

УДК 796.01:61

DOI 10.34014/2227-1848-2022-4-128-138

## ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО РЕСПИРАТОРНОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ ФИЗИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ ДЗЮДОИСТОВ

Ю.Ю. Бяловский, И.С. Ракигина

ФГБОУ ВО «Рязанский государственный медицинский университет им. академика И.П. Павлова» Министерства здравоохранения Российской Федерации, г. Рязань, Россия

*Высокую актуальность имеет разработка и внедрение научно обоснованных методов оптимизации функционального состояния спортсменов. К таким методам относится включение дополнительного респираторного сопротивления (ДРС).*

*Целью исследования было определение влияния дополнительного респираторного сопротивления на динамику физической подготовленности борцов секции дзюдо.*

*Материалы и методы. Испытуемые (42 чел.) составили две группы: основная группа (25 чел.) дзюдоистов использовала в тренировочном процессе ДРС величиной 20 %  $P_{ттах}$ , где  $P_{ттах}$  – максимальное внутриротовое давление, определяемое при полном перекрытии рта и носа; контрольная группа (27 чел.) осуществляла цикл общефизической тренировки без использования ДРС. Тренировки с ДРС в основной группе проводились 1 раз в день в течение 25 мин на протяжении 6 нед.*

*Результаты. К 6-й нед. цикла общефизической тренировки с использованием ДРС отмечалось достоверное ( $p < 0,05$ ) увеличение дыхательного объема, повышение максимального внутриротового давления ( $p < 0,05$ ), рост физической работоспособности ( $p < 0,05$ ) относительно группы контроля. Тестирование максимального потребления кислорода выявило достоверное повышение данного показателя ( $p < 0,05$ ) у представителей основной группы. Наиболее значимые изменения показателей скоростно-силовой подготовленности относительно контрольной группы отмечались в отношении приседаний со штангой ( $p < 0,05$ ) и бега на 60 и 100 м ( $p < 0,01$ ).*

*Выводы. Включение в тренировочный режим общефизической подготовки дзюдоистов 6-недельной тренировки с ДРС 20 %  $P_{ттах}$  оказывает положительное влияние на динамику физической подготовленности борцов.*

**Ключевые слова:** дополнительное респираторное сопротивление, физическая подготовленность дзюдоистов.

**Введение.** В последнее время для повышения эффективности тренировочной деятельности особую актуальность приобретает разработка и внедрение научно обоснованных методов оптимизации функционального состояния спортсменов [1–3]. Перспективные возможности открываются в связи использованием в тренировочном процессе методических приемов, которые оказывают оптимизирующее действие на организм [4, 5]. Тщательному исследованию подверглась гипотеза о повышении толерантности организма к физическим нагрузкам путем тренировки дыхательной мускулатуры [6–8].

Одним из эффективных способов тренировки дыхательной мускулатуры является использование дополнительного респираторно-

го сопротивления (ДРС) [9, 10]. Тренировочный процесс посредством ДРС большинством исследователей осуществлялся преимущественно с использованием инспираторных резистивных дыхательных нагрузок, которые имеют ряд преимуществ перед экспираторными (отсутствие эффекта клапанной ловушки, постоянство остаточного объема легких и др. [11]). На сегодняшний день установлено, что использование резистивных дыхательных нагрузок в тренировочной деятельности повышает спортивные результаты в велосипедном спорте [12], беге [13], плавании [14], спортивной гребле [15]. Исследования механизмов тренирующего влияния ДРС на толерантность к физическим нагрузкам позволили установить улучшение физической выносливости

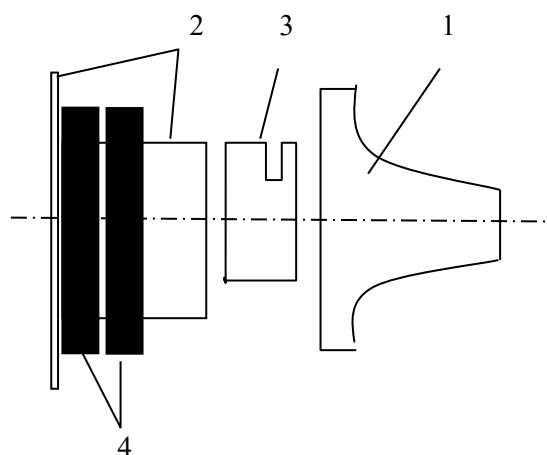
[16], аэробной производительности испытуемых [17], предельной скорости бега [18], а также максимальной длительности езды у велосипедистов [19]. Существенно меньше исследований посвящено подтверждению эргогенных эффектов тренировок с ДРС среди борцов, в частности дзюдоистов. В качестве рабочей концепции мы предположили, что включение тренировок с ДРС в тренировочный процесс повышает эффективность физической подготовки дзюдоистов.

**Цель исследования.** Определить эффективность влияния дополнительного респираторного сопротивления на динамику физической подготовленности борцов секции дзюдо.

**Материалы и методы.** Исследование было организовано в цикле общефизической тренировки борцов секции дзюдо. Цикл общефизической тренировки продолжался 6 нед. и включал физкультурный комплекс по повышению физического развития и аэробной производительности организма. В исследовании участвовали 42 дзюдоиста (мужчины) в возрасте от 17 до 26 лет, средний возраст – 20,6 лет. Спортсмены были представлены двумя весовыми группами: легкой (до 60 кг) – 25 чел. и полулегкой (60–66 кг) – 17 чел.; средний вес испытуемых составлял 58,7 кг. Из участников исследования 8 чел. имели I спортивный разряд, 17 чел. – II спортивный разряд, 11 чел. – III спортивный разряд, 4 чел. – I юно-

шеский разряд и 2 чел. не имели разряда. Спортсменов высокой квалификации (мастеров спорта и кандидатов в мастера спорта, а также победителей всероссийских и международных соревнований) среди испытуемых не было.

