочетании с физическими упражнениями

Видно, что, как после обучения ГВД, так и после обучения ГВД в сочетании с физической нагрузкой, отмечается тенденция к снижению ЧД, что свидетельствует об ее физиологической эффективности.

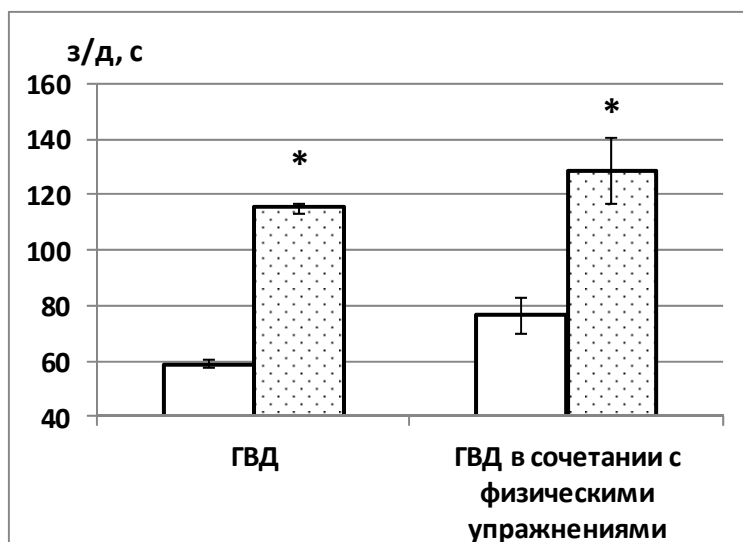


Рис 5. Средние значения задержек дыхания на вдохе (з/д, с) в исходном состоянии до (белые столбики) и после (узорчатые столбики) обучения ГВД и обучения ГВД в сочетании с физическими упражнениями. Обозначения: \* –  $p < 0,05$  – уровень статистической значимости показателя

Видно, что как после обучения ГВД, так и после обучения ГВД в сочетании с физической нагрузкой отмечается достоверное увеличение длительности задержек дыхания, причем в первом случае сдвиг составил 94,9%, а во втором – 67,7%.

Кроме того, в табл. 1 представлены средние значения физиологических показателей в исходных состояниях до и после обучения ГВД и ГВД в сочетании с физическими упражнениями, а также относительные сдвиги этих показателей в процентах по отношению к состоянию до обучения методике.

**Средние значения физиологических показателей в исходных состояниях до и после обучения методике ГВД и ГВД в сочетании с физической нагрузкой, а также относительные сдвиги этих показателей в процентах**

Методика	ГВД			ГВД в сочетании с физическими упражнениями		
	До обучения методике	После обучения методике	Сдвиг, %	До обучения методике	После обучения методике	Сдвиг, %
ЧСС, уд/мин	87,6±3,2	84,9±2,9	-3,1	84,0±4,1	82,7±3,7	-1,5
МОК, л/мин	5,5±0,2	5,8±0,2	5,4	5,5±0,1	5,9±0,1*	7,2
ЖЕЛ, л	4,2±0,3	4,2±0,2	0	4,3±0,2	4,8±0,2*	11,6
МОД, л/мин	8,5±0,8	8,1±0,6	-4,7	8,4±0,4	9,1±0,8	8,3
Sam, баллы	4,6±0,16	4,3±0,17	-0,7	4,5±0,2	4,5±0,2	0

Видно, что после обучения методике ГВД у испытуемых первой группы отмечено достоверное повышение длительности задержек дыхания (з/д,  $p < 0,05$ ), тенденция к повышению МОК, но и тенденция к снижению ЧД и МОД на фоне сохранения ЖЕЛ. Все это свидетельствует в пользу повышения гипоксической устойчивости испытуемых, активации кровообращения и «экономизации» дыхания под воздействием ГВД.

После обучения методике ГВД в сочетании с физическими упражнениями достоверно повышался МОК ( $p < 0,05$ ), ЖЕЛ ( $p < 0,05$ ), а также длительность задержек дыхания на вдохе (з/д,  $p < 0,05$ ). Повышение ЖЕЛ и тенденция к росту МОД свидетельствует об компенсаторном увеличении легочной вентиляции у испытуемых второй группы.

