

ТЕОРИЯ И МЕТОДИКА ДЕТСКО-ЮНОШЕСКОГО СПОРТА

ВЛИЯНИЕ ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ ВНЕШНЕМУ ДЫХАНИЮ НА СПЕЦИАЛЬНУЮ РАБОТОСПОСОБНОСТЬ И ПОКАЗАТЕЛИ ЭНЕРГООБЕСПЕЧЕНИЯ ЮНЫХ ГИМНАСТОВ

С.А. БАРАНЦЕВ,
ФГБОУ ВО ГУУ,
ФГБНУ «ИРЗАР», г. Москва;
В.П. ЧИЧЕРИН, В.В. БАРАННИКОВ,
ФГБОУ ВО ГУУ, г. Москва;
В.А. ГОЛОВИНА,
РХТУ им. Д.И. Менделеева, г. Москва

Аннотация

Исследуется влияние дополнительного сопротивления внешнему дыханию в процессе тренировочных занятий на показатели специальной работоспособности и энергообеспечения юных гимнастов. Установлено, что использование в тренировках респираторной маски значительно повышает специальную тренировочную работоспособность гимнастов 12–15-летнего возраста (I и II спортивные разряды) за счёт развития анаэробных механизмов энергообеспечения.

Ключевые слова: юные гимнасты, работоспособность, дополнительное сопротивление внешнему дыханию.

THE EFFECT OF ADDITIONAL RESISTANCE TO EXTERNAL RESPIRATION ON THE SPECIAL PERFORMANCE AND ENERGY SUPPLY INDICATORS OF YOUNG GYMNASTS

S.A. BARANTSEV,
SUM; FSBSI "ICDHA", Moscow city;
V.P. CHICHERIN, V.V. BARANNIKOV,
SUM, Moscow city;
V.A. GOLOVINA,
Mendeleev University, Moscow city

Abstract

The influence of additional resistance to external breathing during training sessions on the indicators of special performance and energy supply of young gymnasts is investigated. It was found that the use of a respiratory mask in training significantly increases the special training performance of gymnasts aged 12–15 years (I and II sports categories) due to the development of anaerobic energy supply mechanisms.

Keywords: young gymnasts, performance, additional resistance to external breathing.

Введение

В современных условиях для повышения спортивных результатов наряду с большими объёмами тренировочной работы применяют различные неспецифические средства. Известно, что занятия спортивной гимнастикой не способствуют развитию внешнего дыхания и аэробной работоспособности. В связи с этим важно рассмотреть результаты исследований с применением неспецифических средств, в которых представлены данные о показателях энергообеспечения в условиях сопротивле-

ния внешнему дыханию, что присуще спортивной гимнастике.

Установлено, что при внешнем дополнительном резистивном сопротивлении происходят изменения рефлекторной регуляции дыхательного цикла, газообменной и газотранспортной функций [1].

Тренировка на велоэргометре с дополнительным респираторным сопротивлением (ДРС) в течение 6 недель увеличивает максимальную работоспособность, фи-



зическую выносливость и максимальную произвольность вентиляции лёгких у взрослых мужчин и женщин [2].

Определено, что тренировка пловцов с использованием тренажера, оказывающего сопротивление выдыхаемому воздуху, существенно улучшает показатели системы кровообращения и повышает специальную физическую подготовленность организма [3].

Спринтеры 14–15-летнего возраста (I и II спортивные разряды) выполняли тренировочную работу в подготовительном периоде с резистивно-респираторным сопротивлением дыханию, используя специально сконструированные маски. В результате выявлена положительная динамика развития внутренних резервов сердечно-сосудистой системы [4].

Шести недельная тренировка дзюдоистов и четырех недельная тренировка спортсменов-бегунов на 800 м с ДРС (специальные тренажеры) достоверно повышает дыхательный объем, физическую работоспособность и максимальное потребление кислорода [5, 6].

Н.Д. Дианов [7] для повышения работоспособности борцов применял респираторную маску Р-2. В программу эксперимента входили кросс на 2–3 км, общеразвивающие упражнения, подготовительная часть дневных и вечерних тренировок на ковре (20–35 мин), которые выполнялись в маске. Это способствовало совершенствованию общей и специальной выносливости. Величина тренировочного эффекта, по мнению автора, приближается к подготовке в условиях среднегорья.

В связи с тем, что повышение работоспособности за счет объема тренировочной работы имеет понятные ограничения, актуальным является вопрос совершенствования специальной работоспособности гимнастов с применением неспецифических средств. Это, в свою очередь, ускорит переход к более интенсивным тренировкам. Кроме того, анализ специальной литературы показал отсутствие данных о влиянии ДРС на тренировочную нагрузку и показатели энергообеспечения гимнастов.

