

**ОПТИМИЗАЦИЯ ФУНКЦИИ ДЫХАНИЯ ПОСРЕДСТВОМ
ТРЕНИРОВКИ С ДОПОЛНИТЕЛЬНЫМ РЕЗИСТИВНЫМ
СОПРОТИВЛЕНИЕМ**

© Е. П. Горбанёва,¹ А. Г. Камчатников,¹ И. Н. Солопов,¹
М. О. Сегизбаева,² Н. П. Александрова²

¹Кафедра физиологии и химии Волгоградской государственной академии физической культуры, Россия, 400005, Волгоград, пр. им. Ленина, 78;

²Институт физиологии им. И. П. Павлова РАН, Россия, 199034, Санкт-Петербург, наб. Макарова, 6, e-mail: marina@infran.ru

Целью данной работы явилось изучение влияния мышечных тренировок в условиях дополнительного резистивного сопротивления дыханию на уровень физической работоспособности, аэробной производительности и функциональное состояние системы дыхания. Показано, что систематические мышечные нагрузки в сочетании с резистивным сопротивлением дыханию в режиме интервальной экспозиции обеспечивают повышение экономичности и эффективности функционирования системы дыхания, выражающееся в увеличении силы экспираторной дыхательной мускулатуры, рационализации соотношения объемно-временных параметров паттерна дыхания, что способствует более эффективному газообмену и снижению энергетической стоимости дыхательных движений и как следствие увеличению аэробной производительности, росту общей и специальной работоспособности. Установлено, что мышечные тренировки в сочетании с непрерывной экспозицией резистивного сопротивления вызывают увеличение силы инспираторной дыхательной мускулатуры, повышение функциональной мощности системы дыхания при физической нагрузке и значительный прирост общей физической работоспособности.

Ключевые слова: дыхательные мышцы, резистивное сопротивление, физическая работоспособность.

Рос. физиол. журн. им. И. М. Сеченова. Т. 97. № 1. С. 83—90. 2011

E. P. Gorbanyova,¹ A. G. Kamchatnikov,¹ A. I. Solopov,¹ M. O. Segizbaeva,² N. P. Aleksandrova.² OPTIMIZATION OF FUNCTION OF BREATH BY MEANS OF TRAINING WITH ADDITIONAL RESISTIVE RESISTANCE. ¹ Faculty of physiology and chemistry of the Volgograd state academy of physical training, Russia; 400005, Volgograd, Lenin ave., 78; ² Laboratory of Respiration Physiology, I. P. Pavlov Institute of Physiology RAS, nab. Makarova, 6, St. Petersburg.

Research on studying influence of the rate of muscular training in conditions of additional resistive resistance to breath on a level of physical working capacity, aerobic productivity and a functional condition of system of breath was performed. It is shown, that regular muscular loadings in a combination to resistive resistance to breath in a mode of an interval exposition provide an increase of profitability and efficiency of functioning of breathing system as expressed in increase of expiratory force respiratory muscles, rationalization of parity of volumetric-time parameters of breath pattern that promotes more effective gas exchange and decrease in power cost of respiratory movements and as a result leads to increase in aerobic productivity and growth of the general and special working capacity. At continuous exposition of resistive resistance against a background of muscular training, the increase of inspiratory force of respiratory muscles, increase of functional

capacity of system of breath were revealed at physical activity as well as a significant gain of the general physical working capacity.

Key words: respiratory muscles, resistive resistance, physical working capacity.

RUSSIAN JOURNAL OF PHYSIOLOGY. V. 97. N 1. P. 83—90. 2011

Поиск альтернативных подходов к тренировочным процессам, позволяющим существенно расширять диапазон адаптационных перестроек при интенсивных мышечных нагрузках, включает исследования функционального состояния дыхательной системы, производительность которой лимитирует физическую аэробную работоспособность [1, 5, 11]. Вследствие этого, оптимизация функциональной деятельности дыхательной мускулатуры, развитие силы и выносливости, повышение эффективности и экономичности ее работы представляют актуальную научную задачу для теории и практики спортивной тренировки.

