

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА ИНТЕРВАЛЬНЫХ ГИПОКСИЧЕСКИХ ТРЕНИРОВОК В ОЗДОРОВИТЕЛЬНОЙ ФИЗИЧЕСКОЙ КУЛЬТУРЕ У МАЛЬЧИКОВ 14-15 ЛЕТ

А.И. Рязанцев, И.Н. Гребенникова

Новосибирский государственный педагогический университет, Новосибирск, Россия

Аннотация

Цель исследования – изучение влияния метода интервальных гипоксических тренировок на показатели функциональной и физической подготовленности мальчиков 14-15 лет, занимающихся плаванием.

Методы и организация исследования. В настоящем перекрестном эксперименте приняли участие 35 человек. Исследуемые занимались оздоровительной физической культурой с элементами плавания 3 раза в неделю по 45 минут. Участники эксперимента были разделены на две группы: экспериментальную группу «1» и экспериментальную группу «2». Обеим группам поочередно на протяжении 4 месяцев предлагалось три раза в неделю помимо стандартной тренировочной нагрузки выполнять интервальные гипоксические упражнения, после чего проводился мониторинг функциональной и физической подготовленности. Были исследованы показатели внешнего дыхания, устойчивости к гипоксии, состояния сердечно-сосудистой системы и реакции на стандартную нагрузку (ЖЕЛ, проба Генчи, индекс Робинсона, проба Мартине), а также были изучены показатели аэробной физической работоспособности и общей выносливости (Гарвардский степ-тест, тест Купера). После выполнения теста Купера у обследуемых производился забор капиллярной крови на выявление молярной концентрации лактата.

Результаты исследования и их обсуждение. В ходе эксперимента было обнаружено, что применение метода интервальных гипоксических тренировок благоприятно сказалось на показателях ЖЕЛ (до – $3,48 \pm 0,14$ л, после – $3,94 \pm 0,06$ л; до – $3,42 \pm 0,13$ л, после – $3,85 \pm 0,07$ л), пробы Генчи (до – $34,16 \pm 0,97$ с, после – $46,98 \pm 0,72$ с; до – $35,62 \pm 0,90$ с, после – $39,00 \pm 1,14$ с), индекса Робинсона (до – $74,24 \pm 1,79$ у.е., после – $65,20 \pm 4,02$ у.е.; до – $67,02 \pm 1,10$ у.е., после – $64,96 \pm 1,29$ у.е.) в обеих экспериментальных группах соответственно. Также можно утверждать, что применение интервальных гипоксических тренировок привело к достоверному повышению показателей Гарвардского степ-теста (до – $72,02 \pm 1,85$ у.е., после – $76,16 \pm 2,04$ у.е.; до – $74,52 \pm 1,98$ у.е., после – $83,29 \pm 1,56$ у.е.) и теста Купера (до – $571,15 \pm 16,46$ м, после – $610,46 \pm 15,91$ м; до – $582,28 \pm 13,67$ м, после – $627,10 \pm 12,62$ м) как в первой, так и во второй группе. Достоверная динамика к снижению молярной концентрации лактата была выявлена только после применения ИГТ (до – $8,72 \pm 1,01$ ммоль/л, после – $6,73 \pm 0,75$ ммоль/л; до – $7,58 \pm 1,24$ ммоль/л, $6,94 \pm 0,47$ ммоль/л). Использование только стандартных методов тренировки оказало значительно меньшее влияние на функциональное и физическое состояние организма (достоверное улучшение показателей было получено только в ЭК1 в Гарвардском степ-тесте, в ЭК2 – в индексе Робинсона и в обеих группах в тесте Купера).

Заключение. Полученные результаты показывают актуальность изучения эффекта интервальных гипоксических тренировок на показатели здоровья и подготовленности обучающихся.

Ключевые слова: здоровье, школьники, оздоровительная физическая культура, гипоксия, функциональные и физические показатели, биохимическая адаптация.

APPLICATION OF THE METHOD OF INTERVAL HYPOXIC TRAINING IN RECREATIONAL PHYSICAL EDUCATION IN BOYS AGED 14-15 YEARS

A.I. Ryazantsev, e-mail: reza.a.i@mail.ru, ORCID: 0000-0003-4441-4793

I.N. Grebennikova, e-mail: i160463@yandex.ru, ORCID: 0000-0001-6455-7885

Novosibirsk State Pedagogical University, Novosibirsk, Russia

Abstract

The purpose of the research was to study the influence of the method of interval hypoxic training (IHT) on the indicators of functional and physical fitness of 14-15-year-old boys engaged in swimming.