Испытуемые составили две группы: основная группа (n=25) дзюдоистов использовала в тренировочном процессе ДРС в виде дыхательных тренажеров БВД-01; контрольная группа (n=27) осуществляла цикл общефизической тренировки без использования ДРС. Дыхательный тренажер БВД-01 (серийно выпускался ООО «БВД», г. Тула, гигиенический сертификат № 71.ТЦ03.961.П.000719.03.02, ТУ 9619-001-34429476-2002) представляет собой портативное устройство, позволяющее предъявлять испытуемым ДРС. Тренажер состоит (рис. 1) из мундштука 1 с корпусом 2, в котором имеется встроенный подвижный поршень-клапан 3, способный перемещаться во время вдоха и выдоха. Два регулировочных кольца 4 на корпусе дозируют сопротивление дыханию на вдохе или выдохе. Для установки максимального сопротивления вдоху (выдоху) вращают ближнее к мундштуку кольцо до полного перекрытия щели в корпусе. БВД-01 позволяет создавать ДРС в диапазоне от 5 до 70 см вод. ст./л/с. Во время тренировки с использованием тренажера БВД-01 носовое дыхание перекрывалось с помощью клипсы.



**Рис. 1.** Схема дыхательного тренажера БВД-01:

1 – мундштук, 2 – корпус, 3 – подвижный поршень-клапан, 4 – кольцо регулировочное

**Fig. 1.** Scheme of the breathing simulator БВД-01:

1 – mouthpiece, 2 – body, 3 – movable piston-valve, 4 – adjusting ring

Каждому испытуемому подбирали ДРС величиной 20 %  $P_{m\max}$ , где  $P_{m\max}$  – максимальное внутриротовое давление, определяемое при полном перекрытии рта и носа (проба Мюллера). Для дозирования ДРС с помощью  $P_{m\max}$ , к мундштуку тренажера БВД-01 подключался моновакууметр WKA-2-75 (Польша). Использование в качестве показателя интенсивности ДРС максимального внутриротового давления позволяет индивидуально нормировать инспираторную резистивную нагрузку исходя из мощности дыхательной мускулатуры каждого конкретного испытуемого. Тренировки с ДРС проводились 1 раз в день в течение 25 мин перед началом ежедневной общефизической тренировки на протяжении 6 нед.

Для оценки функционального состояния испытуемых на разных этапах тренировочного процесса измерялись показатели внешнего дыхания: частота дыхательных движений (ЧДД,  $\text{мин}^{-1}$ ), дыхательный объем (ДО, мл), максимальное внутриротовое давление ( $P_{m\max}$ , мм рт. ст.), жизненная емкость легких (ЖЕЛ, л), а также величина физической работоспособности (PWC-170, кгм/мин) и показатель максимального потребления кислорода (МПК, мл). Для измерения объемно-временных показателей дыхания и потребления кислорода использовался спироанализатор Spirolab III SpO<sub>2</sub> (Италия), определение PWC-170 проводилось с помощью велоэргометра «Ритм-ВЭ-05» (Россия).

Оценка общефизической подготовки дзюдоистов осуществлялась путем измерения результатов выполнения упражнений, запланированных в ходе тренировочного процесса. К ним относились жим штанги лежа от груди (кг), приседания со штангой (кг), рывок штанги (кг), прыжок в длину (м), бег на 60 м (с), бег на 100 м (с).

Исследование было одобрено локальным этическим комитетом ФГБОУ ВО РязГМУ Минздрава России. Все испытуемые ранее подписали информированное согласие.

Статистический анализ полученных данных осуществлялся с использованием программы SPSS Statistics 17. С целью обеспечения корректности использования параметрических методов обработки все выборки исследуемых показателей проверялись на нормальность распределения критерием Шапиро – Уилка, при этом для независимых выборок проводилась проверка гомогенности дисперсий с помощью теста Левена. При выполнении условия нормального распределения, методом вариационной статистики оценивались внутригрупповые показатели с определением средних арифметических и стандартных ошибок среднего ( $M \pm m$ ). Парные межгрупповые различия, оцениваемые с помощью критерия t Стьюдента, считались статистически значимыми при  $p < 0,05$ .

**Результаты.** Исходные значения оценок функционального состояния дзюдоистов до начала тренировочного режима приведены в табл. 1.

Таблица 1

Table 1

**Характеристика функционального состояния испытуемых основной и контрольной групп до начала тренировочного процесса**

**Functional status of the treatment and control group subjects before training**

Показатель Parameter	Основная группа Group 1 (treatment)	Контрольная группа Group 2 (control)
Количество испытуемых в группе, чел. Number of subjects, n	25	27
Возраст, лет Age, years	20,3±2,2	20,8±2,7
Масса тела, кг Body weight, kg	58,8±4,2	58,3±5,2
ЧДД, $\text{мин}^{-1}$ Respiratory rate, $\text{мин}^{-1}$	16,6±0,5	17,2±0,8

Показатель Parameter	Основная группа Group 1 (treatment)	Контрольная группа Group 2 (control)
ДО, мл Tidal volume, ml	656,8±42,3	676,9±38,1
P <sub>max</sub> , мм рт. ст. P <sub>max</sub> , mmHg	67,5±5,6	66,8±6,3
ЖЕЛ, л VC, l	3,40±0,32	3,38±0,29
PWC-170, кгм/мин PWC-170, kgm/min	801±38,7	795±43,5
МПК, мл/мин MOC, ml/min	2057±59	1958±67

Исходные конституционально-антропометрические и функциональные характеристики участников исследования в сравниваемых группах статистически не различались ( $p > 0,05$ ), что свидетельствовало о приемлемой

рандомизации испытуемых в группах.

