

## БИОМЕХАНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА ТРЕНИРОВКИ КАРДИОРЕСПИРАТОРНОЙ ВЫНОСЛИВОСТИ КВАЛИФИЦИРОВАННЫХ СПОРТСМЕНОВ

*Эффективное совершенствование методики тренировки кардиореспираторной выносливости квалифицированных спортсменов – одна из важнейших проблем современного спорта. Для решения данной проблемы предлагается использовать биомеханические эргогенные средства тренировки, повышающие интенсивность совершенствования механизмов энергообеспечения мышечной деятельности в структуре соревновательного или тренировочного упражнения – дыхательные тренажеры комплексного воздействия на кардиореспираторную выносливость спортсменов. В статье представлены экспериментальные данные, подтверждающие высокую эффективность воздействия предлагаемых тренажеров на дыхательную и сердечнососудистую функциональные системы спортсменов.*

**Ключевые слова:** кардиореспираторная выносливость, эргогенный эффект, механизмы энергообеспечения, биомеханический дыхательный тренажер комплексного воздействия "Новое дыхание".

Повышение выносливости спортсменов является одним из ключевых моментов достижения рекордных результатов. Выносливость/работоспособность спортсмена подразумевает не только способность "переносить" экстремальные нагрузки, но и быстро восстанавливаться как непосредственно в ходе тренировок, так и в перерывах между соревнованиями/тренировками.

Выносливость спортсмена условно подразделяют на общую и специальную [4, 5, 6]. Общая выносливость или "аэробная выносливость" или кардиореспираторная выносливость" определяется возможностями аэробной системы энергообеспечения [2, 3, 5]. Специальная выносливость – это способность противостоять утомлению при выполнении конкретных соревновательных/тренировочных упражнений [2, 3, 5]. Общая выносливость – база, фундамент специальной выносливости [7, 8].

Средства и методы тренировки/подготовки спортсменов, целенаправленно способствующие повышению работоспособности/выносливости, в последнее время в международной практике получили название "эргогенные" или "эргогенические". Английское слово "ergogenic" переводится как "фактор, повышающий работоспособность" или "вырабатывающий энергию" или "повышающий работу" [1].

Эргогенные средства и методы (ЭС) тренировки/подготовки классифицируются следующим образом [12]: пищевые ЭС, физиологические ЭС, психологические ЭС, фармакологические ЭС, биомеханические (механические) ЭС. В данной статье рассматриваются биомеханические и физиологические ЭС.

Необходимо отметить, что все средства и методы тренировки, используемые в подготовке спортсменов, являются эргогенными. Однако с ростом спортивного мастерства эффективность воздействия этих средств на работоспособность спортсменов снижается. При этом используемый в любом виде спорта круг тренировочных средств достаточно консервативен. Известно [4–9], что адаптационные отклики/перестройки в организме, возбуждаемые новым видом/типом тренирующего воздействия, постепенно снижаются/уменьшаются в связи с "привыканием" организма, что не дает требуемый тренировочный эффект.

Так, в практике подготовки бегунов на длинные дистанции, за последние 100 лет сменилось несколько основных методологий подготовки: эпоха непрерывного и повторного методов (метод длительной непрерывной работы), эпоха интервальной тренировки в различных вариантах (метод повторно – интервальной работы, метод переменной работы "фартлек", интервальная тренировка по "фрайбургскому правилу", сопряженная интервальная тренировка) [7–9].

Можно сказать, что за последние 50 лет существования современного спорта ученые и тренеры разработали и апробировали все виды возможных сочетаний основных характеристик использования физических нагрузок, то есть: виды упражнений, их интенсивность и продолжительность, количество повторений и длительности пауз отдыха [7–9].

Для того, чтобы совершить и закрепить новый взлет рекордных достижений в конкретном виде спорта, необходимо изыскивать новые, или не используемые ранее эргогенные средства и методы тренировки, или находить эффективные сочетания новых, нетрадиционных для данного вида спорта или "точечно" направленных тренировочных средств, со старыми эргометрическими способами тренировки [7–9, 12].