Известно, что роль дыхательных мышц в ограничении физической работоспособности человека значительно возрастает при увеличении резистивного сопротивления газовым потокам в воздухоносных путях [8, 14]. Снижение максимально переносимой мышечной нагрузки у людей с различным уровнем физической подготовки в определенной мере связано с утомлением дыхательных мышц, развитие которого ускоряется при сочетании мышечной нагрузки и дыхания с добавочным сопротивлением [8, 14].

С другой стороны, показано, что использование специальной тренировки с дополнительным сопротивлением дыханию, в частности резистивным, позволяет повысить силу и выносливость дыхательных мышц, оптимизируя таким образом их функциональное состояние [13, 15]. Установлено, что дыхательные тренировки с добавочным сопротивлением в условиях мышечного покоя способствуют повышению уровня специальной выносливости, росту спортивных результатов и развитию функциональных возможностей дыхательной системы, увеличению показателей общей и специальной физической работоспособности, аэробной производительности [7, 9].

Вместе с тем, как показали исследования, наибольший эффект от применения дополнительного сопротивления дыханию наблюдается при его экспозиции совместно с мышечной работой, причем в интервальном (прерывистом) режиме [10]. Принцип интервальной успешно применяется при спортивной [6] и гипоксической тренировке [2, 3].

Целью исследования явилось выяснение влияния курса мышечных тренировок в условиях дополнительного резистивного сопротивления дыханию в режимах непрерывной и интервальной экспозиции на показатели внешнего дыхания, физическую работоспособность и аэробную производительность тренированного человека.

МЕТОДИКА

В исследовании принимали участие 16 испытуемых — спортсменов-бегунов одинаковой физической подготовленности в возрасте 18—20 лет. Все испытуемые были разбиты на три группы: одну контрольную (5 человек) и две экспериментальные (гр. 1 — 5 человек, гр. 2 — 6 человек).

Продолжительность курса мышечных тренировок (бег на длинную дистанцию) составляла 4 недели, в течение которых участники эксперимента выполняли 20—25 % объема беговой работы при дыхании через специальную маску с диафрагмой, создающей инспираторно-экспираторное резистивное сопротивление величиной 8—10 см вод. ст. При этом при выполнении длительной беговой работы в экспериментальной группе 1 использовалась непрерывная экспозиция резистивного сопротивления дыханию продолжительностью 15—20 мин, а в экспериментальной группе 2 — интервальная экспозиция резистивного сопротивления: 8—10 серий продолжительностью 1—2 мин.

В начале и конце курса тренировок испытуемые были обследованы как в процессе тренировки, так и в лаборатории. В лабораторных условиях в качестве функциональной пробы применялась трехступенчатая физическая нагрузка, дозированная индивидуально по степени ее влияния на частоту сердечных сокращений: первая нагрузка вызывала увеличение ЧСС до 120—150 уд./мин, вторая — до 150—170 уд./мин и третья — свыше 180 уд./мин (максимальная нагрузка). Первые две нагрузки выполнялись в течение 5 мин, с перерывом в 5 мин. Величины мощности этих нагрузок и соответствующие уровни ЧСС использовались для расчета показателя PWC_{170} . Третья нагрузка выполнялась в максимальном режиме и поддерживалась в течение 2—3 мин, при этом определялось максимальное потребление кислорода (VO_{2max}). Определение частоты сердечных сокращений осуществляли методом электрокардиографии в условиях покоя, во время выполнения максимальной мышечной нагрузки и при измерении максимального потребления кислорода. При максимальной мощности мышечной работы оценивали величины ватт-пульса ($W_{max}/ЧСС_{max}$) и кислородного пульса ($VO_{2max}/ЧСС_{max}$). Регистрацию объемно-временных показателей внешнего дыхания и газоанализ осуществляли при помощи метабологафа «Ergo-oxyscreen (Jaeger)». Измерение жизненной емкости легких производили посредством электронного спирометра «Spirosift-3000» (Fukuda, Япония) со стандартной регистрацией показателей. Измерение силы дыхательных мышц на вдохе и выдохе (СДМ вд. и СДМ выд.) выполнялось в изометрическом режиме при помощи пневмоманометра. Специальная подготовленность спортсменов оценивалась по времени пробегания 1 мили.