Проведен сравнительный анализ сдвигов показателей в процентах (%) у лиц наблюдаемых групп. Так, из рисунков и таблицы следует, что после обучения ГВД отмечено повышение времени работы до отказа (сдвиг = 55,9%) на фоне практически неизменной «физиологической цены», урежение ЧД (-6,4%) и снижение МОД (-4,7%) на фоне неизменной ЖЕЛ, повышение МОК (5,4%), повышение длительности задержки дыхания (94,9%). Следовательно, *методика ГВД эффективна в плане повышения физической работоспособности испытуемых, активации кровообращения и «экономизации» дыхания. Гипоксическая устойчивость испытуемых выражено повышается.*

После обучения ГВД в сочетании с физическими упражнениями повышение времени работы до отказа более выражено – (86,1%), однако это происходит на фоне роста «физиологической цены» (35,4%). Отмечено урежение ЧД (-3,6%) на фоне роста ЖЕЛ (11,6%), повышения МОД (8,3%), что свидетельствует о росте легочной вентиляции. Активируется функция кровообращения, что выражается в повышении МОК (7,2%), повышается длительность задержек дыхания (67,7%), что говорит о повышении гипоксической устойчивости у испытуемых второй группы.

Таким образом, как в первой, так и во второй группе испытуемых было выявлено, что после обучения гиповентиляционному дыханию формируются новые вентиляторно-газообменные взаимоотношения у наблюдаемых лиц, выразившиеся в создании нового стереотипа дыхания и изменении газового состава альвеолярного воздуха и артериальной крови. Однако у испытуемых второй группы, прошедших курс сочетанной специальной гиповентиляционной тренировки интеграция двигательных и вегетативных функций стала более эффективной и экономичной, об этом свидетельствуют показатели гипоксической пробы и более длительное время выполнения работы до отказа.

**Заключение.** Полученные экспериментальные данные использования физических нагрузок в процессе гиповентиляционного дыхания при дополнительном исследовании морфофункционального состояния локомоторного аппарата может стать научно-обоснованной медико-биологической технологией, повышающей эффективность тренировочной и соревновательной деятельности высококвалифицированных спортсменов.

### Литература

1. Карпман В.Л., Любина Б.Г. Динамика кровообращения у спортсменов. М.: Физкультура и спорт, 1982. 135 с.
2. Рыжиков Г.В., Классина С.Я. Пространственно-временная структура "кванта" производственной деятельности контролера и его физиологическое обеспечение // Физиология человека. 1984. Т. 10, №1. С. 144–152.

3. Солопов И.Н. Воздействие на эффективность вентиляции и газовый гомеостаз посредством произвольного управления дыханием при мышечной работе Системные механизмы и управление специальной работоспособностью спортсменов. Волгоград, 1984. С. 126–138.
4. Фудин Н.А. Физиологическая целесообразность произвольной регуляции дыхания у спортсменов // Теория и практика физической культуры. 1983. №2. С. 21–22.
5. Фудин Н.А. Газовый гомеостазис (произвольное формирование нового стереотипа дыхания) / Под общ. ред. Судакова К.В. Тула: «Тулский полиграфист», 2004. 216 с.
6. Фудин Н.А., Классина С.Я., Вагин Ю.Е. Гиповентиляционное дыхание как средство повышения физической работоспособности человека при физической работе до отказа // Теория и практика физической культуры. 2016. №12. С. 55–57.
7. Фудин Н.А., Классина С.Я., Пигарева С.Н., Вагин Ю.Е. Сравнительный анализ эффектов влияния гиповентиляционного дыхания на физическую работоспособность и кардиореспираторные показатели человека при различных по интенсивности физических нагрузках // Теория и практика физической культуры. 2017. №8. С. 31–33.
8. Хадарцев А.А., Леонов Б.И., Гонтарев С.Н., Борисова О.Н., Вeneвцева Ю.Л., Агасаров Л.Г., Истомина И.С., Каменев Л.И., Варфоломеев М.А., Егiazарова И.П., Лысый В.М., Федоров С.Ю., Хижняк Л.Н., Щербаков Д.В., Коржук Н.Л., Хадарцев В.А. Восстановительная медицина: Монография / Под ред. А.А. Хадарцева, С.Н. Гонтарева, Л.Г. Агасарова. Тула: Изд-во ТулГУ – Белгород: ЗАО «Белгородская областная типография», 2011. Т. IV. 204 с.
9. Хадарцев А.А., Фудин Н.А., Смоленский А.В. Настоящее и будущее инновационных медико-биологических технологий в спорте (краткий обзор материалов работ медицинского института ТулГУ) // Терапевт. 2014. №12. С. 48–50.
10. Хадарцев А.А., Фудин Н.А., Цкипури Ю.И., Гуменюк В.А., Тараканов О.П., Классина С.Я., Батова Н.Я. Адаптивные перестройки вегетативных функций у ликвидаторов аварии на ЧАЭС в процессе реабилитационных процедур // Физиология человека. 1995. Т. 21, №6. С. 144.