Поэтому "эргогенными" следует называть средства и методы тренировки спортсменов, новых или нетрадиционных для данного вида спорта, эффективно/целенаправленно повышающих работоспособность

на данном уровне подготовленности спортсменов, по сравнению с ранее применяемыми средствами и методами.

Эти средства и методы могут базироваться на использовании ранее известных биомеханических и физиологических механизмах в новых сочетаниях, что и дает новые тренировочные воздействия [9, 15]. При этом необходимо, чтобы тренирующее воздействие становилось более дифференцированным, то есть более направленное воздействовало бы на те физиологические системы, которые определяют требуемый результат.

То есть постоянно повышающийся уровень развития таких составляющих спортивной подготовленности, как мощность и емкость систем энергообеспечения, скорость, сила и т.д. требуют "...высокоинтенсивные специфические воздействия на каждую из этих составляющих [5]".

Известно [6–8, 19], что в метаболических источниках энергии движения человека обычно количественно оценивают три основных характеристики, описывающих достигаемый эргогенный эффект – мощность, емкость и эффективность. При этом достигаемый тренировочный эффект в значительной степени зависит от объема, интенсивности и направленности воздействия выполняемой тренировочной нагрузки [4, 5, 8 и др.]. Любая мышечная работа обеспечивается комплексным проявлением всех механизмов энергообеспечения, вклад каждого из которых, в зависимости от интенсивности и времени выполнения упражнения, может существенно меняться [8, 12, 23, 29 и др.]. Однако, даже в работе, в которой преимущественное значение имеют анаэробные механизмы, роль аэробных механизмов достаточно высока. Именно поэтому большинство специалистов считают, что повышение "скорости вработывания", мощности и емкости аэробного метаболизма работающих мышц, необходимо как для "длинных", так и относительно "коротких" временных отрезков выполнения соревновательного упражнения [2–10 и др.].

Отсюда следует, что для повышения работоспособности необходимо применение таких эргогенных средств тренировки, которые бы способствовали целенаправленному совершенствованию таких качеств как скорость "вработывания" систем кровообращения и дыхания и удержание на "пиковом" уровне достигнутых значений (соответствующих текущему состоянию спортсмена) [5, 7, 12, 14, 18 и др.].

Во многих видах спорта реализация работоспособности обычно происходит на фоне возрастающей кислородной недостаточности – гипоксии. При этом гипоксия является "пусковым механизмом", мощнейшим потенцирующим фактором совершенствования механизмов энергообеспечения человека [2, 3, 10, 17, 20 и др.]. То есть сама гипоксия является "не медикаментозным эргогенным тренировочным средством", точнее "тренировочным средством" к которому могут быть добавлены различные средства и методы тренировки.

Известно также, что дыхание в процессе выполнения физических упражнений газовой смесью не только с пониженным содержанием кислорода  $O_2$  (гипоксия), но и с повышенным содержанием двуокиси углерода  $CO_2$  (гиперкапния) является мощнейшим физиологическим эргогенным фактором [2, 8, 14 – 18, 21, 22 и др.]. Основными средствами, позволяющими реализовать дыхание такими газовыми смесями, являются устройства с "дополнительным мертвым дыхательным пространством" (ДМДП) [2, 3, 10, 16, 17 и др.].

Из основополагающих работ по физиологии дыхания известно, что обмену  $O_2$  и  $CO_2$  между атмосферным воздухом и внутренней средой организма способствует непрерывное обновление состава воздуха, заполняющего многочисленные альвеолы легких (24).

В таблице 1 представлен газовый состав различных объемов воздуха у человека во время дыхательного цикла в состоянии покоя.