Исходные показатели общефизической подготовки участников исследования в основной и контрольной группах (табл. 2) статистически значимо также не различались ( $p > 0,05$ ).

Таблица 2

Table 2

**Показатели общефизической подготовки испытуемых основной и контрольной групп до начала тренировочного процесса**

**General physical fitness of the treatment and control group subjects before training**

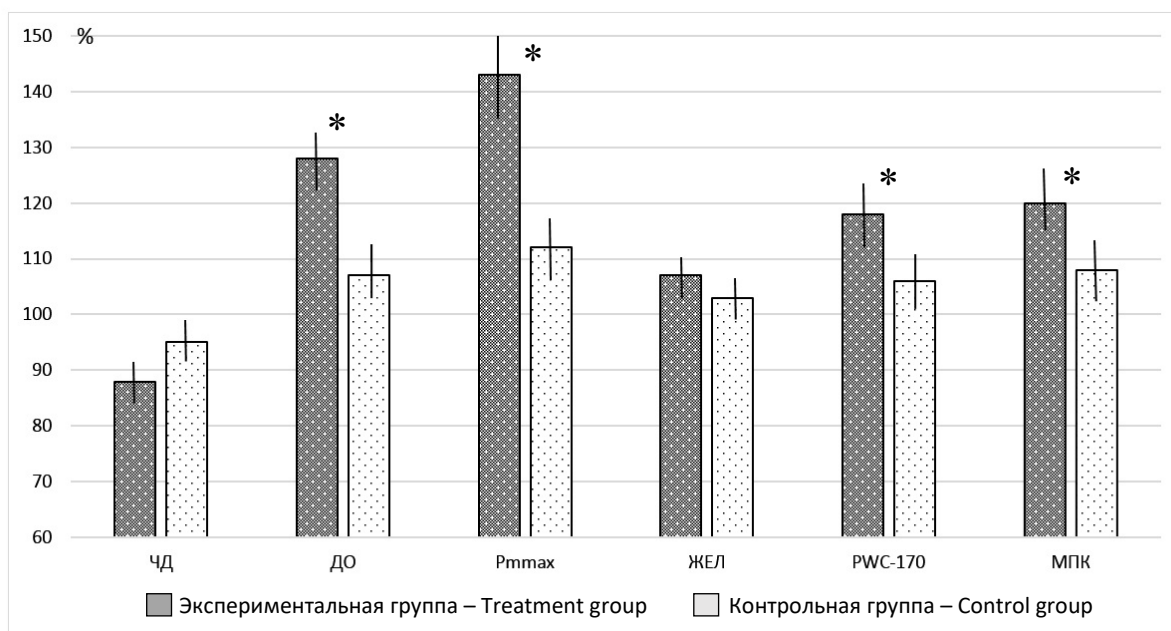
Показатель Parameters	Основная группа Group 1 (treatment)	Контрольная группа Group 2 (control)
Жим штанги лежа от груди, кг Bench press from the chest, kg	58,1±3,17	57,1±2,23
Приседания со штангой, кг Barbell Squats, kg	76,1±3,2	74,3±3,1
Рывок штанги, кг Barbell Snatch, kg	38,8±3,2	38,6±2,76
Прыжок в длину, м Long jump, m	2,28±0,04	2,24±0,03
Бег на 60 м, с 60-meter dash, sec	7,52±0,04	7,58±0,05
Бег на 100 м, с 100-meter dash, sec	16,24,5±0,09	16,83±0,1

Результаты изучения влияния резистивного дыхания на показатели функционального состояния испытуемых в исследуемых группах свидетельствуют об эффективности тренировки дзюдоистов с использованием ДРС.

На рис. 2 представлены относительные изменения функциональных показателей (исходный уровень показателей принят за 100 %) по результатам тренировок с использованием и без использования ДРС. Так, к 6-й нед. цикла

общефизической тренировки отмечалось достоверное увеличение дыхательного объема:  $734 \pm 43$  мл в экспериментальной (основной) группе и  $674 \pm 46$  мл в контрольной ( $p < 0,05$ ). Изменение максимального внутриротового давления при проведении пробы Мюллера свидетельствовало об улучшении функционального состояния испытуемых экспериментальной группы:  $78,4 \pm 6,3$  и  $67,2 \pm 5,6$  мм рт. ст. соответственно ( $p < 0,05$ ). У дзюдоистов экспериментальной группы зафиксировано достоверное повышение физической работоспособности:  $856 \pm 36,4$  кгм/мин (основная группа) и

$811 \pm 38,6$  кгм/мин (группа контроля) ( $p < 0,05$ ). Тестирование максимального потребления кислорода выявило достоверно более высокие показатели у представителей основной группы:  $3167 \pm 62$  против  $2097 \pm 56$  мл/мин ( $p < 0,05$ ). При этом частота дыхания у спортсменов основной и контрольной групп к 6-й неделе цикла общефизической тренировки достоверно не отличалась:  $14,1 \pm 2,5$  и  $15,8 \pm 2,3$  мин<sup>-1</sup> ( $p > 0,05$ ). Также не отличались средние значения жизненной емкости легких:  $3,42 \pm 0,29$  и  $3,38 \pm 0,34$  л ( $p > 0,05$ ).



**Рис. 2.** Относительные изменения функциональных показателей испытуемых после тренировок с использованием и без использования дополнительного респираторного сопротивления.