Цель исследования: определить влияние дополнительного сопротивления внешнему дыханию на специальную, общую работоспособность и показатели энергообеспечения юных гимнастов.

Материалы и методы исследования

Известно, что показатели общей физической работоспособности в значительной мере зависят от общей выносливости организма и тесно связаны с его аэробными возможностями, т.е. продуктивностью транспортной системы кислорода. Общую физическую работоспособность и показатели энергообеспечения организма юных гимнастов определяли в лабораторных условиях, где испытуемые выполняли на велоэргометре ступенчато возрастающую нагрузку «до отказа». В ходе этой работы и по её окончании в течение 30 мин анализировали выдыхаемый воздух. По результатам анализа определяли показатели, характеризующие аэробные механизмы

энергообеспечения: абсолютные и относительные величины максимального потребления кислорода (МПК и МПК/кг), кислородного пульса ($O_{2п}$ и $O_{2п}/кг$) и лёгочной вентиляции (ЛВ и ЛВ/кг в условиях ВТРС*), а также показатели анаэробных механизмов энергообеспечения: абсолютные и относительные величины максимального кислородного долга (МКД и МКД/кг), его быстрой (БФ и БФ/кг) и медленной (МФ и МФ/кг) фракций. PWC_{170} и $PWC_{170}/кг$ определяли по формуле В.Л. Карпмана.

Под спортивной (специальной) работоспособностью в гимнастике принято понимать количество упражнений, выполненных спортсменом за определенный отрезок времени (день, неделю, месяц и др.) [8]. Однако В.С. Рубин с соавт. [9] считают, что при помощи учета тренировочных нагрузок нельзя с достаточной точностью определить уровень работоспособности гимнаста. Видимо, это связано с тем, что гимнасты, как правило, не выполняют максимально возможное количество упражнений на тренировках. Специальную тренировочную работоспособность (СР) юных гимнастов исследовали с помощью разработанного и обоснованного теста [10].

Для проведения эксперимента были созданы две группы: экспериментальная (ЭГ) и контрольная (КГ). Гимнасты в возрасте 12–15 лет имели I и II спортивные разряды. В обеих группах был традиционный тренировочный процесс, характерный для подготовительного периода: отработка на гимнастических снарядах отдельных элементов, соединений и комбинаций. Этому предшествовала 10–15-минутная разминка. Группы отличались тем, что юные спортсмены ЭГ тренировались на гимнастических снарядах в респираторной маске Р-2 на протяжении 25 дней (при объемном расходе воздуха в $500 \text{ см}^3/с$ сопротивление потоку воздуха в таких устройствах составляет не более 88,2 Па). Причем гимнасты тренировались в маске на каждом втором снаряде: на первом – без маски, на втором – в маске и т.д. На протяжении 25 дней проводили хронометраж тренировочных занятий: определяли количество выполненных элементов (КЭ), общее время тренировки (T_0), интенсивность тренировки (И), количество подходов к снарядам (КП), количество элементов в одном подходе (КЭ/п), $КЭ_2$ и индекс интенсивности (ИИ) по В.Н. Афонину, сумму пульса (при помощи телеметрии), средний пульс за тренировку.

На протяжении всей тренировки после каждого подхода к снаряду собирали выдыхаемый воздух 15-секундными порциями в мешки Дугласа. Определяли: лёгочную вентиляцию за 15 с (ЛВ-15 с), % поглощения O_2 и рабочее потребление O_2 в пересчете на 1 мин ($ПО_2/мин$, в условиях STPD**). Зная МПК в лабораторных условиях, рассчитывали уровень рабочего $ПО_2$ от МПК во время тренировки.

Результаты тестирования обрабатывались методами математической статистики. Определялись средние зна-

* ВТРС (Body condition for Temperature and Barometric Pressure, Saturated) – параметры газа в легких человека: температура тела человека (37°C), барометрическое (атмосферное) давление и полное насыщение водяным паром.

** STPD (Standard temperature and pressure, dry) – стандартная температура, давление и сухой газ в спирографии – это стандартные условия для приведения объемов выдыхаемого воздуха к общим условиям температуры, давления и влажности. В системе STPD используются стандартная температура (0°C) и давление (760 мм рт. ст.), а также сухое состояние газа.