Статистический анализ полученных данных проводился с использованием программы Microsoft Excel. Вычислялась средняя величина и ошибка средней регистрируемых показателей. Достоверность различий оценивалась с помощью критерия знаков Z.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В табл. 1 представлена динамика показателей аэробной производительности, общей и специальной работоспособности у испытуемых всех групп, зарегистрированных до и после проведения курса тренировок, в которых беговая нагрузка сочеталась с увеличением внешнего сопротивления дыханию.

В результате четырехнедельной тренировки во всех группах спортсменов (как в контрольной, так и в экспериментальных) существенно возросли показатели аэробной производительности, общей физической работоспособности как при умеренной, так и при максимальной мощности работы, а также специально-технического результата (бег на 1 миле).

Вместе с тем в экспериментальных группах увеличение указанных показателей было значительно больше, чем в контрольной группе (табл. 1). Кроме того, были обнаружены различия и между двумя экспериментальными группами: в группе 1, в которой применялась непрерывная экспозиция резистивного сопротивления, аэробная производительность увеличилась на 27.1 % ($p < 0.05$), т. е. в меньшей степени, чем в группе 2, в которой использовалась интервальная экспозиция резистивного сопротивления и наблюдалось увеличение аэробной производительности на 37.6 % ($p < 0.05$). В то же время в группе 1 в большей степени, чем в группе 2 возрастал показатель PWC_{170} . Его величина в первой группе испытуемых увеличилась на 54.5 % ($p < 0.05$), а во второй группе — только на 22.8 % ($p < 0.05$). Максимальная мощность работы возросла в обеих группах примерно в равной степени соответственно на 40.3 и 37.3 % ($p < 0.05$).

Обращает на себя внимание то обстоятельство, что в группе 2 произошло более существенное увеличение спортивного результата — на 7.0 % ($p < 0.05$), тогда как в группе 1 этот показатель возрос только на 2.3 % ($p < 0.05$), а в контрольной группе всего на 0.7 % ($p < 0.05$).

Показатели функциональной экономичности и эффективности выполнения физической нагрузки максимальной мощности представлены в табл. 2. Из приведенных данных можно видеть, что практически одинаковая максимальная мощность физической работы достигалась спортсменами обеих экспериментальных

Таблица 1
Динамика показателей аэробной производительности, общей и специальной физической работоспособности у спортсменов экспериментальных и контрольной групп ($X \pm m$)

| Показатели | Группа 1 (n = 5) (НРРТ) | | Группа 2 (n = 6) (ИРРТ) | | Контрольная группа (n = 5) | |
|----------------------------------------|-------------------------------|----------------------|-------------------------------|----------------------|-------------------------------|----------------------|
| | в начале эксперимента | в конце эксперимента | в начале эксперимента | в конце эксперимента | в начале эксперимента | в конце эксперимента |
| МПК, л/мин | 3.02 ± 0.13 | 3.84 ± 0.67* | 3.48 ± 0.16 | 4.79 ± 0.22* | 2.99 ± 0.14 | 3.46 ± 0.48* |
| МПК/вес, мл/кг/мин | 47.5 ± 2.4 | 59.9 ± 9.9* | 52.1 ± 1.8 | 72.3 ± 4.6* | 42.2 ± 1.7 | 48.8 ± 5.4* |
| PWC ₁₇₀ , кгм/мин | 878 ± 72 | 1357 ± 60* | 983 ± 39 | 1207 ± 81* | 953 ± 73 | 1012 ± 136* |
| PWC ₁₇₀ /вес, кгм/кг/мин | 13.7 ± 0.9 | 21.2 ± 1.2* | 14.9 ± 1.1 | 18.3 ± 1.5* | 13.6 ± 1.4 | 14.3 ± 1.9* |
| W _{max} , кгм/мин | 1240 ± 25 | 1740 ± 56* | 1238 ± 30 | 1700 ± 67* | 1425 ± 45 | 1800 ± 112* |
| Спец. результат, мин | 3.49 ± 0.15 | 3.41 ± 0.07* | 3.45 ± 0.22 | 3.20 ± 0.25* | 3.40 ± 0.01 | 3.39 ± 0.03 |