Таблица 1

**Газовый состав различных объемов дыхательного воздуха у человека (%) в состоянии покоя (24)**

Воздух	Кислород	Углекислый газ	Азот
Вдыхаемый	20,96	0,02	79,02
Выдыхаемый	16,4	4,1	79,5
Альвеолярный	13,7	5,6	80,7
МДП	14,7	5,2	80,1

Данные, представленные в таблице 1, показывают, что физиологическая роль "вредного пространства" заключается в очищении и согревании в нем воздуха, поступающего в легкие, то есть в подготовке этого воздуха к эффективному процессу диффузии кислорода. Кроме того, следует отметить, что

в воздухе, находящемся в МДП ("мертвое дыхательное пространство"), имеется достаточно высокий процент двуокиси углерода, чем в атмосферном воздухе.

Можно сказать, что наличие определенной концентрации двуокиси углерода в МДП является необходимым условием эффективного процесса диффузии кислорода в альвеолах. В условиях предельной по мощности физической работы с минутным объемом вентиляции на уровне 150–160 л у высокотренированных спортсменов отмечается увеличение потребления кислорода, связанного с работой дыхательных мышц, в 120–150 раз, по сравнению с уровнем покоя.

При этом доля кислорода, обеспечивающего потребности работы дыхательной мускулатуры, во всем потребленном при выполнении физической нагрузки кислородом, увеличивается в 5–7 раз, достигая 500–550 мл/мин.

В то же время логично предположить, что для поддержки эффективности усвоения кислорода в альвеолах в пропорции с увеличением легочной вентиляции необходимо увеличивать концентрацию углекислого газа в альвеолярном воздухе. Естественно, при этом уменьшится концентрация кислорода во вдыхаемом воздухе. То есть, мы получим дыхание гипоксически-гиперкапнической смесью [15, 16].

Известно, что увеличение ДМДП приводит к развитию гипоксических сдвигов в организме в условиях выполнения тренировочных нагрузок, что значительно повышает их эффективность, и способствует быстрому и более выраженному росту работоспособности организма [2, 3 и др.].

Основными недостатками тренировочных устройств, реализующих эффект ДМДП, является:

– не возможность их использования при выполнении реальных соревновательных и тренировочных упражнений;

– достаточно большие размеры, отсутствие какой-либо шкалы содержания  $\text{CO}_2$  во вдыхаемом/выдыхаемом воздухе в зависимости от нагрузки.

Обобщая вышеизложенное, можно сказать, что для повышения работоспособности спортсменов целесообразно использовать такие эргогенные средства, которые:

– можно применять как в разминке, так и непосредственно в основной части тренировочных занятий, не оказывая существенного влияния на специализированность двигательных действий с позиции кинематики, биодинамики и координации работы мышц;

– дают возможность регулировать условия гипоксии-гиперкапнии в процессе тренировки с учетом индивидуальных особенностей спортсменов;

– дают возможность совершенствовать не только функциональную, но и физическую и техническую подготовленность спортсменов в реальных тренировочных и соревновательных упражнениях.

С 80-х годов 20-го века в практике подготовки высококвалифицированных спортсменов начали применяться специальные **биомеханические** тренировочные устройства, целенаправленно воздействующие на характеристики кардио-респираторной системы человека, как в статическом положении, так и при выполнении тренировочных упражнений различной интенсивности (2, 9, 16, 25 – 28, и др.). Воздействие на паттерн дыхания в этих устройствах осуществляется либо за счет использования дополнительных нагрузок различного характера на дыхательные мышцы, либо за счет изменений в составе вдыхаемой воздушной смеси (2, 3, 11, 16, 25, 26 и др.)

Среди этих устройств особый интерес представляют **биомеханические** тренажеры комплексного воздействия на кардиореспираторную систему спортсменов, разработанные и производимые научно-производственной фирмой "Спорт Технолоджи" под торговой маркой "Новое дыхание" (далее Тренажер, рис. 1а, б). Одно из последних изделий этого типа эффективно используется при подготовке пловцов высокой квалификации (рис. 1 б).

Комплексность воздействия тренажеров "Новое дыхание" на кардиореспираторную и другие функциональные жизнеобеспечения спортсмена обусловлена одновременным использованием **физических**, **биомеханических** и **физиологических** факторов.

