НАУКА В ОЛИМПИЙСКОМ СПОРТЕ

ВАЛЕРИЙ ВИНОГРАДОВ,
ТОМАШ ТОМЯК

СПЕЦИАЛЬНО НАПРАВЛЕННАЯ ТРЕНИРОВКА ДЫХАТЕЛЬНЫХ МЫШЦ КАК СРЕДСТВО ПОВЫШЕНИЯ РЕАЛИЗАЦИИ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ КВАЛИФИЦИРОВАННЫХ СПОРТСМЕНОВ

Р е з ю м е . Показано позитивний вплив тренування дихальних м'язів на функціональні можливості кваліфікованих спортсменів (веслярів). Міра впливу була пов'язана з інтенсивністю такого тренування. Найвиразніше вплив позначився на збільшенні піків та початковій кінетиці реакцій кардіореспіраторної системи, що визначало збільшення можливостей реалізації аеробного потенціалу.

S u m m a r y . Positive influence of respiratory muscle training on functional capacities of skilled athletes (rowers) has been demonstrated. Intensity of such training was the main impact factor. The increment of the cardirespiratory response peaks and its primary kinetics were the most significant reasons in increasing of the aerobic potential utilization.

Постановка проблемы. Интенсификация тренировочного процесса в настоящее время сопровождается повышением роли такого компонента подготовки, как внетренировочные средства, характеризующегося большим разнообразием и направленностью воздействия [4]. Однако возможности узкоцелевой направленности применения таких средств в различных ситуациях тренировочного процесса остаются недостаточно исследованными. В связи с этим возникает необходимость специального более глубокого изучения влияния уже известных внетренировочных средств с целью определения их возможной роли в повышении степени реализации функционального потенциала организма с учетом различных состояний, возникающих в тренировочном процессе.

Одно из таких средств, обладающее потенциально большими возможностями использования в специфических условиях подготовки спортсменов, — дыхательные упражнения. Их использование наиболее обосновано в сфере оздоровительной тренировки. Что же касается тренировки в спорте высших достижений, то специальное изучение возможностей использования дыхательных упражнений как дополнительного средства тренировки сдерживалось представлениями о том, что пределы легочной вентиляции не ограничивают максимальное потребление кислорода (VO_2max). Экспериментальные данные последних лет свидетельствуют о том, что этот вопрос не может решаться однозначно [3, 8, 11]. Уже тот факт, что масса дыхательных мышц составляет около 4 кг, заставляет предполагать высокий их удельный вес в проявлениях физической работоспособности спортсменов и требует специального внимания к уровням их мощности и выносливости. Необходимость этого подчеркивается данными о том, что после тяжелой спортивной тренировочной нагрузки снижается сила инспираторных и экспираторных мышц, мощностные показатели их работоспособности и емкость легких [1, 2, 5, 7]. Показана низкая анаэробная устойчивость дыхательных мышц, повышенное влияние на них лактат-ацидоза, ограниченный запас гликогена, заметное преобладание красных мышечных волокон [8, 10, 11]. Важным аргументом являются также данные о том, что ощущения тяжести нагрузки формируются в рецепторном аппарате дыхательных путей, диафрагмы и грудной стенки [8]. Имеются сведения о прямых рефлекторных связях рецепторов, реагирующих на кровенаполнение легких (юкстарецепторы), и моторной функции нижних конечностей. Такие рецепторы вызывают непроизвольное снижение двигательной функции.

Типичная тренировка на выносливость, хотя и увеличивает VO_2 max, не является достаточным стимулом для увеличения митохондриального дыхания в диафрагме [6, 9], что может иметь значение для проявления выносливости спортсменов. Это подтверждается данными о том, что снижение плотности вдыхаемого воздуха (например, при замене азота гелием — гелиокислородная смесь), снижает работу дыхания и способствует увеличению пределов легочной вентиляции (V_E max) при физической нагрузке и выносливости (на 5—16 %) [8, 12]. Следует также принимать во внимание, что даже небольшое увеличение работы дыхательных мышц на то же значение вентиляции легких заметно увеличивает утомление дыхательных мышц и может существенно лимитировать физическую работоспособность спортсмена. Могут иметь место повреждения дыхательных мышц, связанные с утомлением [13]. Такие ситуации часто возникают в условиях спортивной деятельности и связаны со спецификой позы спортсмена в том или ином виде спорта и среды, в которой выполняется работа.

