

УДК 796.072.2

ЭФФЕКТЫ ПРИМЕНЕНИЯ РЕЗИСТИВНОГО И ЭЛАСТИЧЕСКОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ ДЫХАНИЮ В ТРЕНИРОВКЕ СПОРТСМЕНОВ

© 2010 г. Е. П. Горбанёва, А. И. Солопов, А. А. Власов, С. А. Воскресенский

Волгоградская государственная академия физической культуры

Поступила в редакцию 25.02.2009 г.

Выполнено исследование по изучению влияния курса мышечных тренировок в условиях дополнительного резистивного и эластического сопротивления дыханию на уровень физической работоспособности, аэробной производительности и функциональное состояние системы дыхания. Показано, что систематическая мышечная тренировка на фоне использования дозированного дыхания с увеличенным резистивным и эластическим сопротивлением дыхательным потокам и дыхательным движениям, в первую очередь обеспечивает существенный рост функциональных возможностей дыхательной мускулатуры, выражающийся в достоверном увеличении силовых и скоростно-силовых показателей, укорочении времени двигательной реакции респираторных мышц. Улучшение функционального состояния дыхательной системы, и, в частности, дыхательной мускулатуры, обуславливает значительный рост физической работоспособности и физической подготовленности юных спортсменов.

Ключевые слова: резистивное сопротивление, эластичное сопротивление, дыхательная мускулатура, система дыхания.

Систематическое использование мышечных нагрузок является целенаправленным воздействием на организм, оптимизирующим деятельность сердечно-сосудистой и дыхательной систем, и повышающим работоспособность [1]. Вместе с тем эффективность адаптации может быть значительно повышена за счет использования дополнительных функциональных нагрузок на дыхательную систему (тренировка в условиях среднегорья при “гипоксической гипоксии”, повышенное сопротивление дыханию, дыхание через дополнительное “мертвое” пространство, произвольная гиповентиляция и др.) при мышечной работе [2–6].

Одним из наиболее эффективных средств, способствующих усилению воздействия на организм физических нагрузок, является дыхание в условиях повышенного резистивного и эластического сопротивления дыханию [2, 6–8].

Целью настоящей работы явилось выяснение влияния специальной тренировки спортсменов в условиях повышенного резистивного и эластического сопротивления дыханию на функциональные возможности дыхательной системы, физическую работоспособность и функциональное состояние организма в целом.

МЕТОДИКА

Для выяснения эффективности использования в тренировочном процессе дыхания с повышенным эластическим и резистивным сопротивлением бы-

ли проведены два курса тренировок. Первый цикл тренировок включал использование резистивного сопротивления дыханию в течение двух недель подготовительного периода. Участниками исследования были спортсмены – футболисты (12–13 лет) в составе двух групп: контрольная (5 человек), экспериментальная (6 человек). Создание резистивного сопротивления дыханию осуществлялось посредством введения дополнительного сопротивления на пути дыхательных потоков. Для этого спортсмены дышали в масках от промышленных респираторов, в дыхательные патрубки которых устанавливалась диафрагма (узкое отверстие), создававшая сопротивление усредненным скоростям воздушного потока в пределах 15–20 мм водного столба. Ограниченное дыхание использовалось во время разминки и при пробегании как кроссовых, так и длинных дистанций с умеренной и большой интенсивностью, но не более чем в 25% объема этой работы.

Во втором цикле тренировок, продолжительностью шесть недель применялось повышенное эластическое сопротивление дыханию. В этом исследовании участвовали 20 футболистов (13–14 лет) в составе контрольной (9 человек) и экспериментальной (11 человек) групп. Обе группы тренировались по одинаковой тренировочной программе. В отличие от контрольной группы, участники экспериментальной группы 10–25% всего объема тренировочной работы выполняли в условиях дыхания с дополнительным эластическим сопротивлением дыхательным движениям, которое создавалось спе-

Таблица 1. Динамика показателей времени двигательной реакции дыхательной мускулатуры под воздействием тренировки с увеличенным резистивным сопротивлением дыханию у юных спортсменов ($x \pm m$)

Показатели	Экспериментальная группа ($n = 6$)		Контрольная группа ($n = 5$)	
	В начале эксперимента	В конце эксперимента	В начале эксперимента	В конце эксперимента
Инспирация – свет, мс	0.303 ± 0.018	0.278 ± 0.023	0.308 ± 0.011	0.290 ± 0.013
Инспирация – звук, мс	0.280 ± 0.017	0.250 ± 0.012	0.232 ± 0.014	0.218 ± 0.015
Экспирация – свет, мс	0.340 ± 0.024	0.289 ± 0.010	0.316 ± 0.022	0.297 ± 0.016
Экспирация – звук, мс	0.318 ± 0.025	0.248 ± 0.008	0.267 ± 0.018	0.249 ± 0.017

Примечание. Здесь и в табл. 2, 3 – различия между показателями, зарегистрированными в начале, с показателями, зарегистрированными в конце экспериментальной тренировки, достоверны: * – при $P < 0.05$; ** – при $P < 0.01$ (критерий знаков – Z).