Methods and organization of the research. 35 people took part in this cross-experiment. The subjects were engaged in recreational physical culture with elements of swimming 3 times a week for 45 minutes. The participants of

the experiment were divided into two groups: experimental group «1» and experimental group «2». Both groups were alternately offered to perform interval hypoxic exercises three times a week for 4 months in addition to the standard training load, after which functional and physical fitness was monitored. The indicators of external respiration, resistance to hypoxia, the state of the cardiovascular system and response to standard load (VC, Genchi test, Robinson's index, Martinet test), as well as indicators of aerobic physical performance and general endurance (Harvard step test, Cooper test) were studied. After performing the Cooper test, capillary blood was taken from the subjects to detect the molar concentration of lactate.

Research results and their discussion. During the experiment, it was found that the use of the method of interval hypoxic training had a positive effect on the indicators of VC (before – 3.48 ± 0.14 l, after – 3.94 ± 0.06 l; before – 3.42 ± 0.13 l, after – 3.85 ± 0.07 l), Genchi tests (before – 34.16 ± 0.97 s, after – 46.98 ± 0.72 s; before – 35.62 ± 0.90 s, after – 39.00 ± 1.14 s), Robinson's index (before – 74.24 ± 1.79 c.u., after – 65.20 ± 4.02 c.u.; before – $67.02 \pm 1, 10$ c.u., after – 64.96 ± 1.29 c.u.) in both experimental groups, respectively. It can also be argued that the use of interval hypoxic training led to a significant increase in the indicators of the Harvard step test (before – 72.02 ± 1.85 c.u., after – 76.16 ± 2.04 c.u.; before – 74.52 ± 1.98 c.u., after – 83.29 ± 1.56 c.u.) and the Cooper test (before – 571.15 ± 16.46 m, after – 610.46 ± 15.91 m; before – 582.28 ± 13.67 m, after – 627.10 ± 12.62 m) both in the first and second groups. Significant dynamics towards a decrease in the molar concentration of lactate was revealed only after the use of IHT (before – 8.72 ± 1.01 mmol/l, after – 6.73 ± 0.75 mmol/l; before – 7.58 ± 1.24 mmol /l, 6.94 ± 0.47 mmol/l). The use of only standard training methods had a significantly lesser impact on the functional and physical state of the body (significant improvement in performance was obtained only in EG1 in the Harvard step test, in EG2 – in the Robinson index, and in both groups – in the Cooper test).

Conclusion. The results obtained show the relevance of studying the effect of interval hypoxic training on the indicators of health and preparedness of students.

Keywords: health, school students, recreational physical education, hypoxia, functional and physical parameters, biochemical adaptation.

ВВЕДЕНИЕ

Существование различных видов гипоксии (собственно гипоксической, циркуляторной, гемической, гиперметаболической), методов и методик гипоксической тренировки (например, гипоксического дыхания, гипоксических экспозиций) дает право задуматься и о разных воздействиях, как по области, так и по силе, на организм индивида. Стоит помнить, что как в медицине, так и в биологии (хотя наша работа носит педагогический характер, мы всецело понимаем, что предметом воздействия гипоксии будет не ученик как участник педагогического процесса, а ученик как биологическая система) существует зависимость «доза-эффект», и учитывать эту зависимость при составлении тренировочных планов спортсменов или планов реабилитации и оздоровления пациентов при различной нозологии заболеваний необходимо.

Биологическая система (которой является человек, в данном случае – ученик) имеет ряд своих законов (принципов), согласно которым и происходит ее рост и развитие. Также согласно биологическим законам происходит адаптация к различным условиям внешней среды и стресс-факторам. Благодаря наличию таких

принципов можно построить упрощенную модель человеческого организма, отдельной его структурной части (органа, системы органов) или даже одной клетки (к примеру, миоцита). На первом этапе нашего исследования мы попробовали смоделировать процесс адаптации организма к условиям интервального применения нормобарической гипоксии, опираясь на результаты биологических исследований [1, 2, 4, 6, 8-19].