В связи с этим исходили из предположения о наличии отчетливого эффекта тех тренировочных дыхательных упражнений, которые характеризуются увеличением работы дыхательных мышц при том же уровне легочной вентиляции.

Цель исследования — выявить характер изменений возможностей вентиляторного аппарата (мощности и выносливости дыхательных мышц), а также функциональных возможностей квалифицированных спортсменов при специфической физической нагрузке под влиянием тренировки дыхательных мышц.

Методы и организация исследования. Исследования проводились в течение трех недель в специально-подготовительном периоде с участием 15 квалифицированных гребцов (VO_2 max = 67,4±1,5 мл•кг$^{-1}$•мин$^{-1}$). Содержание основных средств тренировки было сходным у всех обследованных спортсменов и включало тренировочные упражнения преимущественно смешанного аэробно-анаэробного энергообеспечения. Около 78 % таких упражнений выполнялись при преимущественно аэробном и около 22 % — при преимущественно анаэробном режимах работы. Тренировка дыхательных мышц заключалась в использовании устройства добавочного сопротивления дыханию на вдохе типа “Powerlung” за счет снижения диаметра отверстия вдоха загубника. Этот тип дыхательной тренировки проводился перед тренировочным занятием. В процессе тренировочного занятия (3 раза в неделю) использовалось наложение эластичного пояса (шириной 12 см) с регулируемым натяжением на нижнюю треть грудной клетки.

В двух группах спортсменов содержание тренировки дыхательных мышц отличалось ее преимущественно “аэробной” (группа 1) и “анаэробной” направленностью. В группе 1 выполнялись 4 серии повторений 30 вдохов—выдохов с увеличенным сопротивлением на вдохе с интенсивностью около 3/4 максимальной с интервалом отдыха 2 мин. Предварительно проводилось обучение таким дыхательным упражнениям. В течение 25—30 мин тренировочного занятия (в первой его половине) наложение эластичного пояса осуществлялось в тренировочных упражнениях преимущественно аэробной направленности. В группе 2 три раза в неделю перед тренировочным занятием выполнялось 6 серий по 12 вдохов—выдохов околомаксимальной интенсивности с интервалом 1 мин. Наложение эластичного пояса осуществлялось в тренировочных упражнениях (сериях) с наиболее выраженным анаэробным гликолитическим энергообеспечением. Общее время таких элементов занятий составляло около 15—18 мин.

Перед периодом тренировки дыхательных мышц и после него (3 недели) измерялся комплекс показателей функциональных возможностей организма (Cosmed-4) при физической нагрузке критической мощности на эргометре Concept II (Wcr). Кроме того, с помощью устройства типа SpiroTiger [9] измерялось “время выносливости” дыхательных мышц — длительность поддержания заданных уровней вентиляции легких — 90 и 80 % максимальной их производительности (MVV), оцениваемой за 15 с. При этом во вдыхаемом воздухе создавалось дополнительное количество CO_2 для компенсации гипокапнических эффектов. Проведение более длительных, чем использованные, тестов на выносливость дыхательных мышц связано с трудностями компенсации гипокапнии. После указанных тестов (на второй минуте) определялась концентрация лактата в крови. Статистические различия оценивались на основе t-теста Стьюдента.

Результаты исследования и их обсуждение. Результаты исследования показали, что под влиянием тренировки дыхательных мышц (ТДМ) проявилась тенденция к повышению физической работоспособности и улучшался ряд показателей функциональных возможностей обследованных спортсменов. Для каждой из использованных в исследовании направленностей ТДМ были характерны свои особенности изменений (табл. 1 и 2).