Этими факторами являются:

– механическое сопротивление потоку выдыхаемого воздуха, которое может регулироваться;

– низкочастотная вибрация потока выдыхаемого воздуха с переменной частотой;

– интенсивность выполнения физических упражнений.

Механическое сопротивление потоку выдыхаемого воздуха и вибрация этого потока оказывают лечебно-профилактическое воздействие на кардиореспираторную, кровеносную, вегетативную и другие жизненно важные системы организма спортсмена (Пользователя). Изменяя интенсивность выполнения упражнения, можно регулировать уровень гипоксически-гиперкапнического состояния (концентрацию кислорода и углекислого газа в выдыхаемом воздухе как бы за счет расширения "виртуального" объема МДП.

Конструктивные особенности тренажера позволяют выполнять в нем физические упражнения, в том числе и в бассейне, не меняя техники их выполнения.

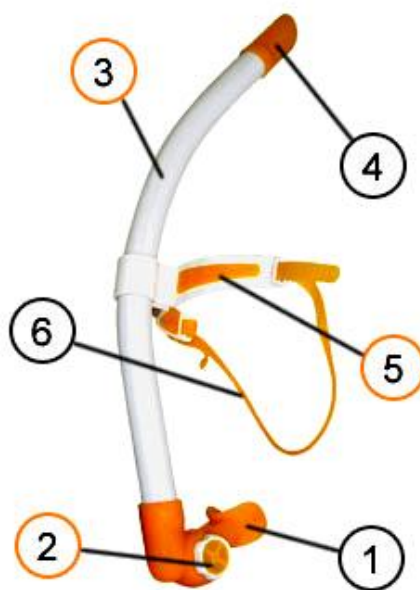
В экспериментальных исследованиях (выполнение работы на велоэргометре с постоянно возрастающей мощностью "до отказа") [14 – 18] было установлено, что:

1. При сравнении с нормальным дыханием использование Тренажера приводит к значительному ограничению потока выдыхаемого воздуха, начиная с первой ступени нагрузки и до ее окончания ("отказа"

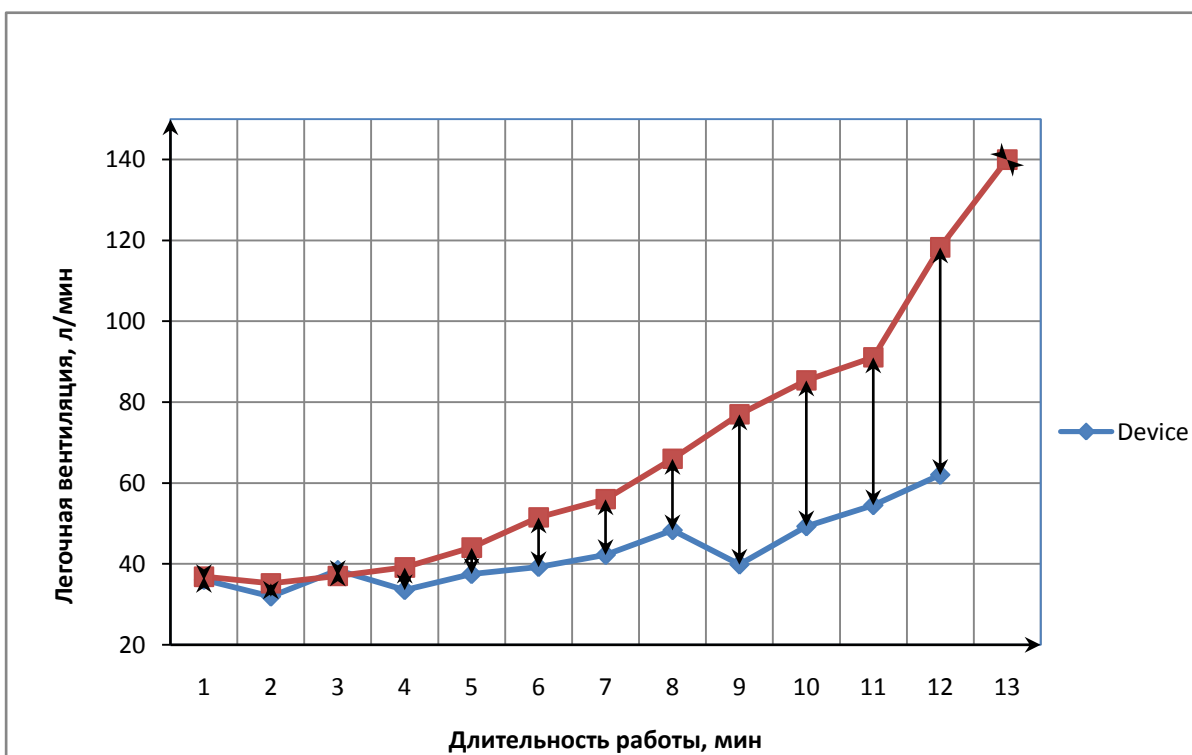
от работы), что подтверждается статистически достоверными различиями показателей легочной вентиляции (рис. 2, табл. 2).