Примечание. МПК — максимальное потребление кислорода, л/мин; МПК/вес — максимальное потребление кислорода на единицу веса, мл/кг/мин; PWC₁₇₀ — мощность нагрузки, при которой пульс достигает 170 уд./мин; W_{max} — максимальная мощность выполненной работы, кгм/мин; специальный результат — время пробегания 1 мили. * Достоверность различий при $p < 0.05$.

Таблица 2
Изменение функциональных показателей, зарегистрированных при максимальной физической нагрузке у спортсменов экспериментальных и контрольной групп ($X \pm m$)

| Показатели | Группа 1 (n = 5) (НРРТ) | | Группа 2 (n = 6) (ИРРТ) | | Контрольная группа (n = 5) | |
|---------------------------------------|----------------------------|----------------------|----------------------------|----------------------|-------------------------------|----------------------|
| | в начале эксперимента | в конце эксперимента | в начале эксперимента | в конце эксперимента | в начале эксперимента | в конце эксперимента |
| W _{max} , кгм/мин | 1240 ± 25 | 1740 ± 56* | 1238 ± 30 | 1700 ± 67* | 1425 ± 45 | 1800 ± 112* |
| ЧСС _{max} , уд./мин | 183.0 ± 7.3 | 184.4 ± 4.4 | 194.0 ± 5.9 | 185.7 ± 2.9 | 185.0 ± 5.4 | 191.4 ± 3.0 |
| W/ЧСС _{max} , кгм/мин/уд. | 6.8 ± 0.2 | 9.4 ± 0.3* | 6.3 ± 0.1 | 9.1 ± 0.3* | 7.7 ± 0.1 | 9.4 ± 0.4* |
| КП _{max} , мл/мин/уд. | 16.5 ± 0.9 | 20.8 ± 2.9* | 17.9 ± 1.4 | 25.8 ± 2.0* | 16.2 ± 0.6 | 18.1 ± 2.2 |
| VE _{max} , л/мин | 102.0 ± 12.9 | 109.0 ± 11.1 | 113.9 ± 7.6 | 100.0 ± 6.9 | 115.5 ± 4.4 | 116.6 ± 8.9 |
| fb _{max} , цикл/мин | 52.0 ± 1.8 | 54.2 ± 2.1 | 56.0 ± 5.2 | 47.7 ± 2.7 | 56.8 ± 4.0 | 51.4 ± 3.9 |
| V _{Tmax} , л | 1.92 ± 0.19 | 2.01 ± 0.19 | 2.06 ± 0.10 | 2.11 ± 0.16 | 2.08 ± 0.18 | 2.27 ± 0.01 |

Примечание. W_{max} — максимальная мощность выполненной работы, кгм/мин; ЧСС_{max} — максимальная частота сердечных сокращений; W/ЧСС_{max} — величина ватт-пульса, кгм/мин/уд; КП_{max} — кислородный пульс, мл/мин/уд; VE_{max} — максимальная величина легочной вентиляции, л/мин; fb_{max} — частота дыхания, цикл/мин; V_{Tmax} — дыхательный объем, л.

групп с различной степенью напряжения функциональных систем. Так, в группе, использовавшей интервальную экспозицию резистивного сопротивления увеличение максимальной мощности физической нагрузки сопровождалось снижением максимальной частоты сердечных сокращений на 4.3 %, тогда как в группе с непрерывным действием резистивного сопротивления максимальная частота сердечных сокращений достоверно не изменялась. Показатели ватт-пульса и кислородного пульса в группе 1 увеличились на 38.8 и 26.0 % ($p < 0.05$), а в группе 2 — на 52.5 и 44.1 % ($p < 0.05$) соответственно.

