

# ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ГИПОВЕНТИЛЯЦИОННОГО ДЫХАНИЯ В СОЧЕТАНИИ С ФИЗИЧЕСКИМИ УПРАЖНЕНИЯМИ

Н.А. Фудин, С.Я. Классина

ФГБУ НИИ нормальной физиологии им. П.К. Анохина, Москва.

Для связи с авторами: E-mail: klassina@mail.ru

## Аннотация

**Цель** – изучить физиологические особенности гиповентиляционного дыхания в сочетании с физическими упражнениями.

**Материалы и методы.** 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 гиповентиляционному дыханию все испытуемые принимали участие в 2 однотипных обследованиях, где им было предложено выполнить нагрузочное тестирование в работе до отказа на велоэргометре (мощность 160 Вт). Состояние испытуемых исследовали в покое и при нагрузочном тестировании. Регистрировали ЭКГ, пневмограмму и объемные показатели внешнего дыхания. Измеряли уровень насыщения артериальной крови кислородом.

**Результаты.** Показано, что и гиповентиляционное дыхание, и гиповентиляционное дыхание в сочетании с физическими упражнениями показали себя как методики воздействия с высокой физиологической эффективностью. Методика гиповентиляционного дыхания была более эффективна в плане формирования гипоксической устойчивости. Она не только повышает физическую работоспособность испытуемых на фоне тенденции к увеличению «физиологической цены», но и способствует активации кровообращения и «экономизации» дыхания. Методика гиповентиляционного дыхания в сочетании с физическими упражнениями оказалась более мощной в плане повышения физической работоспособности испытуемых, однако это потребовало от них увеличения «физиологической цены». Она также эффективна в плане интенсификации кровообращения, но дыхание при этом становится неэкономным – повышается жизненная емкость легких и легочная вентиляция.

**Заключение.** Обучение гиповентиляционному дыханию в сочетании с физическими упражнениями способствовало более выраженному повышению физической работоспособности у испытуемых, а при дополнительном исследовании морфофункционального состояния локомоторного аппарата она может стать научно обоснованной медико-биологической технологией, повышающей эффективность тренировочной и соревновательной деятельности у высококвалифицированных спортсменов.

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

## PHYSIOLOGICAL FEATURES OF HYPOVENTILATION RESPIRATION IN COMBINATION WITH PHYSICAL EXERCISES

N.A. Fudin, S.Ya. Klassina

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

### Abstract

**The aim** is to study the physiological characteristics of hypoventilation respiration in combination with physical exercises.

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

**Results.** It has been shown that both hypoventilation respiration and hypoventilation respiration in combination with physical exercises turned to be impact techniques of high physiological efficiency. The method of hypoventilation respiration was more effective in terms of development of hypoxic resistance. It both refines physical performance of test subjects considering the tendency to increase the "physiological cost" and promotes activation of blood circulation and the "economization" of respiration. The method of hypoventilation respiration in combination with physical exercises turned to be more potent in terms of enhancement of physical performance of test subjects, but it made them increase the "physiological cost". It is also effective in terms of intensifying blood circulation, but the respiration becomes uneconomic - the vital capacity of lungs and pulmonary ventilation increase in this case.

**Conclusion.** Hypoventilation respiration trainings in combination with physical exercises contributed to evident increase in physical workability of test subjects, and with additional study of the morphofunctional state of a locomotor apparatus, it can become an evidence-based medical and biological technology capable to increase the effectiveness of training and competitive activity of highly qualified athletes.

**Keywords:** sports, physical efforts up to the breaking point, hypoventilation training combined with physical exercises.

**ВВЕДЕНИЕ**

В ряду современных медико-биологических проблем в спорте особое место отводится технологиям, адресованным функциональной системе дыхания и газообмена. К такого рода технологиям относят гиповентиляционную тренировку дыхания [1]. Выявлены физиологические эффекты влияния гиповентиляционного дыхания (ГВД) на физическую работоспособность и функциональное состояние человека в процессе выполнения им интенсивной физической работы до отказа [2,3]. Проведены аналогичные исследования по изучению особенностей произвольно-гиповентиляционного дыхания в сочетании с физическими упражнениями. Целью исследования является сравнительный анализ физиологических особенностей воздействия ГВД без и в сочетании с физическими упражнениями на физическую работоспособность и функциональное состояние человека.

**МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ**

В обследовании приняли участие 26 лиц мужского пола в возрасте 18-20 лет, регу-

лярно 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 проходило 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 (рисунок 1).