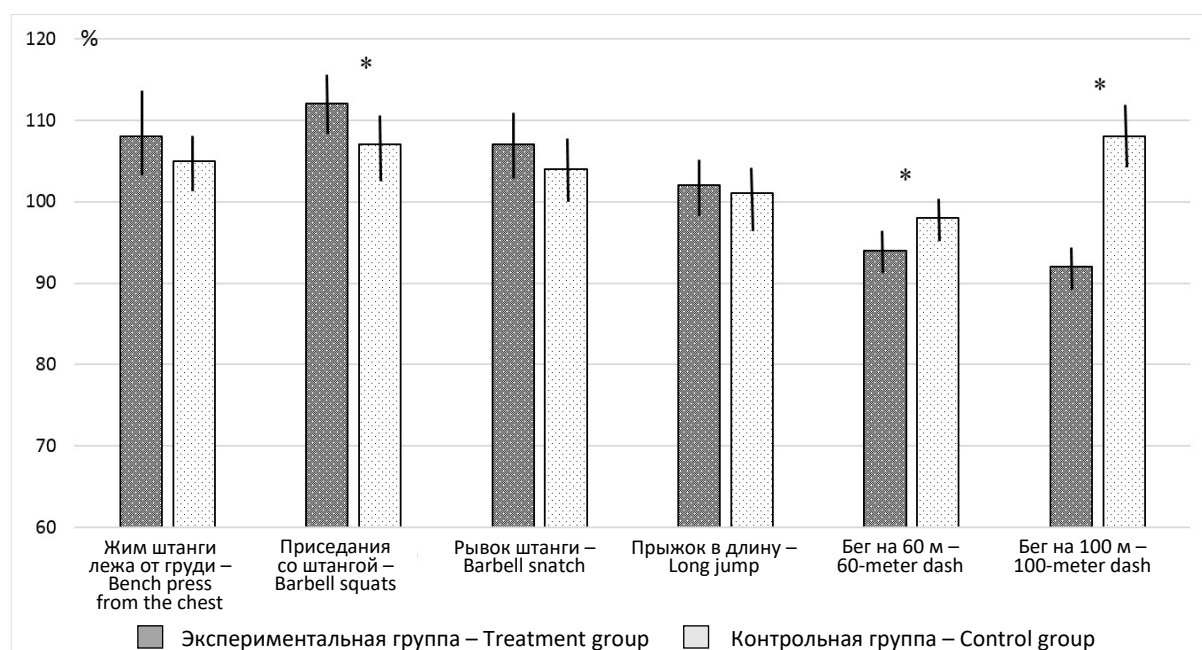
\* – статистически значимые различия между группами ( $p < 0,05$ )

**Fig. 2.** Relative changes in the functional status of the subjects after training with and without additional respiratory resistance.

\* – The differences are statistically significant,  $p < 0.05$

На рис. 3 представлены относительные изменения показателей физической подготовленности дзюдоистов после тренировок с использованием и без использования ДРС. Наиболее значимые изменения скоростно-силовых показателей отмечались в отношении приседаний со штангой:  $82,3 \pm 1,7$  кг у представителей экспериментальной группы и  $78,6 \pm 1,2$  кг у спортсменов контрольной группы ( $p < 0,05$ ). Эффективность применения ДРС в тренировочном процессе установлена также по досто-

верному изменению показателей бега на 60 м ( $7,20 \pm 0,03$  с в основной группе и  $7,44 \pm 0,04$  с в контрольной,  $p < 0,05$ ) и на 100 м ( $14,4 \pm 0,07$  и  $15,21 \pm 0,08$  с соответственно,  $p < 0,01$ ). Показатели жима штанги лежа от груди ( $60,1 \pm 1,44$  и  $59,3 \pm 1,52$  кг,  $p > 0,05$ ), рывка штанги ( $44,5 \pm 1,52$  и  $42,6 \pm 1,47$  кг,  $p > 0,05$ ) и прыжка в длину ( $2,42 \pm 0,03$  и  $2,39 \pm 0,02$  м,  $p > 0,05$ ) в большей степени улучшились в основной группе, но различия между группами не имели статистической значимости.



**Рис. 3.** Относительные изменения показателей физической подготовленности испытуемых после тренировок с использованием и без использования дополнительного респираторного сопротивления.

\* – статистически значимые различия между группами ( $p < 0,05$ )

**Fig. 3.** Relative changes in the parameters of subjects' physical fitness after training with and without additional respiratory resistance.

\* – The differences are statistically significant,  $p < 0.05$

**Обсуждение.** Проведенное исследование показало, что дополнительное респираторное сопротивление величиной 20 %  $P_{max}$ , использованное в общефизической подготовке дзюдоистов, повышает аэробные возможности и скоростно-силовые показатели организма.

Рядом исследователей были изучены физиологические механизмы, лежащие в основе повышения толерантности к физической нагрузке, обусловленного действием ДРС. Так, было обнаружено, что шестинедельная тренировка с ДРС существенно улучшала показатели бега до истощения у футболистов и способность к повторному спринту [20]. Данные результаты демонстрируют, что эргогенный эффект резистивных дыхательных нагрузок прежде всего выражается в улучшении показателей сердечно-легочной производительности и общей выносливости.

В исследовании J. Granados et al. [21] включение ДРС в дозированную физическую нагрузку на велосипеде существенно повышало уровень ЭМГ-активности диафрагмы, нежели изолированный режим физической

тренировки. Комбинация резистивного дыхания и физической нагрузки в виде езды на велосипеде увеличивала выходную мощность дыхательной мускулатуры [22, 23]. Важно отметить, что в последнем исследовании применялись такие значения резистивных дыхательных нагрузок, которые не вызывали гипоксических сдвигов в период тренировки. Для этого использовался дыхательный тренажер, который не приводил к снижению парциального давления кислорода альвеолярного воздуха. Суммируя эти данные, можно заключить, что одновременное включение в тренировочный процесс физических и резистивных дыхательных нагрузок может повысить эффективность тренировочного процесса. Даже минимальные значения ДРС, но использованные одновременно с физическими нагрузками на скелетные мышцы существенно повышали как скорость бега, так и его экономичность [24].