циальными жилетами. Степень эластического сопротивления подбиралась индивидуально и контролировалась уменьшением величины жизненной емкости легких на 10%.

До и после экспериментальной тренировки регистрировали комплекс показателей: максимальная сила инспираторных и экспираторных мышц методом пневмоманометрии (ПМ_{вд.} и ПМ_{выд.}), объемная скорость вдоха и выдоха методом пневмотахометрии (ПТ_{вд.} и ПТ_{выд.}), показатели времени двигательной реакции инспираторных и экспираторных мышц (ВДР_{вд.} и ВДР_{выд.}), жизненная емкость легких (ЖЕЛ), максимальная вентиляция легких (МВЛ), время удержания вентиляции, равной 50% МВЛ, время удержания 50% от *тах* ПМ на вдохе и выдохе (ТПМ_{вд.}, ТПМ_{выд.}). Параметры вентиляции и легочные объемы регистрировали посредством электронного спирометра “Spirosift-3000”. Уровень физической работоспособности определялся в тесте PWC_{170} , показатель аэробной производительности – максимальное потребление кислорода (МПК) получали расчетным способом.

Статистическая обработка данных осуществлялась методами вариационной статистики при помощи программы “Microsoft Excel-2003”.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Были произведены контрольные измерения показателей скоростно-силовых возможностей дыхательной мускулатуры спортсменов, осуществленных в начале и в конце экспериментальной мышечной тренировки в условиях увеличенного резистивного сопротивления дыханию.

Оказалось, что у спортсменов экспериментальной группы существенно возросли показатели максимальной статической силы как инспираторных, так и экспираторных мышц соответственно на 19.8 и 15.2% ($P < 0.05$), против исходного уровня. Средние величины показателей скоростно-силовых возможностей (ПТ_{вд.} и ПТ_{выд.}), также достоверно увеличились на 14.5 и 13.8% ($P < 0.05$). Полученные

данные подтверждают результаты ранее проведенных исследований [6, 8].

Кроме того, было выявлено существенное улучшение показателей двигательной реакции инспираторных и экспираторных дыхательных мышц (табл. 1). Примечательно, что ВДР экспираторных мышц укоротилось в большей мере, чем инспираторных, в ответ как на световой, так и на звуковой раздражитель, соответственно (на 8.3 и 10.8% у инспираторов и 15.0 и 22.1% у экспираторов).

Вероятно, это связано с тем, что существуют определенные различия между инспираторными и экспираторными мышцами. Инспираторы изначально имеют более высокий уровень функциональных возможностей. Они быстрее восстанавливаются, менее утомляемы, имеют специфическую структуру волокон и отличаются определенными особенностями центральной организации их мотонейронов [9, 10]. Вследствие этого увеличение функциональных возможностей у инспираторов и произошло в несколько меньшей степени.

В целом же, значительное уменьшение величин показателей времени двигательной реакции, по-видимому, отражает совершенствование нервной регуляции дыхательной мускулатуры (табл. 1). В литературе отмечается исключительно высокая степень связи времени двигательной реакции скелетной мускулатуры с уровнем тренированности человека [11]. Это в полной мере касается и дыхательной мускулатуры. Было показано, что с ростом подготовленности спортсменов время двигательной реакции дыхательной мускулатуры пропорционально уменьшается [12]. Это обстоятельство можно предположительно объяснить тем, что управление дыхательной мускулатурой осуществляется теми же нейрофизиологическими механизмами, что и управление скелетными мышцами [13].

Результаты контрольного тестирования у спортсменов обеих групп показали, что средние величины физической работоспособности и аэробной производительности организма, как в абсолютных, так и в относительных величинах, в экспериментальной группе статистически достоверно

Таблица 2. Динамика показателей внешнего дыхания, силы и выносливости респираторной мускулатуры у юных спортсменов экспериментальной и контрольной групп до и после тренировки с дополнительным эластическим сопротивлением дыханию ($x \pm m$)