**Рис. 1а. Тренажер "Новое дыхание" для комплексного воздействия на кардиореспираторную систему:**  
 1- корпус с загубником, 2- нагрузочное устройство с ручками регуляции,  
 3 – клапан вдоха, 4- держатель,  
 5 – крепежные ремни



**Рис. 1б. Тренажер "Новое дыхание" для комплексного воздействия на кардиореспираторную систему в плавании:** 1- корпус с загубником,  
 2- нагрузочное устройство с ручками регуляции, 3 -дыхательная труба,  
 4 – брызгоотражатель, 5 – налобник,  
 6 – крепежный ремень.



**Рис. 2. Динамика легочной вентиляции при выполнении теста (средние по группе значения)**







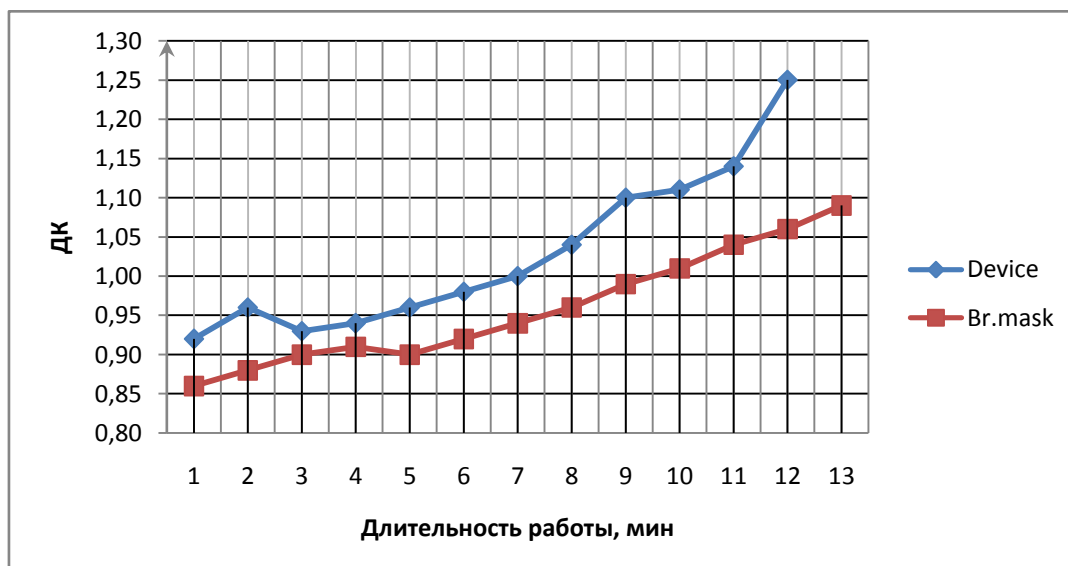


Рис. 6. Динамика ЧСС при выполнении тестового упражнения (средние по группе значения)