При изучении эффективности вентиляции у велосипедистов во время острого гипоксического воздействия на фоне тренировки с ДРС,

Lomax M. et al. выявили достоверное улучшение результативности заездов, при том что использование резистивного дыхания на фоне нормоксии таких результатов не обеспечивало [25]. В основу механизма тренирующего эффекта ДРС авторами этого исследования была положена ранее сформулированная теория А.Е. Downey et al. [26], считающих повышение диффузионной способности легких наиболее важным эргогенным эффектом резистивного дыхания. В работе М.О. Segizbaeva et al. исследовалось влияние тренировки дыхательных мышц с помощью ДРС на утомление дыхательных мышц во время истощающих физических упражнений. Авторами было показано, что именно повышение эффективности вентиляции, отмечаемое на фоне резистивного дыхания, лежит в основе эргогенных эффектов, наблюдаемых при использовании ДРС [27].

Рядом исследований установлено, что ДРС снижает цитокиновую активность при выполнении физических упражнений. Так, в работе D.E. Mills et al. [28] обнаружено снижение уровня интерлейкина-6 в плазме крови после шестинедельного использования ДРС на фоне велотренировок и волевой имитации гиперпноэ при выполнении физических упражнений. Интересным следует считать тот факт, что произвольная гипервентиляция, осуществляемая при отсутствии ДРС, повышала уровень интерлейкина-6, однако при возобновлении тренировок с резистивными нагрузками концентрация интерлейкина уменьшалась как при гиперпноэ, так и при эргогенных упражнениях [28]. Результаты этих исследований свидетельствуют, что резистивное дыхание может модулировать про- или противовоспалительный эффекты в период физической тренировки спортсменов, и это отчасти

обеспечивает повышение работоспособности на фоне ДРС [29].

Вышеописанные механизмы объясняют позитивное влияние ДРС на показатели физической подготовленности дзюдоистов. К числу основных механизмов, повышающих толерантность к физическим нагрузкам, следует отнести стенолитическую перестройку дыхательного паттерна на более экономичный режим работы дыхательной мускулатуры. Важное значение имеет тренирующий эффект ДРС, проявляющийся в улучшении показателей сердечно-легочной производительности и повышении общей выносливости организма. В основе ряда эргогенных эффектов, наблюдаемых при использовании ДРС, лежит повышение эффективности вентиляции. Кроме того, применение ДРС на фоне физических упражнений достоверно снижает провоспалительную цитокиновую активность.

#### **Выводы:**

1. Включение в режим общефизической подготовки дзюдоистов шестинедельной тренировки с ДРС 20 %  $P_{m\max}$  сопровождается достоверным увеличением дыхательного объема легких, повышением максимального внутриротового давления вдоха, повышением физической работоспособности, увеличением максимального потребления кислорода.

2. Использование в тренировочном режиме дзюдоистов шестинедельной тренировки с ДРС 20 %  $P_{m\max}$  способствует достоверному улучшению ряда показателей физической подготовленности: увеличению показателя приседаний со штангой, снижению показателей бега на 60 и 100 м.

3. Полученные результаты свидетельствуют о целесообразности включения ДРС в тренировочный режим для повышения спортивных достижений.

**Конфликт интересов.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

#### **Литература**

1. Бяловский Ю.Ю., Лапкин М.М., Похачевский А.Л., Булатецкий С.В., Воронин Р.М., Давыдов В.В. Моделирование и эффективность интервальной гипоксической нагрузки. Теория и практика физической культуры. 2017; 12: 59–61.
2. Макунина О.А. Психофизиологическая характеристика волевых качеств студентов-спортсменов в условиях моделирования нагрузок. Журнал медико-биологических исследований. 2018; 6 (2): 128–136.