чения, квадратическое отклонение от них. Нормальность распределения результатов исследования оценивалась по коэффициентам асимметрии и эксцесса. При нормальном распределении взаимосвязь определялась при помощи линейной корреляции, а достоверность различий – по *t*-критерию Стьюдента для попарно связанных вариантов, что позволило получить достоверные данные даже при небольшом числе испытуемых.

Результаты исследования

Исследуемые нами показатели соответствовали закону нормального распределения, поэтому достоверность различий определяли по *t*-критерию Стьюдента для попарно связанных выборок, а взаимосвязь показателей – при помощи линейной корреляции.

В результате эксперимента (табл. 1) отмечено существенное увеличение специальной работоспособности

гимнастов ЭГ на 28% ($p < 0,01$). При этом зарегистрировано достоверное увеличение анаэробных возможностей организма юных гимнастов. Так, абсолютные величины МКД увеличились на 23%, его быстрая фракция возросла на 29%, а медленная – на 19%. Кроме этого, отмечено увеличение и относительных величин изучаемых параметров: МКД/кг – на 21%, БФ/кг – на 18%, МФ/кг – на 16%. Показатели лёгочной вентиляции, максимального потребления кислорода, кислородного пульса и PWC_{170} не имели достоверных изменений.

В контрольной группе все показатели остались без изменений ($p > 0,05$), за исключением достоверного снижения МПК/кг ($p < 0,05$).

Следовательно, тренировка юных гимнастов в респираторной маске значительно повышает специальную тренировочную работоспособность за счет развития анаэробных механизмов энергообеспечения.

Таблица 1

Динамика показателей работоспособности юных гимнастов до и после педагогического эксперимента

Показатель	Экспериментальная группа			Контрольная группа		
	До	После	<i>t</i> -критерий Стьюдента	До	После	<i>t</i> -критерий Стьюдента
	$M \pm \sigma$			$M \pm \sigma$		
СР (усл. ед.)	7,75 ± 2,13	9,91 ± 2,12	$p < 0,01$	8,7 ± 2,1	9,3 ± 2,8	–
МПК/кг (мл/кг)	49,7 ± 3,14	48,7 ± 3,58	–	53,4 ± 5,07	46,1 ± 4,69	$p < 0,05$
ЛВ/кг (л/кг)	2,0 ± 0,13	1,9 ± 0,13	–	2,02 ± 0,34	1,81 ± 0,20	–
$O_{2п}$ /кг (мл/кг)	0,265 ± 0,025	0,27 ± 0,027	–	0,264 ± 0,038	0,23 ± 0,031	–
МКД/кг (мл/кг)	65,5 ± 8,86	79,3 ± 7,33	$p < 0,05$	82,7 ± 21,1	69,7 ± 19,3	–
БФ/кг (мл/кг)	22,0 ± 3,48	26,7 ± 3,07	$p < 0,05$	25,2 ± 4,1	21,4 ± 3,70	–
МФ/кг (мл/кг)	44,5 ± 9,9	52,7 ± 6,62	–	57,8 ± 17,4	48,3 ± 16,8	–
PWC_{170} /кг (кгм/мин/кг)	16,0 ± 2,54	16,9 ± 1,74	–	13,7 ± 2,15	15,6 ± 3,06	–

Примечание. Прочерк – различия недостоверные.

При работе в маске Р-2 (табл. 2) показатели тренировочной нагрузки – T_o , И, КП, КЭ/п, ИИ не имели достоверных изменений ($p > 0,05$).

Таблица 2

Функциональные показатели организма и показатели тренировочных нагрузок юных гимнастов при тренировке в маске и без неё

Показатель	В маске	Без маски	<i>t</i> -критерий Стьюдента
	$M \pm \sigma$		
PO_2 от МПК (%)	51,0 ± 5,50	42,7 ± 5,4	$p < 0,01$
% поглощения O_2	4,49 ± 0,60	3,46 ± 0,36	$p < 0,01$
ЛВ-15 с (л)	6,05 ± 1,03	6,47 ± 0,67	–
КЭ (кэ)	213 ± 52,6	283 ± 71,8	$p < 0,05$
T_o (с)	135 ± 24,5	138 ± 35,1	–
И (кэ/с)	1,65 ± 0,68	2,09 ± 0,68	–
КП (кп)	59 ± 16,6	62 ± 13,1	–
КЭ в 1 подх. (кэ)	3,8 ± 1,5	4,6 ± 1,0	–
$КЭ_2$ (кэ)	172 ± 40,4	233 ± 63,0	$p < 0,05$
ИИ (усл. ед.)	0,33 ± 0,31	0,58 ± 0,29	–

Примечание. Прочерк – различия недостоверные.