При регистрации объемно-временных параметров дыхания было установлено, что во второй группе испытуемых после курса тренировок наблюдается снижение прироста легочной вентиляции при выполнении ими максимальной физической нагрузки в среднем на 12.2 % по сравнению с контролем, и здесь выявлены следующие особенности: легочная вентиляция при максимальной физической нагрузке в группе с интервальной экспозицией резистивной нагрузки снизилась при существенном урежении частоты дыхания на 14.9 % и увеличении дыхательного объема на 2.4 %. В группе с непрерывной экспозицией резистивной нагрузки легочная вентиляция, напротив, возросла на 6.8 %. Возросли при этом и частота дыхания, и дыхательный объем соответственно на 4.3 и 4.7 %.

Таким образом, у спортсменов в экспериментальных группах 1 и 2 наблюдался существенный прирост показателей экономичности и эффективности по сравнению с контрольной группой. Примечательно, что курс мышечных нагрузок с интервальной резистивной нагрузкой в большей мере, чем с непрерывной, способствует повышению экономичности и эффективности функционирования как кардиореспираторной системы, так и организма в целом при физической нагрузке.

В связи с этим становится понятным более существенное увеличение спортивного результата у участников, использовавших интервальную экспозицию резистивного сопротивления, так как известно, что на этапе высшего спортивного мастерства именно факторы экономичности—эффективности определяют специфический спортивный результат [4, 11].

В табл. 3 представлены показатели функционального состояния дыхательной системы во всех группах, зарегистрированные до и после эксперимента. Показан существенный прирост силы как инспираторной, так и экспираторной мускулатуры в обеих экспериментальных группах, что было вполне ожидаемо.

Таблица 3
Изменение показателей дыхательной системы у спортсменов экспериментальных и контрольной групп ($X \pm m$)

| Показатели | Группа 1 ($n = 5$) (НРРТ) | | Группа 2 ($n = 6$) (ИРРТ) | | Контрольная группа ($n = 5$) | |
|-----------------------|--------------------------------|----------------------|--------------------------------|----------------------|-----------------------------------|----------------------|
| | в начале эксперимента | в конце эксперимента | в начале эксперимента | в конце эксперимента | в начале эксперимента | в конце эксперимента |
| ЖЕЛ, л | 4880 ± 198 | 5028 ± 143 | 4642 ± 346 | 4843 ± 314 | 5450 ± 215 | 5484 ± 187 |
| СДМ вд., см вод. ст. | 143.0 ± 9.1 | 164.0 ± 8.1* | 138.0 ± 7.4 | 167.5 ± 4.0* | 152.0 ± 15.3 | 159.0 ± 34.1 |
| СДМ выд., см вод. ст. | 184.0 ± 19.2 | 219.0 ± 12.8* | 178.0 ± 7.4 | 221.7 ± 14.2* | 190.0 ± 13.7 | 204.0 ± 19.3 |
| МВЛ, л/мин | 130.0 ± 3.5 | 131.1 ± 6.3 | 138.5 ± 9.4 | 133.0 ± 9.4 | 133.0 ± 7.7 | 126.9 ± 1.89 |

Примечание. ЖЕЛ — жизненная емкость легких, л; СДМ вд. — сила дыхательных мышц на вдохе, см вод. ст.; СДМ выд. — сила дыхательных мышц на выдохе, см вод. ст.; МВЛ — максимальная вентиляция легких, л/мин.

В то же время жизненная емкость легких и максимальная вентиляция легких практически не изменились, так как резистивная нагрузка не приводила к существенному увеличению легочных объемов и вентиляции при выполнении физической работы.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Неуклонный прогресс достижений в современном спорте и рост профессиональных нагрузок в ряде областей обитания и деятельности человека определяют возможность развития крайней степени физического напряжения, достигающего в ряде случаев предела физиологических возможностей. В связи с этим возникает необходимость разработки новых средств и методов повышения функциональных резервов организма для повышения эффективности процессов адаптации к экстремальным нагрузкам [6, 10, 11]. Повышение эффективности физической подготовки является одной из актуальных проблем в современном спорте, характеризующемся возрастанием физических и нервных нагрузок.