3. Цанов Е.Г., Козлов Р.А., Котляр Н.Н. Реакция кардиореспираторной системы в ответ на физическую нагрузку у спортсменов-дзюдоистов. Актуальные проблемы современной науки, техники и образования. 2017; 2: 306–309.
4. Базикян Э.А., Староверов В.Ю., Чунихин А.А. Перспективы применения внутриротовых тренажеров в спорте высших достижений. Российская стоматология. 2016; 9 (4): 48–51.
5. Сухонь Е.В., Сосна Л.С., Шведова Н.В. Адаптационные реакции организма спортсменов-биатлонистов к физическим нагрузкам в равнинных и горных условиях. Прикладная спортивная наука. 2018; 1: 63–67.
6. Haj Ghanbari B., Yamabayashi C., Buna T.R., Coelho J.D., Freedman K.D., Morton T.A., Palmer S.A., Toy M.A., Walsh C., Sheel A.W., Reid W.D. Effects of respiratory muscle training on performance in athletes: a systematic review with meta-analyses. J Strength Cond Res. 2013; 27: 1643–1663.
7. Illi S.K., Held U., Frank I., Spengler C.M. Effect of respiratory muscle training on exercise performance in healthy individuals. Sports Med. 2012; 42: 707–724.
8. Shei R.J., Chapman R.F., Gruber A.H., Mickleborough T.D. Inspiratory muscle training improves exercise capacity with thoracic load carriage. Physiol Rep. 2018; 6: e13558.
9. Бяловский Ю.Ю., Булатецкий С.В. Физиологические механизмы резистивного дыхания человека. М.: РИТМ; 2018. 412. ISBN 978-5-6041754-4-6.
10. Shei R.J. Respiratory muscle training and aquatic sports performance. J Sports Sci Med. 2018; 17: 161–162.
11. Shei R.J., Paris H.L.R., Wilhite D.P., Chapman R.F., Mickleborough T.D. The role of inspiratory muscle training in the management of asthma and exercise-induced bronchoconstriction. Phys Sportsmed. 2016; 44: 327–334.
12. Johnson M., Sharpe G., Brown P. Inspiratory muscle training improves cycling time-trial performance and anaerobic work capacity but not critical power. Eur J Appl Physiol. 2017; 101: 761–770.
13. Leddy J.J., Limprasertkul A., Patel S., Modlich F., Buyea C., Pendergast D.R., Lundgren C.E. Isocapnic hyperpnea training improves performance in competitive male runners. Eur J Appl Physiol. 2007; 99: 665–676.
14. Riganas C.S., Vrabas I.S., Christoulas K., Mandroukas K. Specific inspiratory muscle training does not improve performance or VO<sub>2</sub>max levels in well trained rowers. J Sports Med Phys Fitness. 2008; 48: 285–292.
15. Volianitis S., McConnell A.K., Koutedakis Y., McNaughton L., Backx K., Jones D.A. Inspiratory muscle training improves rowing performance. Med Sci Sports Exerc. 2011; 33: 803–809.
16. Brilla L.R., Kauffman T.H. Effect of inspiratory muscle training and core exercise training on core functional tests. J Exerc Physiol. 2014; 17: 12–20.
17. Mishchenko V., Sawczyn S., Cybulska A., Pasek M. Special Training of Inspiratory Muscles in Fitness Activities and Exercise Capacity in Young Women. Hum Mov. 2017; 18 (3): 46–54.
18. Edwards A.M. Respiratory muscle training extends exercise tolerance without concomitant change to peak oxygen uptake: physiological, performance and perceptual responses derived from the same incremental exercise test. Respirology. 2013; 18: 1022–1027.
19. Bernardi E., Melloni E., Mandolesi G., Uliari S., Grazi G., Cogo A. Respiratory muscle endurance training improves breathing pattern in triathletes. Ann Sports Med Res. 2014; 1: 1003.
20. Archiza B., Andaku D.K., Caruso F.C., Bonjorno J.C., Oliveira C.R., Ricci P.A., Amaral A.C., Mattiello S.M., Libardi C.A., Phillips S.A., Arena R., Borghi-Silva A. Effects of inspiratory muscle training in professional women football players: a randomized sham-controlled trial. J Sport Sci. 2018; 36: 771–780.
21. Granados J., Gillum T.L., Castillo W., Christmas K.M., Kuennen M.R. “Functional” respiratory muscle training during endurance exercise causes modest hypoxemia but overall is well tolerated. J Strength Cond Res. 2016; 30: 755–762.
22. Porcari J.P., Probst L., Forrester K., Doberstein S., Foster C., Cress M.L., Schmidt K. Effect of wearing the elevation training mask on aerobic capacity, lung function, and hematological variables. J Sports Sci Med. 2016; 15: 379–386.
23. Walterspacher S., Pietsch F., Walker D.J., Rocker K., Kabitz H.J. Activation of respiratory muscles during respiratory muscle training. Respir Physiol Neurobiol. 2018; 247: 126–132.
24. Tong T.K., McConnell A.K., Lin H., Nie J., Zhang H., Wang J. “Functional” inspiratory and core muscle training enhances running performance and economy. J Strength Cond Res. 2016; 30: 2942–2951.
25. Lomax M., Massey H.C., House J.R. Inspiratory muscle training effects on cycling during acute hypoxic exposure. Aerosp Med Hum Perform. 2017; 88: 544–549.



26. Downey A.E., Chenoweth L.M., Townsend D.K., Ranum J.D., Ferguson C.S., Harms C.A. Effects of inspiratory muscle training on exercise responses in normoxia and hypoxia. *Respir Physiol Neurobiol.* 2007; 156: 137–146.
27. Segizbaeva M.O., Timofeev N.N., Donina Z.A., Kur'yanovich E.N., Aleksandrova N.P. Effects of Inspiratory Muscle Training on Resistance to Fatigue of Respiratory Muscles During Exhaustive Exercise. In: Pokorski M., ed. *Body Metab Exerc.* Cham: Springer International Publishing; 2015: 35–43.
28. Mills D.E., Johnson M.A., McPhilimey M.J., Williams N.C., Gonzalez J.T., Barnett Y.A., Sharpe G.R. The effects of inspiratory muscle training on plasma interleukin-6 concentration during cycling exercise and a volitional mimic of the exercise hyperpnea. *J Appl Physiol.* 2013; 115: 1163–1172.
29. Бяловский Ю.Ю., Ракитина И.С. Влияние дополнительного респираторного сопротивления на толерантность к физической нагрузке. *Технологии живых систем.* 2022; 19 (2): 57–69. DOI: <https://doi.org/10.18127/j20700997-202202-01>.

Поступила в редакцию 31.10.2022; принята 07.11.2022.

#### Авторский коллектив

**Бяловский Юрий Юльевич** – доктор медицинских наук, профессор, заведующий кафедрой патофизиологии, ФГБОУ ВО «Рязанский государственный медицинский университет им. академика И.П. Павлова» Минздрава России. 390026, Россия, г. Рязань, ул. Высоковольтная, 9; e-mail: b\_uu@mail.ru, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-6769-8277>.

**Ракитина Ирина Сергеевна** – кандидат медицинских наук, доцент, доцент кафедры патофизиологии, ФГБОУ ВО «Рязанский государственный медицинский университет им. академика И.П. Павлова» Минздрава России. 390026, Россия, г. Рязань, ул. Высоковольтная, 9; e-mail: b\_uu@mail.ru, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-9406-1765>.

#### Образец цитирования

Бяловский Ю.Ю., Ракитина И.С. Эффективность использования дополнительного респираторного сопротивления для оптимизации физической подготовки дзюдоистов. *Ульяновский медико-биологический журнал.* 2022; 4: 128–138. DOI: 10.34014/2227-1848-2022-4-128-138.