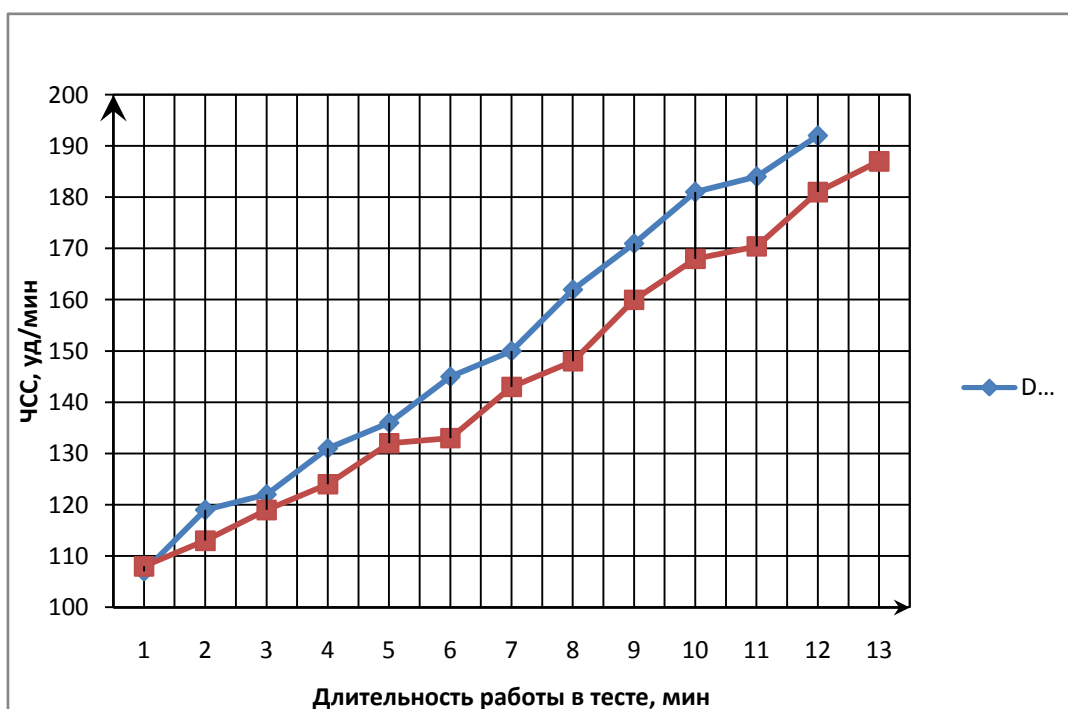


Таблица 6

Значения частоты сердечных сокращений ЧСС при выполнении тестового упражнения (средние по группе значения Device, Br.mask, среднеквадратичные отклонения St.dev., достоверность различия Stat.trust.)

T(min)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Device	107	119	122	131	136	145	150	162	171	181	184	192	
St.dev	5,5	6,9	8,1	14,2	14,7	16,1	14,8	15,6	18,2	19,4	21,2	24,9	



Br.mask	108	113	119	124	132	133	143	148	160	168	170	181	187
St.dev	4,8	5,1	5,0	6,4	8,1	7,9	9,30	11,00	12,10	15,70	18,20	20,70	22,90
Stat.trust	>0,05	>0,05	>0,05	>0,05	>0,05	>0,05	>0,05	>0,05	>0,05	>0,05	>0,05	>0,05	

### Заключение

Решение задачи целенаправленного совершенствования кардиореспираторной выносливости квалифицированных спортсменов различного уровня подготовленности есть поиск наиболее эффективных сочетаний ранее используемых средств и методов тренировки с новыми, более совершенными эргогенными средствами, способными акцентировано воздействовать на развитие адаптивных изменений в организме спортсменов.

