



**ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ЛЕГОЧНОЙ ВЕНТИЛЯЦИИ  
У ВЫСОКОТРЕНИРОВАННЫХ СПОРТСМЕНОВ РАЗЛИЧНОЙ СПЕЦИАЛИЗАЦИИ  
(случай из практики)**

Н.А. ФУДИН, С.С. ПЕРЦОВ, И.В. АЛЕКСЕЕВА, А.Ю. АБРАМОВА

*НИИ нормальной физиологии имени П.К. Анохина ФГБНУ  
«ФИЦ оригинальных и перспективных биомедицинских и фармацевтических технологий»,  
ул. Балтийская, д. 8, г. Москва, 125315, Россия, e-mail: alekseeva\_iv@academpharm.ru*

**Аннотация.** В работе изучены особенности внешнего дыхания и газообмена у высококвалифицированных спортсменов различной спортивной специализации. **Цель исследования** – выявить индивидуальные изменения в структуре дыхательного акта и функциональных показателях у наблюдаемых спортсменов. **Материалы и методы исследования.** Обследованы высококвалифицированные спортсмены в возрасте 23-25 лет в следующих видах спорта: тяжелая атлетика, плавание, лыжные гонки. **Результаты и их обсуждение.** В ходе исследования выявлены физиологическая разность и специфические особенности в структуре внешнего дыхания и газообмена у спортсменов разной спортивной специализации. **Заключение.** На фоне более редкого и экономно-эффективного дыхания с паузой на выдохе спортивная специализация у высококвалифицированных спортсменов обеспечивается формированием у них собственных компенсаторно-приспособительных механизмов в саморегуляции функциональной системы дыхания и газообмена. При этом реализуются принципиально новые, более экономичные и более эффективные взаимоотношения, обеспечивающие тренировочную и соревновательную деятельность в спорте высших достижений.

**Ключевые слова:** газообмен, спорт высших достижений, функциональная система дыхания.

**PHYSIOLOGICAL FEATURES OF PULMONARY VENTILATION  
IN HIGHLY TRAINED ATHLETES OF DIFFERENT SPECIALISATIONS  
(case study)**

N.A. FUDIN, S.S. PERTSOV, I.V. ALEKSEEVA, A.Yu. ABRAMOVA

*P.K. Anokhin Research Institute of Normal Physiology, Federal State Budgetary Scientific Institution "Federal Research Center for Original and Prospective Biomedical and Pharmaceutical Technologies," 8 Baltiyskaya Street, Moscow, 125315, Russia, e-mail: alekseeva\_iv@academpharm.ru*

**Abstract.** This paper examines the peculiarities of external respiration and gas exchange in highly trained athletes from different sports specialisations. **The purpose of the study** is to identify individual changes in respiratory structure and functional indices among the observed athletes. **Materials and methods.** The study involved highly trained athletes aged 23-25 years from the following sports: weightlifting, swimming, and cross-country skiing. **Results and their discussion.** The study has revealed physiological differences and distinctive features in the structure of external respiration and gas exchange in athletes of varying sports specialisations. **Conclusion.** In highly trained athletes, sports specialisation is supported by the development of compensatory-adaptive mechanisms in the self-regulation of the respiratory and gas exchange systems. These athletes exhibit less frequent, more economical breathing patterns, including a pause on exhalation. This results in the formation of new, more efficient relationships that optimise both training and competitive performance in high-performance sports.

**Key words:** gas exchange, high-performance sport, functional respiratory system.

**Введение.** В настоящее время научно доказано, что в основе спортивной специализации в спорте высших достижений, помимо анатомических, лежат индивидуальные генетически детерминированные морфофункциональные показатели мышечных структур (соотношение быстрых и медленных мышечных волокон), которые определяют эффективное совершенствование в избранном виде спорта у высококвалифицированных спортсменов.