Рассмотрим модель срочной адаптации организма к гипоксии. После начала задержки дыхания (в нашем случае происходит под водой) на фоне все еще активной аэробной энергопродукции происходит постепенное снижение парциального давления кислорода (pO_2) и увеличение парциального давления углекислого газа (pCO_2) в крови [1, 3, 8, 11]. Последнее приводит к активации дыхательного центра посредством влияния CO_2 на хеморецепторы. Однако в процессе задержки дыхания отсутствует возможность для респирации, что со временем приводит к еще большему снижению pO_2 и увеличению pCO_2 , поэтому активность дыхательного центра (проявляется в виде желания сделать вдох) будет нарастать. Наряду с изменениями в активности респираторной

системы происходит образование периферической вазоконстрикции вследствие повышения тонуса симпатической нервной системы, что приводит к повышению артериального давления (АД), и устанавливается брадикардия, вызванная влиянием блуждающего нерва (отметим, что брадикардия возникает без усиления функции левого желудочка миокарда, то есть без увеличения сердечного выброса, что говорит о снижении минутного объема кровообращения, которое косвенно будет указывать на снижение потребления кислорода организмом в целом) [4, 5, 11]. На микроциркуляторном уровне происходит перераспределение кровотока: активно начинают снабжаться наиболее чувствительные к действию гипоксии ткани и органы (головной мозг, миокард). В системе крови происходит резкое повышение общего содержания гемоглобина за счет мобилизации депонированных эритроцитов. Сродство гемоглобина к O_2 снижается, усиливая отдачу последнего клеткам-потребителям.

Непосредственно в миоцитах начинается повышенное расходование запасов макроэнергетических соединений: аденозинтрифосфорной кислоты (АТФ) и миофибрилярного креатинфосфата (KrF_{mf}), вместе с ними для поддержания энергетического баланса – отношения АТФ к АДФ (аденозиндифосфорная кислота) – используется O_2 , содержащийся в оксимиоглобине [2]. Скорость истощения фосфогенных соединений и миоглобина будет зависеть от функциональной активности клеток и их потребности в кислороде. После истощения (или значительного снижения) уровня KrF_{mf} включается KrF -челнок, который вызывает появление АДФ в митохондриях, что, следовательно, усиливает тканевое дыхание. Однако из-за ограниченности организменных запасов O_2 и того факта, что примерно 20% кислорода расходует головной мозг, напряжение кислорода в мышечных капиллярах продолжит падать, что естественно будет лимитировать аэробные процессы [8]. При снижении показателя АТФ/АДФ и еще большего образования свободного креатина (Кр) и неорганического фосфата происходит активация гликолиза [2, 10]. На фоне повышения активности ферментов гликолиза (фосфоорилаза, фосфофруктокиназа и лактатдегидрогеназа мышечного типа) ускоряется образование молочной кислоты (НЛa), которая

быстро диссоциирует до лактата (La) и ионов водорода (H^+). Накопление La в клетках и выход его в кровоток показаны в эксперименте «in vivo» на дайверах [9]. Ацидоз, вызванный продуктами анаэробного метаболизма глюкозы, будет устраняться за счет поглощения H^+ митохондриями, расходования буферных резервов и окисления La в миоцитах [10]. При истощении резервов, описанных выше, происходит снижение показателя кислотности (рН) до критического уровня, что в конечном счете приводит сначала к снижению активности ферментов, а затем и к ингибированию гликолиза.

На уровне органелл избыток АДФ и H^+ приводит к нарушению диффузии катионов (например, K^+ , Ca^{2+}) через мембраны, что отражается на электролитном балансе клетки [2]. Так снижение возможности удаления Ca^{2+} из цитозоли (связано в первую очередь со снижением активности кальциевой аденозинтрифосфатазы – Ca-АТФ-аза) создает возможность для их поглощения митохондриями, что еще больше снижает возможности биологического окисления. Вследствие ранее описанных энергетических и электролитных изменений гомеостаза клетки начинается деструкция мембран органелл под влиянием лизосомных ферментов. Дестабилизация митохондриальных мембран усугубляет энергетический дефицит, что в итоге может запустить «механизм выживания», то есть аутофагию и апоптоз [12, 14]. Аутофагия (в данном случае – митофагия) приведет к уменьшению массы митохондриального аппарата, что скажется на энергетическом обеспечении миофибрилл и их функционировании, а значит и на состоянии мышечной системы в целом [15].