Индивидуальные дыхательные тренажеры, комплексно воздействующие на кардиореспираторную систему спортсмена, являются не медикаментозными не традиционными биомеханическими эргогенными тренировочными средствами, рекомендуемыми для использования в различных видах спорта.

Применение Тренажеров позволяет повысить интенсивность и целенаправленность воздействия на сердечнососудистую и дыхательную системы, создавая предпосылки совершенствования аэробной и гликолитической систем энергообеспечения движений спортсменов, тем самым способствуя совершенствованию кардиореспираторной выносливости.

### Использованные источники

1. Англо-русский медицинский словарь. Под ред. Марковиной И.Ю., Улумбекова Э.Г. ГЭОТАР – Медиа, 2010. – 496 с
2. Антипов И.В. Влияние гипоксических и гипоксически-гиперкапнических газовых смесей на функциональные резервы организма человека: Дис. ... канд.биол. наук; 03.00.13. – Ульяновск, 2006. – 144 с.
3. Бреслав И.С. Волков Н.И., Тамбовцева Р.В. Дыхание и мышечная активность человека в спорте. – М.: Советский спорт, 2013, 384 с.
4. Бондарчук А.П. Периодизация спортивной тренировки. – Киев: Олимпийская литература, 2005. – 304 с.
5. Верхошанский Ю.В. Программирование и организация тренировочного процесса. – М.:ФиС, 1985. – 176 с.
6. Волков Н.И. Закономерности биохимической адаптации в процессе спортивной тренировки. – М.: РИО ГЦОЛИФК, 1986. – 63 с.
7. Волков Н.И., Попов О.И. Эргометрический анализ в спорте: проблемы и перспективы // Наука в Олимпийском спорте. – 2001. – №1. – С. 64 – 71.
8. Волков Н.И., Олейников В.И. Биоэнергетика спорта. Монография. – М.: Советский Спорт, 2011. – 160 с.
9. Волков Н.И., Войтенко Ю.А., Тамбовцева Р.В., Дышко Б.А. Проблемы эргогенных средств и методов тренировки в теории и практике спорта высших достижений. – Теория и практика физической культуры, №8, 2013, С. 68 – 71.
10. Головачев А.И., Португалов С.Н., Воронцов А.Р., Кочергин А.Б., Руссков И.М., Згурский Н.С., Дышко Б.А. Современные методические подходы к повышению специально работоспособности на основе использования тренажеров комплексного воздействия на дыхательную систему спортсменов. – Теория и практика физической культуры. – 2011. – №7. – С. 26 – 32.
11. Горбанева Е.П., Солопов А.И., Власов А.А., Воскресенский С.А. Эффекты применения резистивного и эластического сопротивления дыханию в тренировке спортсмена // Физиология человека. – 2010, т. 36(2). – С. 126 – 129.
12. Допинг и эргогенные средства в спорте/ под ред. В.Н.Платонова. -Киев: Олимпийская литература, 2003. – 576 с.
13. Дышко Б.А. Индивидуальные средства для тренировки дыхательной системы // Медицина и спорт. – 2006. – №56. – С. 36 – 37.
14. Дышко Б.А. К вопросу повышения работоспособности спортсменов высшей квалификации: индивидуальные дыхательные тренажеры комплексного воздействия на дыхательную систему спортсменов. Доклады Международной научно-практической конференции государств-участников СНГ по проблемам физической культуры и спорта. – Минск, 2010. – С.110 – 118.
15. Дышко Б.А., Головачев А.И. Инновационные подходы к совершенствованию физической работоспособности спортсменов на основе применения тренажеров комплексного воздействия на дыхательную систему // Вестник спортивной науки. – 2011. – №1. – С. 7 – 11.