Гистохимические и микроскопические экспериментальные исследования мышечных структур в лаборатории функциональной морфологии, проведенные под руководством профессора Ю.П. Сергеева [6], выявили ряд физиологических закономерностей, обеспечивающих высокий уровень адаптации к физическим нагрузкам в спорте высших достижений. В дальнейшем обширные исследования и полученные результаты морфологов нашли подтверждение в повседневной спортивной практике. Работы специали-

стов по спортивной медицине и физиологии на большом практическом материале подтвердили, что морфофункционально адаптированные спортсмены к определенному виду спортивной деятельности достигают более высоких спортивных результатов на более экономном и эффективном физиологическом уровне.

**Цель исследования** – выявить индивидуальные изменения в структуре дыхательного акта и функциональных показателей у наблюдаемых спортсменов.

**Материалы и методы исследования.** Наблюдения выполнены на высокотренированных спортсменах в возрасте 23-25 лет, специализировавшихся в тяжелой атлетике, плавании и лыжных гонках. Протокол исследования одобрен комитетом по биомедицинской этике ФГБНУ «НИИ нормальной физиологии имени П.К. Анохина»; работа проведена в соответствии с рекомендациями Хельсинкской декларации Всемирной медицинской ассоциации [15].

Тренировочный процесс и соревновательная деятельность в спорте высших достижений всегда сопровождаются значительным увеличением легочной вентиляции, что физиологически необходимо для повышения интенсивности метаболических процессов в организме спортсмена, обеспечивающих спортивную работоспособность. Ни при каких других состояниях функциональная система дыхания и метаболические процессы не проявляются в такой мере, как при интенсивной мышечной работе. Эти изменения касаются не только функциональной системы внешнего дыхания, но и анатомических и метаболических параметров организма, формирующихся под влиянием многолетних тренировочных и соревновательных нагрузок. Указанные изменения достаточно широко описаны специалистами, работающими в области спортивной медицины [1-5, 7, 8, 14]. Наши собственные индивидуальные спирографические исследования функциональной системы дыхания у высокотренированных спортсменов (мастера спорта) различной спортивной специализации (штангист, пловец, лыжник-гонщик) позволили выявить физиологическую разность и специфические особенности в структуре внешнего дыхания и газообмена для данного вида спортивной деятельности [9-11].

Обследования проводилось в условиях, необходимых для изучения основного обмена, с использованием графического спирографа марки СГ-1М, с помощью которого на бумажном носителе фиксировалась структура внешнего дыхания и газообмена.

*Таблица 1*

**Показатели функции внешнего дыхания и газообмена у высокотренированных спортсменов различной специализации**

Специальность Показатели	Тяжелая атлетика	Плавание	Лыжные гонки
ЧД в мин	13	10	13
МОД л/мин / % от нормы	5,8 / 107	4,5 / 80	5,2 / 104
$pO_2$ мл / % от нормы	180 / 82	260 / 104	28 / 140
КИО <sub>2</sub> / % от нормы	31 / 70	61 / 151	53 / 132

*Примечание:* ЧД – частота дыхания; МОД – минутный объем дыхания;  $pO_2$  – парциальное давление потребляемого кислорода; КИО<sub>2</sub> – коэффициент использования кислорода.

Обращает на себя внимание тот факт, что у всех высокотренированных спортсменов, несмотря на разную спортивную специализацию, была снижена частота дыхания (ЧД), но при этом отмечались различия в показателях минутного объема дыхания (МОД), парциального потребления кислорода ( $pO_2$ ) и особенно в коэффициенте использования кислорода (КИО<sub>2</sub>). Спирографические исследования наглядно выявили экономную структуру дыхательного акта с небольшой паузой после нормального выдоха.

Низкие показатели ЧД у тяжелоатлета физиологически сформировались в связи со спецификой выполняемых спортивных упражнений. Результативная деятельность спортсмена-тяжелоатлета обеспечивается выполнением скоростно-силовых упражнений (жим, толчок и рывок) на фоне максимальной задержки дыхания. Не вызывает сомнения тот факт, что многократно повторяемые во время тренировок и соревнований на фоне вентиляторно-двигательной гипоксии указанные упражнения формируют низкие показатели ЧД (13 в мин). При этом была выявлена физиологическая норма в показателях МОД (5,8 л/мин, 107% к дол.),  $pO_2$  (180 мл, 82% к дол.) и КИО<sub>2</sub> (31 мл, 70% к дол.). Несомненно, что существует отличие морфофункционального физиологического обеспечения спортсмена-тяжелоатлета от пловца и лыжника-гонщика.