До и после обучения гиповентиляционному дыханию испытуемые принимали участие в 2 однотипных обследованиях, где им было предложено выполнить нагрузочное тестирование в работе до отказа на велоэргометре (мощность нагрузки – 160 Вт). Скорость вращения педалей была постоянной и составляла 1об/с (прибор «SIGMA – bc-509», датчик которого крепился к педали велоэргометра). Первое обследование проводилось до обучения ГВД, второе – после обучения. В процессе обследований испытуемые пребывали в следующих состояниях: «исходный фон»



Рисунок 1 – Схема обучения испытуемых второй группе методике ГВД в сочетании с физическими упражнениями

(2,5 мин), «разминка-60 Вт» (2 мин), «тестовая физическая нагрузка 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 отражала его физическую работоспособность.

Для нагрузочного тестирования был использован велоэргометр «Sports Art 5005», а само тестирование велось под контролем электрокардиографии (ЭКГ) и пневмографии (компьютерный электрокардиограф «Полн-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). В момент отказа от тестовой физической нагрузки измеряли время работы до отказа (Т-отк, с), расчетным путем оценивали «физиологическую цену» ( $\rho$ , %) этой работы [4]. 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) [5]. Кроме того, в исходном состоянии и после восстановления у испытуемых измеряли задержки дыхания на вдохе (з/д, с).

Статистическую обработку полученных данных проводили с использованием непараметрических критериев.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В таблице 1 представлены средние значения временной длительности физической работы до отказа и «физиологической цены» этой работы у испытуемых первой (обучение ГВД) и второй (обучение ГВД в сочетании с физическими упражнениями) групп.

Из таблицы 1 видно, что если после обучения ГВД отмечается лишь тенденция к достоверному повышению Т-отк ( $p < 0,05$ ) на фоне практически неизменной «физиологической цены», то после обучения ГВД в сочетании с физическими упражнениями временная длительность работы до отказа (Т-отк) достоверно повышалась почти вдвое ( $p < 0,05$ ) на фоне достоверного повышения «физиологической цены» ( $p < 0,05$ ). Отсюда следует, что ГВД в сочетании с физическими упражнениями оказало более мощное физиологическое воздействие на физическую работоспособность испытуемых, однако это потребовало от них увеличения «фи-

**Таблица 1 – Средние значения временной длительности физической работы до отказа (Тотк,с) и «физиологической цены» ( $\rho$ , %) у испытуемых первой (обучение ГВД) и второй (обучение ГВД в сочетании с физическими упражнениями) групп, а также относительные сдвиги этих показателей в процентах (сдвиг,%)**

Методика	ГВД (первая группа испытуемых)			ГВД в сочетании с физическими упражнениями (вторая группа испытуемых)		
	До обучения методике	После обучения методике	Сдвиг, %	До обучения методике	После обучения методике	Сдвиг, %
Т отк,с	113,8±17,1	177,5±32 *	55,9	165,1±25,6	307,3±62 *	86,1
$\rho$ , %	133,1±10,2	134,1±9,6	0,7	118,9±8,0	161,1±21,6 *	35,4

**Таблица 2 – 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 (первая группа испытуемых)			ГВД в сочетании с физическими упражнениями (вторая группа испытуемых)		
	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
ЧД, 1/мин	17,1±1,0	16,0±0,8	-6,4	16,4±0,8	15,8±1,1	-3,6
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
з/д,с	59±0,4	115±0,6 *	94,9	76,5±6,5	128,3±11,9 *	67,7

физиологической цены» выполненной работы. Любая гиповентиляционная тренировка, построенная на урежении и задержках дыхания, направлена на формирование нового стереотипа дыхания и повышение гипоксической устойчивости испытуемых. В таблице 2 представлены средние значения физиологических показателей в исходных состояниях до и после обучения методике ГВД и ГВД в сочетании с физической нагрузкой у испытуемых первой и второй групп. Сравнение одноименных показателей в исходном фоне до и после обучения ГВД (или ГВД в сочетании с физическими упражнениями) позволяет судить о влиянии той или иной методики на функциональное состояние обследуемых.

Из таблицы 2 видно, что после обучения ГВД и после обучения ГВД в сочетании с физической нагрузкой отмечается тенденция к снижению ЧД, что свидетельствует о высокой физиологической эффективности приведенных методик. Кроме того, 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%. Последнее позволяет заключить, что методика ГВД более эффективна в плане формирования гипоксической устойчивости.