16. Дышко Б.А., Кочергин А.Б., Головачев А.И. Инновационные технологии тренировки дыхательной системы. – М.: Теор. и практ. физической культуры и спорта, 2012. – 122 с.
17. Дышко Б.А., Кочергин А.Б. Не медикаментозные нетрадиционные эргогенные средства и методы тренировки высококвалифицированных пловцов – Спортивная медицина: наука и практика // Материалы III-го Всероссийского конгресса с международным участием ""Медицина для спорта – 2013" в преддверии Олимпиады". – Москва, 2013. – С.105 – 107.
18. Захаркин И.В., Волков Н.И., Козлов А.А., Дышко Б.А. Нетрадиционные средства тренировки кардиореспираторной выносливости в игровых видах спорта. – Теория и практика физической культуры. – 2012. – №6. – С.74 – 81.
19. [Зациорский В.М., Алешинский С.Ю., Якунин Н.А. Биомеханические основы выносливости.](#) – М.: ФисС, 1982. – 207 с.
20. [Колчинская А.З., Цыганова Т.Н., Остапенко Л.А.](#) Нормобарическая интервальная гипоксическая тренировка в медицине и спорте. – М.: Медицина, 2003. – 408 с.
21. Маршак М.Е. Физиологическое значение углекислоты. – М.: Медицина, 1969. – 145 с.
22. Солопов И.Н. Физиологические эффекты методов направленного воздействия на дыхательную функцию человека – Волгоград, 2004. – 220 с.
23. Плавание /под ред. В.Н.Платонова. – Киев: Олимпийская литература, 2000. – 495 с.
24. Физиология человека. Под ред. Покровского В.М., Коротько Г.Ф. – М.: Медицина, 1997; Т1. – 448 с.
25. Caine M.P., McConnell A.K. The respiratory muscles can be trained differentially to increase strength of endurance using a pressure threshold inspiratory muscle training device // *Europ. Respiratory J.*, 1998, v.12, pp. 58 – 59.
26. Dychko B., Kochergin A. "Biomechanical regulation of sportsmen external breath characteristics with use of pneuma-vibration effect" – Proceeding of XXVI International Symposium on Biomechanics in Sport (ISBS), pp. 343-347. Sequil, Korea, 2008.
27. Kilding A.E., Brown S., McConnell A.K. Inspiratory muscle training improves 100 and 200 m swimming performance. // *Europ. J. Appl. Physiol.*, 2009, v. 108, 505 – 515 pp.
28. McConnell A.K. Breathe strong, perform better. – Champaign, IL: Human kinetics, 2011, 275 pp.
29. Verkhoshanskij Yu. Basic concepts of training theory and methodology. – Proceedings Seminar for Experts in the Methodology of sport Training, Sicily, Italy, 2002, 35 -46 pp.
30. Verges S., Bontellier U., Spengler C.M. Effect of respiratory muscle endurance training on respiratory sensation, respiratory control and exercise performance. A 15-year experience// *Resp. Physiol. and Neurobiology.*, 2008, v.161, 16 – 22 pp.
31. Volkov N.I. Intermittent hypoxia training to change endurance elite swimmers. In: L.Xi, T.V. Serebrovskaya (Eds), *Intermittent Hypoxia and Human Dieses.* – London: Springer Verlag, 2011, 183 – 189 pp.

*Dyshko B.A., Kochergin A.B.*

#### **BIOMECHANICAL TRAINING DEVICES TO INCREASE OF THE CARDIORESPIRATORY ENDURANCE OF THE SKILLED SPORTSMEN**

*The effective improvement of the cardio respiratory endurance training methods of the skilled sportsmen is one of the most important problems of the modern sport. It's offered to use biomechanical ergogenic devices to increase the intensity of improvement of mechanisms of energy which supplied to muscle activity in the structure of competition or training exercises – breathing simulators complex influence on athlete's cardio respiratory endurance to solve this problem. Experimental data confirming the high efficiency of the influence of proposed simulators on the respiratory and cardiovascular functional system of sportsmen are showed*

**Key words:** *cardio respiratory endurance, ergogenic, mechanisms of energy supply, a biomechanical breathing simulator of the complex influence "New Breathe".*

*Стаття надійшла до редакції 26.07.2013 р.*

УДК 37