Анализируя функциональную систему дыхания высокотренированного пловца, были выявлены совершенно другие отношения в изучаемых физиологических показателях функциональной системы дыхания. Отмечалась более низкая ЧД (10 в мин) и МОД (4,5 л/мин, 80% к дол.) на фоне физиологической нормы  $pO_2$  (260 мл, 104% к дол.) и особенно высокие показатели КИО<sub>2</sub> (61 мл, 151% к дол.).

Такая динамика эффективных показателей функциональной системы дыхания и газообмена при физической работе высокой интенсивности на фоне вентиляторной гипоксии является взаимодействующим физиологическим звеном единого процесса повышения экономичности и эффективности указанной функциональной системы дыхания и газообмена в организме спортсмена. Полученные результаты функциональных исследований и их высокая эффективность несомненно связаны с тем, что в процессе тренировочной и соревновательной деятельности пловец на определенных отрезках дистанции выполняет гребковые движения на фоне максимальной задержки дыхания, с опущенной в воду головой. При этом не вызывает сомнения тот факт, что сочетанные воздействия двигательной и вентиляторной гипоксии лежат в основе физиологического формирования экономичности и эффективности функциональной системы дыхания, повышающей спортивную работоспособность высокотренированного пловца.

Обследования высокотренированного лыжника-гонщика показали другие физиологические взаимоотношения в функциональной системе дыхания и газообмена. Длительная циклическая работа большого объема и высокой интенсивности, выполняемая в лыжных гонках, на фоне нарастающей двигательной и вентиляторной гипоксии, сформировала низкие показатели ЧД (13 в мин), физиологическую норму МОД (280 мл, 104% к дол.), высокий уровень  $pO_2$  (280 мл, 140% к дол.) и КИО<sub>2</sub> (53 мл, 132% к дол.). По-видимому, морфофункциональные особенности спортсмена, выполняющего объемную и интенсивную работу на протяжении длительного времени, формируют физиологически оправданные взаимоотношения в функциональной системе дыхания и газообмена [12,13].

**Заключение.** Таким образом, мы установили, что на фоне более редкого и экономно-эффективного дыхания с паузой на выдохе, спортивная специализация у высокотренированных спортсменов обеспечивается созданием у наблюдаемых спортсменов собственных компенсаторно-приспособительных механизмов в саморегуляции функциональной системы дыхания и газообмена. При этом формируются принципиально новые, более экономичные и более эффективные взаимоотношения, обеспечивающие тренировочную и соревновательную деятельность в спорте высших достижений на более высоком физиологическом уровне.

Выявленный в результате наших исследований экономный стереотип внешнего дыхания у наблюдаемых высокотренированных спортсменов различной специализации, состоящий из паузы после нормального выдоха, свидетельствует о доминирующем физиологическом влиянии вентиляторно-двигательного гипоксического стимула, формирующим указанные показатели.

В дальнейшем наблюдаемые физиологические изменения в показателях функциональной системы дыхания под воздействием сочетанной гипоксии могут быть взяты за основу в построении методических приемов и подходов при научном обосновании гиповентиляционных тренировок в спорте высших достижений.