В обоих видах ТДМ повышалось отношение дыхательного объема (V_T) при физической нагрузке к жизненной емкости легких (VC). Это может быть свидетельством того, что на основе повышения силы дыхательных мышц (прежде всего диафрагмы) увеличивается использование резервов емкости легких. Можно предположить, что такое увеличение не сопровождается приростом энергостоимости дыхания и обеспечивает повышение эффективности газообмена в легких. Каждая из направленностей ТДМ характеризовалась увеличением максимальной вентиляции легких (V_E max) в период физической нагрузки. В то же время в результате анализируемых видов ТДМ не обнаружено достоверных изменений VO_2 max и VC. Вместе с тем, длительность поддержания критической мощности нагрузки была большей по истечении ТДМ при различной ее направленности. Такие различия времени Wcr могут быть связаны с влиянием спортивной тренировки. Однако сопоставление характера изменений отдельных показателей при различной направленности ТДМ позволяет отнести часть такого прироста физической работоспособности к влиянию ТДМ.

Обращает на себя внимание, что при ТДМ в преимущественно аэробных режимах интенсивности (см. табл. 1) в отличие от ТДМ в преимущественно анаэробных режимах (см. табл. 2) имело место повышение V_T и максимальной частоты сердечных сокращений (HR max). Такие изменения могут быть свидетельством того, что прирост мощности вдоха и общей мощности дыхательного аппарата служат факторами “облегчения” для повышения максимальных пределов центральной циркуляции за счет создания лучших условий для диастолического наполнения сердца [6, 8].

В то же время при ТДМ в преимущественно анаэробных режимах в отличие от ТДМ в аэробных режимах отмечалась тенденция к увеличению MVV, а также пределов выделения CO_2 при Wcr (VCO_2 max). Эти данные могут косвенно свидетельствовать о приросте в результате такой направленности ТДМ возможностей дыхательной компенсации метаболического ацидоза в условиях высокой интенсивности физической нагрузки [3].

Специальному анализу были подвергнуты изменения под влиянием ТДМ рабочей производительности дыхательного аппарата (табл. 3) и их связь с изменением функциональных возможностей спортсменов.

Таблица 1

Тренировка дыхательных мышц преимущественно в аэробных режимах интенсивности
Средняя (погрешность средней), n = 8

Показатель	Период обследования	
	до ТДМ	после ТДМ
VC, с	6,31(0,11)	6,37(0,24)
MVV, $л·мин^{-1}$	278,5(5,1)	277,3(4,9)
V_T, л	2,59(0,21)*	2,9(0,23)*
V_T/VC,%	41,1(1,3)*	45,6(1,4)*
V_E max, $л·мин^{-1}$	174,8(4,3)*	183,2(4,5)*
HR max, $уд·мин^{-1}$	181,7(1,1)*	186,4(1,3)*
VO_2 max, $мл·кг^{-1}·мин^{-1}$	66,7(1,1)	67,7(1,0)
VCO_2 max, $мл·кг^{-1}·мин^{-1}$	73,4(1,2)	75,8(1,5)
Длительность W cr, мин	7,8(0,37)**	8,3(0,42)**

* $p<0,05$; ** $p<0,1$ (здесь и в табл. 2 и 3)

Таблица 2

Тренировка дыхательных мышц в преимущественно анаэробных режимах интенсивности
Средняя (погрешность средней), n = 7

Показатель	Период обследования	
	до ТДМ	после ТДМ
VC, с	6,27(0,18)	6,29(0,21)
MVV, $л·мин^{-1}$	276,4(5,3)**	284,7(6,2)**
V_T, л	2,64(0,22)	2,82(0,20)
V_T/VC,%	40,8(1,2)*	44,9(1,4)*
V_E max, $л·мин^{-1}$	172,9(4,1)*	182,0(3,9)*
HR max, $уд·мин^{-1}$	182,3(1,3)	184,2(1,4)
VO_2 max, $мл·кг^{-1}·мин^{-1}$	65,9((1,2)	67,3(1,2)
VCO_2 max, $мл·кг^{-1}·мин^{-1}$	72,7(1,1)**	77,4(1,4)**
Длительность W cr, мин	7,61(0,31)**	8,42(0,43)**

Таблица 3

Тренировка дыхательных мышц в преимущественно аэробном (группа 1) и анаэробном (группа 2) режимах. Использован критерий 5 %-го снижения заданного уровня
Средняя (погрешность средней), n = 8