## EFFECTIVENESS OF ADDITIONAL RESPIRATORY RESISTANCE FOR PHYSICAL FITNESS OF JUDO ATHLETES

Yu.Yu. Byalovskiy, I.S. Rakitina

Ryazan State Medical University named after academician I.P. Pavlov,  
Ministry of Health of the Russian Federation, Ryazan, Russia

*The development and implementation of scientifically based methods for athletes' functional status improvement is rather relevant. One of such methods implies additional respiratory resistance (ARR). The aim of the study is to determine how additional respiratory resistance influences physical fitness of judo athletes.*

*Materials and Methods. The trial subjects (n=42) were divided into two groups. The main group (n=25) trained under ARR equal to 20 % P<sub>mmax</sub>, where P<sub>mmax</sub> is the maximum intraoral pressure, evaluated under complete mouth and nose overlap. Athletes trained under ARR once a day for 6 weeks. The training session lasted 25 minutes. The control group (n=27) trained without ARR.*

*Results. By the 6<sup>th</sup> week of physical training under ARR, the athletes of the treatment group demonstrated significant increase in tidal volume (p<0.05), maximum intraoral pressure (p<0.05), and physical performance (p<0.05) compared to the control. Maximum oxygen consumption significantly increased (p<0.05) in the athletes of the treatment group. The most significant changes in speed-strength readiness (compared to the control) were noted in barbell squats (p<0.05), 60-meter and 100-meter dash (p<0.01).*

*Conclusion. 6-week training session with ARR equal to 20% P<sub>mmax</sub> has a positive effect on the physical fitness of judo athletes.*

**Key words:** additional respiratory resistance, physical fitness of judo athletes.

**Conflict of interest.** The authors declare no conflict of interest.

## References

1. Byalovskiy Yu.Yu., Lapkin M.M., Pokhachevskiy A.L., Bulatetskiy S.V., Voronin R.M., Davydov V.V. Modelirovanie i effektivnost' interval'noy gipoksicheskoy nagruzki [Interval hypoxic training modeling and efficiency of rating]. *Teoriya i praktika fizicheskoy kul'tury*. 2017; 12: 59–61 (in Russian).
2. Makunina O.A. Psikhofiziologicheskaya kharakteristika volevykh kachestv studentov-sportsmenov v usloviyakh modelirovaniya nagruzok [Psychophysiological characteristics of volitional powers in student athletes under load simulation]. *Zhurnal mediko-biologicheskikh issledovaniy*. 2018; 6 (2): 128–136 (in Russian).
3. Tsapov E.G., Kozlov R.A., Kotlyar N.N. Reaktsiya kardiorespiratornoy sistemy v otvet na fizicheskuyu nagruzku u sportsmenov-dzyudoistov [Response of the cardiorespiratory system to physical activity in judo athletes]. *Aktual'nye problemy sovremennoy nauki, tekhniki i obrazovaniya*. 2017; 2: 306–309 (in Russian).
4. Bazikyan E.A., Staroverov V.Yu., Chunikhin A.A. Perspektivy primeneniya vnutrirotovykh trenazherov v sporte vysshikh dostizheniy [Prospects for intraoral simulators in elite sports]. *Rossiyskaya stomatologiya*. 2016; 9 (4): 48–51 (in Russian).
5. Sukhon' E.V., Sosna L.S., Shvedova N.V. Adaptatsionnye reaktsii organizma sportsmenov-biatlonistov k fizicheskim nagruzkam v ravninnykh i gornyykh usloviyakh [Adaptive reactions of biathletes to physical loads in the lowland and high mountain conditions]. *Prikladnaya sportivnaya nauka*. 2018; 1: 63–67 (in Russian).
6. Haj Ghanbari B., Yamabayashi C., Buna T.R., Coelho J.D., Freedman K.D., Morton T.A., Palmer S.A., Toy M.A., Walsh C., Sheel A.W., Reid W.D. Effects of respiratory muscle training on performance in athletes: a systematic review with meta-analyses. *J Strength Cond Res*. 2013; 27: 1643–1663.
7. Illi S.K., Held U., Frank I., Spengler C.M. Effect of respiratory muscle training on exercise performance in healthy individuals. *Sports Med*. 2012; 42: 707–724.
8. Shei R.J., Chapman R.F., Gruber A.H., Mickleborough T.D. Inspiratory muscle training improves exercise capacity with thoracic load carriage. *Physiol Rep*. 2018; 6: e13558.
9. Byalovskiy Yu.Yu., Bulatetskiy S.V. *Fiziologicheskie mekhanizmy rezistivnogo dykhaniya cheloveka* [Physiological mechanisms of human resistive respiration]. Moscow: Ritm; 2018. 412. ISBN 978-5-6041754-4-6 (in Russian).
10. Shei R.J. Respiratory muscle training and aquatic sports performance. *J Sports Sci Med*. 2018; 17: 161–162.
11. Shei R.J., Paris H.L.R., Wilhite D.P., Chapman R.F., Mickleborough T.D. The role of inspiratory muscle training in the management of asthma and exercise-induced bronchoconstriction. *Phys Sportsmed*. 2016; 44: 327–334.
12. Johnson M., Sharpe G., Brown P. Inspiratory muscle training improves cycling time-trial performance and anaerobic work capacity but not critical power. *Eur J Appl Physiol*. 2017; 101: 761–770.
13. Leddy J.J., Limprasertkul A., Patel S., Modlich F., Buyea C., Pendergast D.R., Lundgren C.E. Isocapnic hyperpnea training improves performance in competitive male runners. *Eur J Appl Physiol*. 2007; 99: 665–676.
14. Riganas C.S., Vrabas I.S., Christoulas K., Mandroukas K. Specific inspiratory muscle training does not improve performance or VO<sub>2</sub>max levels in well trained rowers. *J Sports Med Phys Fitness*. 2008; 48: 285–292.
15. Volianitis S., McConnell A.K., Koutedakis Y., McNaughton L., Backx K., Jones D.A. Inspiratory muscle training improves rowing performance. *Med Sci Sports Exerc*. 2011; 33: 803–809.
16. Brilla L.R., Kauffman T.H. Effect of inspiratory muscle training and core exercise training on core functional tests. *J Exerc Physiol*. 2014; 17: 12–20.
17. Mishchenko V., Sawczyn S., Cybulska A., Pasek M. Special Training of Inspiratory Muscles in Fitness Activities and Exercise Capacity in Young Women. *Hum Mov*. 2017; 18 (3): 46–54.
18. Edwards A.M. Respiratory muscle training extends exercise tolerance without concomitant change to peak oxygen uptake: physiological, performance and perceptual responses derived from the same incremental exercise test. *Respirology*. 2013; 18: 1022–1027.
19. Bernardi E., Melloni E., Mandolesi G., Uliari S., Grazi G., Cogo A. Respiratory muscle endurance training improves breathing pattern in triathletes. *Ann Sports Med Res*. 2014; 1: 1003.