Показатели	Экспериментальная группа ($n = 11$)		Контрольная группа ($n = 9$)	
	В начале эксперимента	В конце эксперимента	В начале эксперимента	В конце эксперимента
ПМ _{вд.} , мм рт. ст.	101.0 ± 4.3	129.5 ± 5.8**	99.4 ± 5.3	117.8 ± 8.7
ПМ _{выд.} , мм рт. ст.	128.0 ± 6.7	190.5 ± 12.5**	127.8 ± 12.4	148.3 ± 11.4
ТПМ _{вд.} , с	17.6 ± 1.6	28.3 ± 2.3**	18.4 ± 1.8	19.1 ± 1.1
ТПМ _{выд.} , с	20.2 ± 0.9	32.3 ± 2.8*	21.0 ± 1.9	25.0 ± 2.3
50% МВЛ, с	86.2 ± 13.3	181.3 ± 22.8**	95.2 ± 9.1	147.8 ± 27.5
ЖЕЛ, л	3.84 ± 0.16	3.97 ± 0.21	3.79 ± 0.14	3.87 ± 0.20
МВЛ, л/мин	115.3 ± 4.4	126.1 ± 4.9	116.1 ± 4.5	119.9 ± 7.1

Примечание. Расшифровку аббревиатур здесь и табл. 3 см. в тексте.

Таблица 3. Динамика показателей аэробной производительности и физической работоспособности у юных спортсменов в результате тренировки с дополнительным эластическим сопротивлением дыханию ($x \pm m$)

Показатели	Экспериментальная группа ($n = 11$)		Контрольная группа ($n = 9$)	
	В начале эксперимента	В конце эксперимента	В начале эксперимента	В конце эксперимента
PWC_{170} , кГм/мин	901.7 ± 45.3	1017.0 ± 56.5**	904.0 ± 90.5	917.0 ± 97.9
PWC_{170} /вес, кГм/кг/мин	18.3 ± 0.9	18.9 ± 0.7	17.3 ± 1.0	18.1 ± 1.6
МПК, л/мин	2.85 ± 0.16	3.15 ± 0.18*	2.88 ± 0.21	3.06 ± 0.26
МПК/вес, мл/кг/мин	55.4 ± 1.7	57.7 ± 2.0	59.8 ± 2.8	61.3 ± 3.8

возросли в пределах 6.4–16.9% ($P < 0.05$). В то же время, в контрольной группе спортсменов, тренировавшихся в условиях свободного дыхания, изучаемые показатели не изменились или увеличились статистически незначимо.

Результаты изменения показателей силы и выносливости респираторной мускулатуры и внешнего дыхания, зарегистрированные в начале и в конце экспериментальной тренировки с дополнительным эластическим сопротивлением, представлены в табл. 2, согласно полученным данным в экспериментальной группе максимальная статическая сила инспираторной и экспираторной мускулатуры возросла соответственно на 28.2 и 48.8% ($P < 0.01$). Еще в большей степени увеличились показатели статической выносливости инспираторных (на 60.8%, $P < 0.01$) и экспираторных (на 59.9%, $P < 0.05$) мышц. Показатель динамической выносливости респираторной мускулатуры в экспериментальной группе возрос еще в большей мере – в среднем на 110.3% ($P < 0.01$). Эти изменения были вполне ожидаемы и подтверждают литературные данные [5, 6].

Вместе с тем, объемные показатели дыхательной системы (ЖЕЛ, МВЛ) изменились незначительно. Величина фактической ЖЕЛ в экспериментальной группе увеличилась в среднем на 3.4% ($P > 0.05$), а

величина фактической МВЛ возросла на 9.4% ($P > 0.05$). Это вполне закономерно, так как экскурсии грудной клетки были ограничены применением специального жилета, который в условиях покоя приводил к снижению жизненной емкости легких на 10%. В связи с этим, при мышечной работе необходимый уровень легочной вентиляции обеспечивался в большей степени компенсаторным учащением дыхания, вследствие изовентиляторной реакции центрального инспираторного механизма [14], и в меньшей степени – за счет увеличения дыхательного объема. Это обстоятельство и обусловило существенное увеличение выносливости и силы дыхательной мускулатуры, и незначительный рост объемных показателей внешнего дыхания.

В контрольной группе эти показатели менялись разнонаправленно и незначительно.

Что касается показателей общей физической работоспособности и аэробной производительности, то в экспериментальной группе они существенно возросли. Так, увеличение показателя PWC_{170} в группе, тренировавшейся с эластическим сопротивлением, произошло в среднем на 12.8% ($P < 0.01$). В контрольной группе это увеличение составило в среднем 6.3% (табл. 3).