Достоверно меньшим стало количество элементов, выполненных за тренировку. Кроме того, работа в респираторной маске во время тренировки влияет на процент поглощения кислорода: он значительно увеличился ($p < 0,01$). При этом лёгочная вентиляция (за 15 с) достоверно не изменилась, но возрос уровень рабочего PO_2 от МПК ($p < 0,01$).

Следовательно, при примерно одинаковых показателях тренировочной нагрузки использование респираторной маски на занятиях достоверно увеличивает уровень рабочего потребления O_2 у юных гимнастов за счет роста процента поглощения кислорода.

Обсуждение результатов исследования

Энергия у юных гимнастов при выполнении гимнастических упражнений образуется за счет анаэробных источников, прежде всего фосфагенной системы. И при первом (фосфагенная система), и при втором (гликолиз) анаэробном источнике образования энергии происходит окисление органических веществ. Видимо, поэтому мы наблюдали эффект увеличения процента потребления кислорода в эксперименте с использованием респираторной маски при стабилизации показателей внешнего дыхания.

Ю.Ю. Бяловский [2011] установил, что по мере изменения параметров нагрузки (интенсивности сопротивления дыханию) происходит изменение интенсивности сдвигов физиологических параметров. Субмаксимальная величина резистивных нагрузок является качественно «переломной» в распределении интенсивности вегетативных и энергетических сдвигов. В вегетативной сфере наблюдаются умеренные гиповентиляторные сдвиги ($p > 0,05$), которые наряду с очень значительными

($p < 0,001$) изменениями моторного выхода вызывают отклонения газового состава альвеолярного воздуха ($p < 0,05$). Результаты этого исследования могут служить объяснением совершенствования анаэробной работоспособности и увеличения процента поглощения кислорода у юных гимнастов при использовании респираторной маски во время тренировки, которая увеличивает нагрузку на анаэробную систему энергоснабжения.

В исследованиях Н.Д. Дианова [7] применение в тренировке спортсменов маски Р-2 привело к увеличению работоспособности и аэробной производительности. В наших исследованиях было выявлено значительное совершенствование показателей, характеризующих анаэробное энергообеспечение. Такое отличие заключается, прежде всего, в характере физических нагрузок.

Новизна исследования выражается в следующем: 1) использование маски Р-2 на тренировочных занятиях значительно повышает специальную работоспособность юных гимнастов; 2) при тренировке с дополнительным сопротивлением внешнему дыханию у гимнастов достоверно увеличивается уровень рабочего потребления кислорода за счет процента (%) его поглощения.

Вывод

Тренировка гимнастов 12–15 лет в респираторной маске Р-2 значительно повышает специальную тренировочную работоспособность ($p < 0,01$) за счет развития показателей, характеризующих механизмы анаэробного энергообеспечения (быстрая фракция кислородного долга), и достоверно увеличивает уровень рабочего потребления кислорода во время тренировки за счет процента его поглощения.

Литература

1. Урюмцев, Д.Ю. Функциональная организация системы внешнего дыхания при слабом дополнительном респираторном сопротивлении: автореф. дис. ... канд. мед. наук / Д.Ю. Урюмцев. – Новосибирск. – 2016. – 138 с.
2. Бяловский, Ю.Ю. Эффекты комбинированной тренировки с дополнительным респираторным сопротивлением и длительными физическими нагрузками / Ю.Ю. Бяловский, И.С. Ракитина // Современные вопросы биомедицины. – 2023. – Т. 7, № 1 (22). – DOI: 10.51871/2588-0500_2023_07_01_33
3. Солопов, И.Н. Расширение функциональных возможностей пловцов посредством использования дыхательного тренажера комплексного воздействия «Русский snorkель – Новое дыхание» / И.Н. Солопов, Б.А. Дышко, В.Б. Авдиенко // Теория и практика физической культуры. – 2021. – № 3. – С. 88–90.
4. Камчатников, А.Г. Использование резистивно-респираторного сопротивления дыханию для оптимизации процессов адаптации к мышечной деятельности / А.Г. Камчатников, Н.В. Серединцева, И.В. Федотова [и др.] // Вопросы курортологии, физиотерапии и лечебной физической культуры. – 2020. – Т. 97, № 6-2. – С. 48–49.
5. Бяловский, Ю.Ю. Эффективность использования дополнительного респираторного сопротивления для оптимизации физической подготовки дзюдоистов / Ю.Ю. Бяловский, И.С. Ракитина // Ульяновский медицинский журнал. – 2022. – № 4. – С. 128–138. – DOI: 10.34014/2227-1848-2022-4-128-138
6. Бяловский, Ю.Ю. Влияние тренировки с дополнительным респираторным сопротивлением на результаты бега на средние дистанции / Ю.Ю. Бяловский, И.С. Ракитина // Вестник Уральской медицинской академической науки. – 2023. – Т. 20, № 1-2. – С. 75–87. – DOI: 10.22138/2500-0918-2023-20-1-75-87
7. Дианов, Н.Д. Эффективность совершенствования специальной выносливости борцов в процессе тренировки с дополнительным сопротивлением внешнему дыханию: автореф. дис. ... канд. пед. наук / Н.Д. Дианов. – Москва, 1977. – 20 с.