Реализация данной модели адаптации может быть осуществлена только в том случае, если задержка дыхания будет сверхмаксимальной для индивида, и организм будет доведен до состояния тяжелой гипоксемии – pO_2 в миоцитах опустится ниже отметки в 1 Torr, а в митохондриях – ниже 0,3 Torr [16, 17]. На практике же лимитирующим фактором длительности задержки дыхания будет являться именно хемосенсационный механизм: при изменении напряжения кислорода (при сатурации ~ 50%) и углекислого газа в артериальной крови дыхательный центр будет настолько активен, что это приведет сначала к непроизвольным

сокращениям диафрагмы и иных инспираторных мышц, а затем, в случае если так и не будет возобновлено дыхание, к потере сознания и полной автоматизации процесса дыхания [11]. Модель долговременной адаптации к гипоксическому воздействию будет основана на действии факторов, индуцируемых гипоксией (HIFs), и влиянии прочих сигнальных белков (VEGF – фактор роста эндотелия сосудов, PGC-1 α – гамма коактиватор 1-альфа рецептора, активируемый пролифератором перокси-сом) [18, 19, 21]. При снижении в циркулирующей крови рО₂ происходит активация HIF-1 α (субъединица HIFs). Затем HIF-1 α запускает ряд изменений, которые происходят на уровне транскрипции генов [19]. Следствием таких эпигенетических изменений, как правило, является индуцирование производства сигнальных белков VEGF, PGC-1 α и иных [22]. Последние уже влияют на повышение интенсивности васкуляризации и ангиогенеза, усиление эритропоэза и биогенеза митохондрий, изменение морфологической структуры митохондрий и их расположение в миоците (при долговременной адаптации митохондрии имеют свойство располагаться в два ряда между миофибриллами, таким образом улучшая энергетическое обеспечение последних) [2, 18-22]. Получается, что неадекватное дозирование гипоксической нагрузки может привести к нарушению гомеостаза в миоцитах и, как следствие, к морфофункциональной деградации как на клеточном, так и на органном уровнях. Но при адекватной дозировке гипоксическое воздействие должно приводить к повышению энергетического потенциала клетки за счет увеличения плотности капилляров и массы митохондрий.

Цель исследования – изучение влияния метода интервальных гипоксических тренировок на показатели функциональной и физической подготовленности мальчиков 14-15 лет, занимающихся плаванием.

МЕТОДЫ И ОРГАНИЗАЦИЯ ИССЛЕДОВАНИЯ

Настоящее исследование проводилось на базе лаборатории водно-спортивной подготовки «СГУВТ» в период с октября 2021 года по май 2022 года и составило 8 месяцев. В исследовании приняли участие 35 человек, из них 20 относились к экспериментальной группе «1»

(ЭК₁), а 15 – к экспериментальной группе «2» (ЭК₂). Обе группы составили мальчики 14-15 лет, занимающиеся оздоровительной физической культурой (ОФЗ) с элементами плавания 3 раза в неделю по 45 минут (1 академический час). Группы были сформированы путем случайной выборки.

Первые четыре месяца эксперимента (октябрь 2021 – январь 2022) в ЭК₁ дополнительно (помимо основного двигательного материала) применялись ИГТ. Группа ЭК₂ в этот период занималась по типовой программе МАУДО СШОР «ЦВВС», то есть выполняла функцию контрольной группы. Во второй половине эксперимента (февраль 2022 – май 2022) группы поменялись местами: ЭК₁ стала выполнять роль контрольной группы (то есть применять стандартные методы – СтМ), а в ЭК₂ начали применяться ИГТ.

На основании модели адаптации нами был предложен комплекс интервальных гипоксических тренировок (ИГТ), который (предположительно) приводил бы к необходимым молекулярным преобразованиям в клетках мышц («необходимые молекулярные преобразования» в данном случае понимаются как изменения в функциональных системах, напрямую и положительно влияющие на функциональное и физическое состояние школьников).

При составлении комплекса мы учитывали следующее: 1) длительность гипоксической нагрузки должна быть такой, чтобы существенно снижались запасы АТФ, КрФ и оксимиоглобина в мышечных волокнах (МВ); 2) длительность нагрузки должна быть не менее той, что приводила бы к запуску креатинфосфатного челнока во время упражнения и усилению митохондриального дыхания после упражнения; 3) интенсивность и объем нагрузки должны являться такими стресс-факторами для организма, при воздействии которых синтезировались бы активаторы адаптационных механизмов (HIFs, VEGF, PGC-1 α); 4) нагрузка не должна приводить к сильному ацидозу, образованию сверхвысокого количества Н⁺ и повреждению митохондрий и мембран клетки, а также к началу аутофагии и апоптоза.