Уровень произвольной вентиляции, %, MVV		Длительность поддержания, мин	
		до ТДМ	после ТДМ
90 %	Группа 1	0,31(0,03)	0,36(0,05)
	Группа 2	0,30(0,04)*	0,41(0,03)*
80 %	Группа 1	0,94(0,05)**	0,99(0,06)**
	Группа 2	0,91(0,04)*	1,13(0,03)*

* Отличия достоверны при $p<0,05$;
** Тенденция к отличиям $p<0,1$

Как видно из табл. 3, достоверное увеличение времени выносливости дыхательных мышц после трехнедельной программы ТДМ наблюдалось лишь при ее преимущественно анаэробных ре-

Таблица 4
**Тренировка дыхательных мышц различной преимущественной направленности
Средняя (погрешность средней)**

Показатель	Период измерений				P t-тест p<0,05
	Группа 1		Группа 2		
	до ТДМ	после ТДМ	до ТДМ	после ТДМ	
	1	2	3	4	
T_{50} V_E, с	37,2(1,7)	33,1(1,6)	38,5(1,6)	34,4(1,5)	1—2 3—4
$T_{50}VO_2$, с	29,5(1,6)	24,2(1,5)	28,4(1,7)	25,0(1,6)	1—2 3—4<0,1
$T_{50}VCO_2$, с	35,7(2,1)	32,9(1,9)	36,3(1,7)	31,8(1,6)	1—2 <0,1 3—4
$T_{50}HR$, с	19,3(1,0)	16,1(1,2)	18,5(1,3)	16,0(1,5)	1—2 —
VO_2 среднее 6 мин / VO_2max, %	87,2(2,0)	93,7(2,1)	85,6(1,9)	91,5(2,0)	1—2 3—4

жимах (группа 2). Причем это отмечалось как при 90 %, так и при 80 % MVV. В группе 1 с меньшей интенсивностью упражнений ТДМ имела место лишь тенденция к увеличению времени выносливости дыхательных мышц при 80 % уровня произвольной вентиляции от MVV. Это может свидетельствовать о том, что многолетняя интенсивная спортивная тренировка на выносливость вызывает такие адаптивные изменения дыхательных мышцах, которые в основном соответствуют требованиям к их функциональным возможностям в преимущественно аэробных режимах специальной работы. Можно предположить, что при высоком анаэробном гликолитическом компоненте спортивной нагрузки (в пределах 1—10 мин), когда большую роль для специальной выносливости играет дыхательная компенсация метаболического ацидоза, требования к выносливости дыхательных мышц возрастают и могут быть одним из ограничивающих факторов специальной выносливости.

Анализ взаимосвязи приростов времени выносливости дыхательных мышц (суммарный анализ 80 и 90 % MVV) и отдельных показателей функциональных возможностей под влиянием ТДМ показал наличие прямой зависимости выносливости дыхательных мышц с приростом отношения V_T/VC и V_E max ($r = 0{,}67$ и 0,69 соответственно $p < 0{,}05$).

Имела место тенденция к связи времени выносливости дыхательных мышц с приростом длительности Wcr в группе 2 с преимущественно анаэробной направленностью ТДМ ($r = 0{,}40$, $p < 0{,}1$).

Известно, что одно из важных направлений спортивного совершенствования квалифицированных спортсменов — разработка тренировочных и внетренировочных средств повышения реализации функционального потенциала в условиях соревновательной деятельности [3, 4]. В связи с этим оценивались изменения под влиянием ТДМ показателей, влияющих на степень реализации функционального потенциала спортсменов. Такими показателями являются начальная кинетика функций КРС, потребление O_2, выделение CO_2 при специфической физической нагрузке, а также степень утилизации VO_2 max в таких условиях (табл. 4).