К настоящему времени накоплен обширный экспериментальный и клинический материал, доказывающий, что дыхательные мышцы подвержены утомлению. Наши исследования показали, что утомление дыхательных мышц приводит к ограничению физической работоспособности здоровых испытуемых с разным уровнем тренированности, причем скорость развития утомления возрастает при увеличении величины дополнительного резистивного сопротивления дыханию [8]. Однако нельзя не отметить и того факта, что по сравнению с другими скелетными мышцами дыхательная мускулатура быстрее восстанавливает свою работоспособность [18] и хорошо поддается тренировке [17, 20]. На последнем факте основана вся лечебная дыхательная гимнастика, увеличивающая силу и выносливость респираторных мышц.

Для улучшения функционального состояния дыхательной мускулатуры применяют специальные тренировочные режимы [16, 18, 19]. У лиц, страдающих хроническими обструктивными заболеваниями легких, наиболее эффективными оказываются тренировки с применением дополнительных инспираторных нагрузок [16, 17]. Дыхание с дополнительным сопротивлением на вдохе в течение коротких периодов ежедневно, за 6—8 недель повышало силу и выносливость дыхательных мышц у больных нейромышечными заболеваниями [13].

Метаболические изменения, которые происходят в скелетных мышцах в ответ на тренировку выносливости, зависят от типа, интенсивности и длительности тренировки. За время тренировки дыхательные мышцы адаптируются к повышенной нагрузке, что выражается в структурных и биохимических изменениях, происходящих в мышечных клетках. В основе повышения выносливости лежат такие изменения, как увеличение размера и количества митохондрий, увеличение плотности капиллярной сети, рост активности некоторых ферментов. Так, в тренированных мышцах усиливается активность окислительных ферментов, в результате чего в них не происходит накопления кислых продуктов обмена, увеличивается процентное содержание и поперечное сечение медленно окисляющихся, устойчивых к утомлению волокон, уменьшается число последовательных саркомеров в мышечном волокне, а также сдвигается влево кривая зависимости «длина—напряжение», что позволяет диафрагме нормально работать при меньшей длине [12, 15, 16]. Кроме того, усиливается кровоснабжение тренированной мышцы, что улучшает ее энергетическое обеспечение и способствует ускоренному вымыванию продуктов обмена, оказывающих неблагоприятное воздействие на сократительную способность мышечных клеток.

Систематическое использование повышенного резистивного сопротивления в тренировке оказывает положительное влияние на физическую подготовленность спортсменов, способствует значительному повышению специальной физи-

ческой подготовленности, опосредованные повышением экономичности и эффективности функционирования дыхательной системы и организма в целом при физической нагрузке, улучшением функционального состояния дыхательной мускулатуры, ростом аэробной производительности организма и общей физической работоспособности.

Наше исследование показало, что использование интервальной респираторно-резистивной тренировки обеспечивает более существенное повышение аэробной производительности, а также экономичности и эффективности функционирования системы дыхания и организма в целом, о чем свидетельствует повышение значений ватт-пульса и кислородного пульса после курса тренировок с резистивным сопротивлением. Вместе с тем применение резистивной нагрузки на дыхание в непрерывном режиме обеспечивает более высокую физическую работоспособность как при умеренных, так и при максимальных мощностях физической нагрузки.