## Литература

1. Агаджанян Н.А., Гневушев В.В., Катков А.Ю. Адаптация к гипоксии и биоэкономика внешнего дыхания. М.: Изд-во Ун-та дружбы народов, 1987, 185 с.
2. Бреслав И.С., Волков Н. И., Тамбовцева Р.В. Дыхание и мышечная активность человека в спорте: Руководство для изучающих физиологию человека. М.: Советский спорт, 2013, 336 с.
3. Гандельсман А.Б. Двигательная гипоксия. Киев, 1966. С.241-253.
4. Катков А.Ю. Произвольная гиповентиляция в условиях гипоксии. В кн. «Специальная и клиническая физиология гипоксических состояний». Киев, 1979. Ч. 2. С. 227–229.
5. Михайлов В.В. Дыхание спортсмена. М.: Физкультура и спорт, 1983, 103 с.
6. Сергеев Ю.П., Язвиков В.В., Иваницкая В.В., Мартиросов Э.Г., Фудин Н.А. Отдел функциональной морфологии: История, основные научные направления и разработки // Теория и практика физической культуры. 1983. № 3. С. 33-35.
7. Фарфель В.С. Управление движениями в спорте. М.: Физкультура и спорт, 1975, 208 с.
8. Фарфель В.С., Суслов Ф.П., Фудин Н.А. Влияние тренировок в среднегорье на равнинных условиях. М., 1971г. 106 с.
9. Фудин Н.А. Газовый гомеостазис (произвольное формирование нового стереотипа дыхания). Тула, 2004, 215 с.
10. Фудин Н.А., Вагин Ю.Е. Системная организация спортивной деятельности // Вестник новых медицинских технологий. Электронное издание. 2013 № 1. С.105.
11. Фудин Н.А., Хадарцев А.А., Орлов В.А. Медико-биологические технологии в физической культуре и спорте. Москва, 2018, 101 с.
12. Фудин Н.А., Классина С.Я. Сочетанные гиповентиляционные тренировки и их влияние на спортивную работоспособность // Вестник новых медицинских технологий. 2020. №3. С. 30-33. DOI: 10.24411/1609-2163-2020-16690
13. Фудин Н.А., Вагин Ю.Е., Классина С.Я. Физиологическое обоснование гиповентиляционных тренировок, повышающих физическую работоспособность // Вестник новых медицинских технологий. Электронное издание. 2022. №5. Публикация 3-1. URL: <http://www.medtsu.tula.ru/VNMT/Bulletin/E2022-5/3-1.pdf> (дата обращения 13.09.2022). DOI: 10.24412/2075-4094-2022-5-3-1. EDN PORJPO

14. Шарыкин А.С., Бадтиева В.А., Павлов В.И. Спортивная кардиология. Руководство для кардиологов, педиатров, врачей функциональной диагностики. М.: Изд-во ИКАР, 2017, 328 с.
15. World Medical Association Declaration of Helsinki: Ethical Principles for medical research involving human subjects // JAMA. 2013. Vol. 20. P. 2191–2194. DOI: 10.1001/jama.2013.281053