Как видно из таблицы, ТДМ вызывает достоверное повышение начальной кинетики анализируемых показателей. Причем, если по кинетике V_E это наблюдалось в обеих группах гребцов, то по другим показателям изменения кинетики реакций отличались в зависимости от направленности ТДМ. Если в группе 1 (“аэробная” направленность) достоверно возрастала кинетика VO_2, то в группе 2 — кинетика VCO_2. Для группы 1 было характерно также увеличение кинетики HR. В обеих группах достоверно увеличивалась утилизация VO_2 max. Последнее могло быть связано со снижением начального дефицита O_2 вследствие прироста скорости начального увеличения потребления кислорода. Вследствие увеличения кинетики VCO_2 создаются предпосылки к повышению дыхательной компенсации лактат-ацидоза, особенно при переменном характере интенсивной работы. Обращает на себя внимание тенденция к снижению прироста концентрации лактата крови под влиянием ТДМ при поддержании произвольной вентиляции на уровне 80 % MVV, особенно заметная в группе 2 (с 5,1 до 4,4 ммоль•$л^{-1}$), что может свидетельствовать о повышении “дыхательной способности” мышечной ткани дыхательных мышц.

Выводы

• Под влиянием трехнедельной тренировки дыхательных (инспираторных) мышц в сочетании с естественным тренировочным процессом квалифицированных спортсменов отмечаются положительные изменения как работоспособности дыхательных мышц, так и функциональных возможностей организма при специфической физической нагрузке.

• Характер изменения функциональных возможностей связан с относительной интенсивностью специальных упражнений тренировки дыхательных мышц. Относительно больший эффект наблюдается при использовании более высокой мощности упражнений ТДМ.

• Наиболее отчетливый эффект ТДМ, связанный с проявлениями специальной работоспособности спортсменов, заключается в формировании предпосылок к увеличению кинетики реакций энергообеспечения и более полной реализации аэробного потенциала.

• Показана принципиальная возможность дифференцирования воздействий ТДМ при различных режимах их интенсивности. Однако конкретные способы такой дифференциации требуют дальнейших исследований.

1. *Кучкин С. Н. Бакулин С.А.* Аэробная производительность и методы ее повышения. — Волгоград, 1985. — 126 с.

2. *Михайлов В. В.* Дыхание спортсмена. — М.: Физкультура и спорт, 1983. — 104 с

3. *Мищенко В.С.* Функциональные возможности спортсменов. — К.: Здоров'я, 1990. — 200 с.

4. *Платонов В.Н.* Общая теория подготовки спортсменов в олимпийском спорте. — К.: Олимпийская литература, 1997. — 584 с.

5. *Савич А. Б.* Влияние инспираторной резистивной тренировки на работоспособность спортсменов: Сб. научн. трудов ГДОИФК. — Л., 1989. — С. 146—154.

6. *Amonette W. et. al.* The effect of respiratory muscle training on VO_2max? Vehtilatory threshold and pulmonary function //J. Exer. Phis. online. — 2002. — 5, *2* — P. 29—35.

7. *Coast J. R., Dupler T.L.* Maximal inspiratory pressure following exercise in trained and untrained subject // Med. Sci. Sports Exerc. — 1990. — 22, *6.* — P. 811—815.

8. *Dempsey J.* Limitaion to exercises capacity and endurance: pulmonary system // Can. J. Exerc. Physiol. — 1982. — **7**(1). — P. 4—13.

9. *Falsetti H.* Respiratory muscle training/ Health Corp. — 2001. — 949. — P. 727—1900.

10. *Fregosi R. et. al.* Endurance training does not effect diaphragm mitochondrial respiration // Respir. Phys. — 1987. — **67**. — P. 225—237.

11. *Power S. D.* Exercise training — induced changes in respiratory muscle // Sports Med. — 1997. — **1** (1). — P. 120—131.

12. *Tzelpis G.* E. et. al. Inspiratory muscles adaptation following pressure or flow training in humans // Eur. J. Apple. Phisiol. — 1999. — **79**(6). — P. 467—471.

13. *Reid R. et. al.* Respiratory muscle injury: evidence to date and potential mechanisms. //Can. J. Apple. Phys. — 2001. — **26**(4). — P. 67—75.

Государственный научно-исследовательский институт физической культуры и спорта, Киев
Академия физического воспитания и спорта, Гданьск

Поступила 06.05.2003