8. Украин, М.Л. Методика тренировки гимнастов / М.Л. Украин. – Москва, 1971. – 279 с.

9. Рубин, В.С. О совершенствовании системы учёта и анализа тренировочных нагрузок квалифицированных гимнастов / В.С. Рубин, И.М. Голубева // Гимнастика. – 1978. – Вып. 2. – С. 42–47.

10. Баранцев, С.А. Исследование работоспособности юных гимнастов и методы её повышения: автореф.

дис. ... канд. пед. наук / С.А. Баранцев. – Москва, 1981. – 25 с.

11. Бяловский, Ю.Ю. Условный дыхательный рефлекс на увеличенное сопротивление дыханию как экспериментальная модель адаптивной деятельности / Ю.Ю. Бяловский // Российский медико-биологический вестник имени академика И.П. Павлова. – 2012. – Т. 20. – № 2. – С. 75–84.

References

1. Uryumtsev, D.Yu. (2016), Functional organization of the external respiratory system with weak additional respiratory resistance, *Abstract Dis. ... Ph.D. of Medical Sciences*, Novosibirsk, 138 p.

2. Byalovskiy, Yu.Yu. and Rakitina, I.S. (2023), Effects of combined training with additional respiratory resistance and long-term physical loads, *Sovremennye voprosy biomeditsiny*, vol. 7, no. 1 (22), DOI: 10.51871/2588-0500_2023_07_01_33

3. Solopov, I.N., Dyshko, B.A. and Avdienko, V.B. (2021), Expansion of the functional capabilities of swimmers through the use of a breathing simulator of complex impact “Russian snorkel – New breath”, *Teoriya i praktika fizicheskoy kul'tury*, no. 3, pp. 88–90.

4. Kamchatnikov, A.G., Seredintseva, N.V., Fedotova, I.V. [et al.] (2020), The use of resistive respiratory resistance to breathing to optimize the processes of adaptation to muscular activity, *Voprosy kurortologii, fizioterapii i lechebnoy fizicheskoy kul'tury*, vol. 97, no. 6-2, pp. 48–49.

5. Byalovskiy, Yu.Yu. and Rakitina, I.S. (2022), Effectiveness of additional respiratory resistance for physical fitness of judo athletes, *Ul'yanovskiy mediko-biologicheskii zhurnal*, no. 4, pp. 128–138, DOI: 10.34014/2227-1848-2022-4-128-138

6. Byalovskiy, Yu.Yu. and Rakitina, I.S. (2023), The effect of training with additional respiratory resistance on the results of middle-distance running, *Vestnik Ural'skoy meditsinskoy akademicheskoy nauki*, vol. 20, no. 1-2, pp. 75–87, DOI: 10.22138/2500-0918-2023-20-1-75-87

7. Dianov, N.D. (1977), The effectiveness of improving the special endurance of wrestlers during training with additional resistance to external breathing, *Abstract Dis. ... Ph.D. of Pedagogical Sciences*, Moscow, 20 p.

8. Ukrain, M.L. (1971), *Methods of training gymnasts*, Moscow, 279 p.

9. Ruban, V.S. and Golubeva, I.M. (1978), On improving the system of accounting and analysis of training loads of qualified gymnasts, *Gimnastika*, issue 2, pp. 42–47.

10. Barantsev, S.A. (1981), Research of young gymnasts' working capacity and methods of its improvement, *Abstract Dis. ... Ph.D. of Pedagogical Sciences*, Moscow, 25 p.

11. Byalovskiy, Yu.Yu. (2012), Conventional respiratory reflex to increased respiratory resistance as an experimental model of adaptive activity, *Rossiyskiy mediko-biologicheskii vestnik imeni akademika I.P. Pavlova*, vol. 20, no. 2, pp. 75–84.