#### References

1. Agadzhanjan NA, Gnevushev VV, Katkov AJu. Adaptacija k gipoksii i bioekonomika vneshnego dyhanija [Adaptation to hypoxia and bioeconomics of external respiration]. M.: Izd-vo Un-ta druzhby narodov, 1987. Russian.
2. Breslav IS, Volkov N I, Tambovceva RV. Dyhanie i myshechnaja aktivnost' cheloveka v sporte: Rukovodstvo dlja izuchajushhh fiziologiju cheloveka [Respiration and human muscular activity in sports]. M.: Sovetskij sport, 2013. Russian.
3. Gandel'sman AB. Dvigatel'naja gipoksija [Motor hypoxia]. Kiev, 1966. Russian.
4. Katkov AJu. Proizvol'naja gipoventiljacija v uslovijah gipoksii. V kn. «Special'naja i kli-nicheskaia fiziologija gipoksicheskikh sostojanij» [Arbitrary hypoventilation in hypoxia conditions. In the book]. Kiev, 1979. Russian.
5. Mihajlov VV. Dyhaniesportsmena [Breath of a sportsman]. M.: Fizkul'tura i sport, 1983. Russian.
6. Sergeev JuP, Jazvikov VV, Ivanickaja VV, Martirosov JeG, Fudin NA. Otdel funkcional'noj morfologii: Istorija, osnovnye nauchnye napravlenija i razrabotki [Department of functional morphology: History, main scientific directions and developments]. Teorija i praktika fizicheskoj kul'tury. 1983;3:33-35. Russian.
7. Farfel' VS. Upravlenie dvizhenijami v sporte [Movement control in sports]. M.: Fizkul'tura i sport, 1975. Russian.
8. Farfel' VS, Suslov FP, Fudin N.A. Vlijanie trenirovok v srednegor'e na ravninnyh uslovijah [The influence of training in the Middle mountains on flat conditions]. M., 1971g. Russian.
9. Fudin NA. Gazovyy gomeostazis (proizvol'noe formirovanie novogo stereotipa dyhanija) [Gas homeostasis (arbitrary formation of a new stereotype of breathing)]. Tula, 2004, 215 s. Russian.
10. Fudin NA, Vagin JuE. Sistemnaja organizacija sportivnoj dejatel'nosti. Vestnik novyh medicinskih tehnologij. [Systemic organization of sports activities] Jelektronnoe izdanie. 2013;1:105. Russian.
11. Fudin NA, Hadarcev AA, Orlov VA. Mediko-biologicheskie tehnologii vfizicheskoj kul'ture i sporte [Biomedical technologies in physical culture and sports]. Moskva, 2018. Russian.
12. Fudin NA, Klassina SJa. Sochetannye gipoventiljacionnye trenirovki i ih vlijanie na sportivnuju rabotosposobnost [Combined hypoventilation training and their effect on athletic performance]'. Vestnik novyh medicinskih tehnologij. 2020;3:30-33. DOI: 10.24411/1609-2163-2020-16690 Russian.
13. Fudin NA, Vagin JuE, Klassina SJa. Fiziologicheskoe obosnovanie gipoventiljacionnyh trenirovok, povyshajushhh fizicheskiju rabotosposobnost [Physiological justification of hypoventilation training that increases physical performance]'. Vestnik novyh medicinskih tehnologij. Jelektronnoe izdanie. 2022. №5. Publikacija 3-1. URL: <http://www.medtsu.tula.ru/VNMT/Bulletin/E2022-5/3-1.pdf> (data obrashhenija 13.09.2022). DOI: 10.24412/2075-4094-2022-5-3-1. EDN PORJPO Russian.
14. Sharykin AC, Badtieva VA, Pavlov VI. Sportivnajakardiologija. Rukovodstvo dlja kardiologov, pediatrov, vrachej funkcional'noj diagnostiki. [Professional cardiology. Guidelines for cardiologists, pediatricians, doctors of functional diagnostics] M.: Izd-vo IKAR, 2017. Russian.
15. World Medical Association Declaration of Helsinki: Ethical Principles for medical research involving human subjects. JAMA. 2013;20:2191–2194. DOI: 10.1001/jama.2013.281053

---

#### Библиографическая ссылка:

Фудин Н.А., Перцов С.С., Алексеева И.В., Абрамова А.Ю. Физиологические особенности легочной вентиляции у высококвалифицированных спортсменов различной специализации (случай из практики) // Вестник новых медицинских технологий. Электронное издание. 2024. №5. Публикация 3-8. URL: <http://www.medtsu.tula.ru/VNMT/Bulletin/E2024-5/3-8.pdf> (дата обращения: 14.10.2024). DOI: 10.24412/2075-4094-2024-5-3-8. EDN ZRJSZW\*

#### Bibliographic reference:

Fudin NA, Pertsov SS, Alekseeva IV, Abramova AYu. Fiziologicheskie osobennosti legochnoj ventiljacji u vysokotrenirovannyh sportsmenov razlichnoj specializacii (sluchaj iz praktiki) [Physiological features of pulmonary ventilation in highly trained athletes of different specializations (case study)]. Journal of New Medical Technologies, e-edition. 2024 [cited 2024 Oct 14];5 [about 4 p.]. Russian. Available from: <http://www.medtsu.tula.ru/VNMT/Bulletin/E2024-5/3-8.pdf>. DOI: 10.24412/2075-4094-2024-5-3-8. EDN ZRJSZW

\* номера страниц смотреть после выхода полной версии журнала: URL: <http://medtsu.tula.ru/VNMT/Bulletin/E2024-5/e2024-5.pdf>

\*\*идентификатор для научных публикаций EDN (eLIBRARY Document Number) будет активен после загрузки полной версии журнала в eLIBRARY