20. Archiza B., Andaku D.K., Caruso F.C., Bonjorno J.C., Oliveira C.R., Ricci P.A., Amaral A.C., Mattiello S.M., Libardi C.A., Phillips S.A., Arena R., Borghi-Silva A. Effects of inspiratory muscle training in professional women football players: a randomized sham-controlled trial. *J Sport Sci.* 2018; 36: 771–780.
21. Granados J., Gillum T.L., Castillo W., Christmas K.M., Kuennen M.R. “Functional” respiratory muscle training during endurance exercise causes modest hypoxemia but overall is well tolerated. *J Strength Cond Res.* 2016; 30: 755–762.
22. Porcari J.P., Probst L., Forrester K., Doberstein S., Foster C., Cress M.L., Schmidt K. Effect of wearing the elevation training mask on aerobic capacity, lung function, and hematological variables. *J Sports Sci Med.* 2016; 15: 379–386.
23. Walterspacher S., Pietsch F., Walker D.J., Rucker K., Kabitz H.J. Activation of respiratory muscles during respiratory muscle training. *Respir Physiol Neurobiol.* 2018; 247: 126–132.
24. Tong T.K., McConnell A.K., Lin H., Nie J., Zhang H., Wang J. “Functional” inspiratory and core muscle training enhances running performance and economy. *J Strength Cond Res.* 2016; 30: 2942–2951.
25. Lomax M., Massey H.C., House J.R. Inspiratory muscle training effects on cycling during acute hypoxic exposure. *Aerosp Med Hum Perform.* 2017; 88: 544–549.
26. Downey A.E., Chenoweth L.M., Townsend D.K., Ranum J.D., Ferguson C.S., Harms C.A. Effects of inspiratory muscle training on exercise responses in normoxia and hypoxia. *Respir Physiol Neurobiol.* 2007; 156: 137–146.
27. Segizbaeva M.O., Timofeev N.N., Donina Z.A., Kur’yanovich E.N., Aleksandrova N.P. Effects of Inspiratory Muscle Training on Resistance to Fatigue of Respiratory Muscles During Exhaustive Exercise. In: Pokorski M., ed. *Body Metab Exerc.* Cham: Springer International Publishing; 2015: 35–43.
28. Mills D.E., Johnson M.A., McPhillimey M.J., Williams N.C., Gonzalez J.T., Barnett Y.A., Sharpe G.R. The effects of inspiratory muscle training on plasma interleukin-6 concentration during cycling exercise and a volitional mimic of the exercise hyperpnea. *J Appl Physiol.* 2013; 115: 1163–1172.
29. Byalovskiy Yu.Yu., Rakitina I.S. Vliyanie dopolnitel'nogo respiratornogo soprotivleniya na tolerantnost' k fizicheskoy nagruzke [Effect of additional respiratory resistance on exercise tolerance]. *Tekhnologii zhivyykh sistem.* 2022; 19 (2): 57–69. DOI: <https://doi.org/10.18127/j20700997-202202-01> (in Russian).

Received 31 October 2022; accepted 07 November 2022.

### Information about the authors

**Byalovskiy Yuriy Yul'evich**, Doctor of Sciences (Medicine), Professor, Head of the Chair of Pathophysiology, Ryazan State Medical University named after academician I.P. Pavlov, Ministry of Health of the Russian Federation. 390026, Russia, Ryazan, Vysokovol'tnaya St., 9; e-mail: [b\\_uu@mail.ru](mailto:b_uu@mail.ru), ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-6769-8277>.

**Rakitina Irina Sergeevna**, Candidate of Sciences (Medicine), Associate Professor, Chair of Pathophysiology, Ryazan State Medical University named after academician I.P. Pavlov, Ministry of Health of the Russian Federation. 390026, Russia, Ryazan, Vysokovol'tnaya St., 9; e-mail: [b\\_uu@mail.ru](mailto:b_uu@mail.ru), ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-9406-1765>.

### For citation

Byalovskiy Yu.Yu., Rakitina I.S. Effektivnost' ispol'zovaniya dopolnitel'nogo respiratornogo soprotivleniya dlya optimizatsii fizicheskoy podgotovki dzyudoistov [Effectiveness of additional respiratory resistance for physical fitness of judo athletes]. *Ulyanovskiy mediko-biologicheskiy zhurnal.* 2022; 4: 128–138. DOI: [10.34014/2227-1848-2022-4-128-138](https://doi.org/10.34014/2227-1848-2022-4-128-138) (in Russian).