Так, после обучения методике ГВД у испытуемых первой группы отмечено достоверное повышение длительности задержек дыхания ( $z/\Delta$ ,  $p < 0,05$ ), 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 ( $z/\Delta$ ,  $p < 0,05$ ). Повышение ЖЕЛ и тенденция к росту МОД свидетельствуют о компенсаторном увеличении легочной вентиляции у испытуемых второй группы.

**Сравнительный анализ сдвигов показателей** в процентах (%) у лиц наблюдаемых групп дает более точную картину физиологических особенностей влияния ГВД и ГВД в сочетании с физическими упражнениями на функциональное состояние испытуемых. Так, из таблиц следует, что **после обучения ГВД** отмечается повышение времени работы до отказа (Готк, сдвиг = 55,9%) на фоне практически неизменной «физиологической цены» ( $Q$ ), урежение ЧД (сдвиг = - 6,4%) и снижение МОД (сдвиг = - 4,7%) на фоне неизменной ЖЕЛ, повышение МОК (сдвиг = 5,4%), а также повышение длительности задержки дыхания (сдвиг = 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** отмечено более выраженное повышение времени работы до отказа (Готк, сдвиг = 86,1%), однако это происходит на фоне роста «физиологической цены» ( $Q$ , сдвиг = 35,4%). Отмечено урежение ЧД (сдвиг = - 3,6%) на фоне роста ЖЕЛ (сдвиг = 11,6%) и повышения МОД (сдвиг = 8,3 %), что свидетельствует о росте легочной вентиляции. Активируется функция кровообращения, что выражается в повышении МОК (сдвиг = 7,2%), повышается длительность задержек дыхания (сдвиг = 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, о чем свидетельствует более длительное время выполнения физической работы до отказа.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Использование физических упражнений в процессе обучения гиповентиляционному дыханию показало, что методика эффективна в

плане повышения физической работоспособности, а при дополнительном исследовании морфофункционального состояния локомоторного аппарата может стать научно обоснованной медико-биологической технологией, повышающей эффективность тренировочной и соревновательной деятельности высококвалифицированных спортсменов.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Фудин, Н.А. Газовый гомеостазис (произвольное формирование нового стереотипа дыхания) / Под общей редакцией К. В. Судакова. – Тула : «Тульский полиграфист», 2004. – 216 с
2. Солопов, И. Н. Физиологические эффекты методов направленного воздействия на дыхательную функцию человека / И. Н. Солопов. – Волгоград : ВГАФК, 2004. – 220 с.
3. Фудин, Н.А. Гиповентиляционное дыхание как средство повышения физической работоспособности человека при физической работе до отказа / Н. А.

- Фудин, С. Я. Классина, Ю. Е. Вагин // Теория и практика физической культуры. – 2016. – № 12. – С. 55-57.
4. Классина, С. Я. Физиологическая модель социального взаимодействия тренер-спортсмен в процессе тренировки на велоэргометре / С. Я. Классина // Вестник новых медицинских технологий – 2014. – Т21, № 3. – С. 122-126.
  5. Карпман, В. Л. Кардиогемодинамика и физическая работоспособность у спортсменов / В. Л. Карпман, Э. Б. Белоцерковский, И. А. Гудков, С. В. Хрушев, Ю. А. Борисова, Б. Г. Любина, Р. А. Меркулова. – М. : Советский спорт, 2012. – 189 с.

## LIST OF REFERENCES

1. Fudin, N. A. Gas homeostasis (voluntary development of a new respiration stereotype) / Edited by K. V. Suda-kov). – Tula : «Tulskiy poligrafist», 2004. – 216 p.
2. Solopov, I. N. Physiological effects of methods of targeted effect on human respiratory function / I. N. Solopov. – Volgograd : VGAFK, 2004. – 220 p.
3. Fudin, N. A. Hypoventilation respiration as a means of increasing human physical performance in physical exercises up to the breaking point / N. A. Fudin, S. Ya.

- Klassina, Yu. E. Vagin // Theory and Practice of Physical Culture. – 2016. – N 12. – P. 55-57.
4. Klassina, S. Ya. Physiological model of social coach-athlete interaction in the process of training on a velo ergometer / S. Ya. Klassina // Bulletin of new medical technologies – 2014. – V21, N3. – P. 122-126.
  5. Carpman, V. L. Cardiohemodynamics and physical performance of athletes / V. L. Carpman, Z. B. Belotserkovskiy, I. A. Gudkov, C. V. Khrushchev, Yu. A. Borisova, B. G. Lyubina, R. A. Merkulova. – M : Soviet Sport, 2012. – 189 p.