Основой роста физической работоспособности, на наш взгляд, явилось существенное увеличение аэробной производительности у юных спортсменов экспериментальной группы. Показатели абсолютной величины максимального потребления кислорода в экспериментальной группе возросли в среднем на 10.5% ($P < 0.05$), тогда как в контрольной — на 6.2% ($P > 0.05$). Такой высокий прирост характеризует срочный резерв повышения аэробных возможностей организма.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Эффектами систематического использования в тренировочном процессе дополнительного резистивного сопротивления дыханию являются: достоверное увеличение показателей максимальной статической силы как инспираторных, так и экспираторных мышц, скоростно-силовых возможностей дыхательной мускулатуры, улучшение двигательной реакции инспираторных и экспираторных дыхательных мышц.

В результате использования в тренировочном процессе спортсменов дыхания с повышенным эластическим сопротивлением выявлено существенное увеличение максимальной статической силы и, особенно, выносливости инспираторной и экспираторной мускулатуры. Еще более примечательно возрастание показателя динамической выносливости респираторной мускулатуры. Параллельно возросли показатели, отражающие уровень физической работоспособности и аэробной производительности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Судаков К.В.* Общая теория функциональных систем. М.: Медицина, 1984. 224 с.
2. *Крестовников А.Н.* Очерки по физиологии физических упражнений. М.: Физкультура и спорт, 1951. 531 с.
3. *Яхонтов Б.О.* Влияние дополнительного "мертвого" пространства на дыхательную функцию человека в покое и при мышечной работе: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. М., 1971. 33 с.
4. *Солопов И.Н.* Совершенствование механизмов адаптации у спортсменов при тренировках с дыханием через дополнительное мертвое пространство // Матер. Республ. научн. конф. Фрунзе, 1988. С. 101.
5. *Солопов И.Н.* Физиологические эффекты методов направленного воздействия на дыхательную функцию человека. Волгоград, 2004. 220 с.
6. *Кучкин С.Н., Солопов И.Н., Шамардин А.А., Дубровский С.В.* Влияние физической тренировки с дополнительным эластическим сопротивлением дыханию на физическую работоспособность и состояние дыхательной системы футболистов // Актуальные проблемы физической культуры и спорта. Тез. докл. областной науч.-практ. конф. (26 декабря 1996 г.). Волгоград, 1996. С. 221.
7. *Belman V.J., Shadmehr R.* Targeted resistive ventilatory muscle training in chronic obstructive pulmonary disease // *J. Appl. Physiol.* 1988. V. 65. № 6. P. 2726.
8. *Солопов И.Н., Иванов Л.В., Герасименко А.П.* Оптимизация функциональной подготовленности человека посредством дыхания с сопротивлением при мышечных нагрузках // Пути оптимизации функции дыхания при нагрузках, в патологии и в экстремальных состояниях. Тверь, 1993. С. 98.
9. *Gandevia S.C., McKenzie D.K., Neering I.R.* Endurance properties of respiratory and limb muscles // *Respir. Physiol.*, 1983. V. 53. № 1. P. 47.
10. *McKenzie D.K., Gandevia S.C.* Resistance to fatigue of human inspiratory muscles // *Proc. Austral. Physiol. And Pharmacol. Soc.* 1982. V. 13. № 1. P. 22.
11. *Фарфель В.С.* Управление движениями в спорте. М.: Физкультура и спорт, 1975. 205 с.
12. *Солопов И.Н., Кучкин С.Н.* Реакции дыхательных мышц в ответ на сенсорные раздражители у человека // Пути оптимизации функции дыхания при нагрузках, в патологии и в экстремальных состояниях. Тверь, 1991. С. 85.
13. *Bergstrom R.V., Halttunen P.K., Viljanen A.V.* The voluntary regulation of breathing in man // *Acta Physiol. Scand.* 1972. V. 84. P. 42.
14. *Бреслав И.С.* Паттерны дыхания: физиология, экстремальные состояния, патология. Л.: Наука, 1984. 205 с.

Effects of Application Resistive and Flex Resistance to Breath in Training Sportsmen

E. P. Gorbaneva, A. I. Solopov, A. A. Vlasov, and S. A. Voskresensky

Research on studying influence of a rate of muscular training in conditions of additional aerodynamic and flex resistance to breath on a level of physical working capacity, aerobic productivity and a functional condition of system of breath is executed. It is shown, that regular muscular training on a background of use of the dosed out breath with increased aerodynamic and flex resistance to respiratory stream and respiratory movements, first of all, provides essential growth of functionalities of the respiratory muscles expressed in authentic increase of power and speed-power parameters, shortening of time of impellent reaction of respiratory muscles. Improvement of a functional condition of respiratory system, and, in particular, respiratory muscles, caused significant growth of physical working capacity and physical readiness of young sportsmen.

Key words: aerodynamic resistance, flex resistance, respiratory muscles, system of breath.