Данные обстоятельства позволяют рекомендовать оба этих режима для практического использования в тренировке как дополнительного адаптогенного фактора. При этом непрерывные экспозиции резистивного респираторного сопротивления будут более целесообразны на начальных этапах многолетней спортивной тренировки, когда доминирующее значение для обеспечения физической работоспособности имеют мощностные факторы [11]. Применение интервальных резистивно-респираторных нагрузок наиболее целесообразно использовать на заключительных этапах многолетней тренировки, когда ведущими факторами, в обеспечении высокой физической работоспособности, выступают факторы экономичности-эффективности [11].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] Баранов В. М., Котов А. Н., Тихонов М. А. Функциональное состояние дыхательных мышц и физическая работоспособность в условиях длительной невесомости. В сб.: Пути оптимизации функции дыхания при нагрузках, в патологии и в экстремальных состояниях. Тверь. Изд-во ТГУ. 3—8. 1995.
- [2] Волков Н. И., Дардури У., Сметанин В. Я. Интервальная гипоксическая тренировка — новый метод повышения работоспособности спортсменов. Тенденции развития спорта высших достижений и стратегия подготовки высококвалифицированных спортсменов в 1997—2000 гг. Матер. Всерос. научно-практич. конференции. М. 124—132. 1997.
- [3] Колчинская А. З. Гипоксическая тренировка в спорте. *Nuroxia Med. J.* 3 : 36—37. 1993.
- [4] Кучкин С. Н. Резервы дыхательной системы (обзор и состояние проблемы). В кн.: Резервы дыхательной системы. Волгоград. Изд-во ВГАФК. 7—51. 1999.
- [5] Кучкин С. Н., Бакулин С. А. Аэробная производительность и методы ее повышения. Волгоград. Изд-во ВГИФК. 1985.
- [6] Платонов В. Н. Общая теория подготовки спортсменов в олимпийском спорте. Киев. Олимпийская литература. 1997.
- [7] Савич А. Б. Влияние инспираторной резистивной тренировки на работоспособность спортсменов. В кн.: Современное состояние и актуальные проблемы физиологии спорта: 146—155. Л. Изд-во ГИФК. 1989.
- [8] Сегизбаева М. О., Исаев Г. Г. Оценка утомления инспираторных мышц человека при добавочном сопротивлении дыханию при ингаляции газовыми смесями с различным содержанием кислорода. *Физиология человека.* 25 (5) : 74—85. 1999.
- [9] Солодков А. С., Савич А. Б. Повышение резервов адаптации к физическим нагрузкам с помощью резистивной тренировки вентиляторного аппарата. В сб.: Пути оптимизации функции дыхания при нагрузках, в патологии и в экстремальных состояниях. Тверь. Изд-во ТГУ. 70—78. 1991.
- [10] Солодов И. Н. Физиологические эффекты методов направленного воздействия на дыхательную функцию человека. Волгоград. Изд-во ВГАФК. 2004.

- [11] Солопов И. Н., Шамардин А. И. Функциональная подготовка спортсменов. Волгоград. Изд-во ВГАФК. 2003.
- [12] Farkas G. A., Roussos C. Adaptability of the hamster diaphragm to exercise and/or emphysema. *J. Appl. Physiol.* 53 (4) : 1263—1272. 1982.
- [13] Gross D., Grassino A., Ross W. R. D., Macklem P. T. Electromyogram pattern of diaphragmatic fatigue. *J. Appl. Physiol.* 46 (1) : 1—7. 1979.
- [14] Johnson B. D., Aaron E. A., Babcock M. A., Dempsey J. A. Respiratory muscle fatigue during exercise: implications for performance. *Med. Sci. Sports Exer.* 28 : 1129—1137. 1996.
- [15] Keens T. C., Bryan L. G., Levison H., Ianuzzo C. D. Developmental pattern of muscle fiber types in human ventilatory muscle. *J. Appl. Physiol.* 44 (3) : 909—913. 1978.
- [16] Kelsen S. G. Respiratory muscle plasticity. *Am. Rev. Respir. Dis.* 134 (5) : 1086—1088. 1986.
- [17] Kim M. J. Respiratory muscle training: implications for patient care. *Heart Lung.* 13 (4) : 333—340. 1984.
- [18] Rochester D. F. Respiratory muscle function in health. *Heart Lung.* 13 (14) : 349—354. 1984.
- [19] Sharp J. T. Therapeutic consideration in respiratory muscle function. *Chest.* 88 (2) : 118—123. 1985.
- [20] Sheel A. W. Respiratory muscle training in healthy individuals: physiological rationale and implications for exercise performance. *Sports Med.* 32 (9) : 567—581. 2002.

Поступила 29 X 2009