#### References

1. Karpman VL, Lyubina BG. Dinamika krovoobrashcheniya u sportsmenov [the Dynamics of blood circulation in athletes]. Moscow: Fizkul'tura i sport; 1982. Russian.
2. Ryzhikov GV, Klassina SYA. Prostranstvenno-vremennaya struktura "kvanta" proizvodstvennoj deyatel'nosti kontrolera i ego fiziologicheskoe obespechenie [Spatio-temporal structure of the "quantum" of the production activity of the controller and its physiological support]. Fiziologiya cheloveka. 1984;10(1):144-52. Russian.
3. Solopov IN. Vozdejstvie na ehffektivnost' ventilyacii i gazovyj gomeostaz posredstvom proizvol'nogo upravleniya dyhaniem pri myshechnoj raboteyu Sistemnye mekhanizmy i upravlenie special'noj rabotosposobnost'yu sportsmenov [Impact on ventilation efficiency and gas homeostasis by means of voluntary control of breathing during muscular work System mechanisms and management of special working capacity of sportsmen]. Volgograd; 1984. Russian.
4. Fudin NA. Fiziologicheskaya celesoobraznost' proizvol'noj regulyacii dyhaniya u sportsmenov [Physiological expediency of arbitrary regulation of breathing in sports shifts]. Teoriya i praktika fizicheskoy kul'tury. 1983. №2. S. 21–22. Russian.
5. Fudin NA. Gazovyj gomeostazis (proizvol'noe formirovanie novogo stereotipa dyhaniya). Pod obshch [Gas homeostasis (an arbitrary formation of a new stereotype dy-Chania)]. red. Sudakova KV. Tula: «Tul'skij poligrafist»; 2004. Russian.
6. Fudin NA, Klassina SYA, Vagin YUE. Gipoventilyacionnoe dyhanie kak sredstvo povysheniya fizicheskoy rabotosposobnosti cheloveka pri fizicheskoy rabote do otkaza [Hypoventilation breathing as a means of improving the physical performance of a person during physical work to failure]. Teoriya i praktika fizicheskoy kul'tury. 2016;12:55-7. Russian.
7. Fudin NA, Klassina SYA, Pigareva SN, Vagin YUE. Sravnitel'nyj analiz ehffektov vliyaniya gipoventilyacionnogo dyhaniya na fizicheskuyu rabotosposobnost' i kardiorespiratornye pokazateli cheloveka pri razlichnyh po intensivnosti fizicheskikh nagruzkah [Comparative analysis of the effects of hypoventilation breathing on physical performance and cardiorespiratory human performance at different intensity of physical activity]. Teoriya i praktika fizicheskoy kul'tury. 2017;8:31-3. Russian.
8. Hadarcev AA, Leonov BI, Gontarev SN, Borisova ON, Venevceva YUL, Agasarov LG, Istomina IS, Kamenev LI, Varfolomeev MA, Egiazarova IP, Lysyj VM, Fedorov SYU, Hizhnyak LN, SHCHerbakov DV, Korzhuk NL, Hadarcev VA. Vosstanovitel'naya medicina: Monografiya [Regenerative medicine: Monograph]. Pod red. AA. Hadarceva, SN. Gontareva, LG. Agasarova. Tula: Izd-vo TulGU – Belgorod: ЗАО «Belgorodskaya oblastnaya tipografiya»; 2011. Russian.

9. Hadarcev AA, Fudin NA, Smolenskij AV. Nastoyashchee i budushchee innovacionnyh mediko-biologicheskikh tekhnologij v sporte (kratkij obzor materialov rabot medicinskogo instituta TulGu) [Present and future of innovative biomedical technologies in sports (a brief overview of the materials of the work of the medical Institute of Tula state University)]. *Terapevt.* 2014;12:48-50. Russian.

10. Hadarcev AA, Fudin NA, Skipuri YUI, Gumenyuk VA, Tarakanov OP, Klassina SYA, Batova NYA. Adaptivnye perestrojki vegetativnyh funkcij u likvidatorov avarii na CHAEHS v processe reabilitacionnyh procedur [Adaptive changes of autonomic functions in liquidators of the Chernobyl accident in the process of rehabilitation procedures]. *Fiziologiya cheloveka.* 1995;21(6):144. Russian.

---

**Библиографическая ссылка:**

Фудин Н.А., Классина С.Я. Сравнительный анализ эффективности гиповентиляционного дыхания и его модификации в сочетании с физическими упражнениями // Вестник новых медицинских технологий. Электронное издание. 2018. №5. Публикация 3-6. URL: <http://www.medtsu.tula.ru/VNMT/Bulletin/E2018-5/3-6.pdf> (дата обращения: 21.09.2018). \*

\* номера страниц смотреть после выхода полной версии журнала: URL: <http://medtsu.tula.ru/VNMT/Bulletin/E2018-5/e2018-5.pdf>