Комплекс ИГТ являлся совокупностью динамических и статических упражнений с гипоксической экспозицией. Участникам

эксперимента до начала каждой тренировки предлагалось выполнить восемь задержек дыхания на вдохе длительностью 40 секунд с интервалом отдыха 60 секунд. Также после каждой тренировки исследуемым предлагалось проплыть восемь 25-метровых отрезков под водой на задержке дыхания с использованием ласт (интервал отдыха – 30 секунд). Методы исследования: анализ, эксперимент, тестирование, метод математической статистики (t-критерий Стьюдента для связанных совокупностей). Тесты были разделены на три группы: 1) функциональные (ЖЕЛ, проба Генчи, проба Мартине, индекс Робинсона); 2) изучающие уровень работоспособности и физической подготовленности (Гарвардский степ-тест (ГСТ), тест Купера – плавание); 3) изучающие биохимический анализ крови (молярная концентрация лактата в капиллярной крови после теста Купера в плавании).

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Изучение функциональных показателей является одним из важнейших аспектов нашего исследования. Показатели работы кардиореспираторной системы могут косвенно отражать изменения в уровне выносливости из-за их влияния на кислородтранспортную функцию организма. Несмотря на данные Е. Б. Мякинченко и В. Н. Селуянова, указывающие на то, что у высококвалифицированных спортсменов лимитирующим фактором выносливости

является не центральный, а локальный механизм (то есть мышечный), мы помним, что речь в нашем исследовании идет не о взрослых спортсменах, а о юных физкультурниках, у которых слаборазвитый центральный механизм (кислородтранспортный и регуляторный) вполне может быть лимитирующим фактором для проявления выносливости [5]. Как видно из таблицы 1, после применения ИГТ достоверные отличия в обеих группах были обнаружены только в показателях ЖЕЛ, пробе Генчи и в индексе Робинсона. Положительные изменения в результатах ЖЕЛ связаны, скорее всего, со специфической адаптацией к гипоксии: при увеличении данного показателя увеличивается количество воздуха (кислорода), которое за один максимальный вдох может попасть в организм, что приводит к повышению времени до наступления тяжелой гипоксемии при задержке дыхания за счет увеличившегося резерва кислорода.

Повышение длительности задержки дыхания при пробе Генчи может указывать, с одной стороны, на экономизацию функций организма, а с другой – на повышение способности к перераспределению кровотока, на увеличение буферных запасов крови и мышечного оксиглобина, на оптимизацию работы вегетативной нервной системы и миокарда и на замедление метаболизма в условиях недостатка кислорода.

Снижение показателя индекса Робинсона говорит о благоприятном влиянии ИГТ на

Таблица 1 – Показатели кардиореспираторной подготовленности мальчиков 14-15 лет
Table 1 – Cardiorespiratory fitness indicators for 14-15-year-old boys

Показатели Indicators	Экспериментальная группа «1» Experimental group «1» n=20			Экспериментальная группа «2» Experimental group «2» n=15		
	Период эксперимента / Experiment period					
	Начало Beginning	ИГТ IHT	СтМ Standard methods	Начало Beginning	СтМ Standard methods	ИГТ IHT
ЖЕЛ (л) / VC (l)	3,48±0,14	3,94±0,06*	3,84±0,08	3,35±0,10	3,42±0,13	3,85±0,07*
Генчи (с) Genchi test (s)	34,16±0,97	46,98±0,72*	45,65±1,01	33,64±0,84	35,62±0,90	39,00±1,14*
Мартине (%) Martinet test (%)	70,16±6,45	69,16±3,45	63,18±10,02	71,58±13,03	66,16±4,40	60,88±7,20
ИР (%) Robinson's index (%)	74,24±1,79	65,20±4,02*	67,38±3,50	70,54±1,43	67,02±1,1*	64,96±1,29*

Примечание: * – различия достоверны в сравнении с предыдущим измерением при $p \leq 0,05$

Note: * – differences are significant compared to the previous measurement at $p \leq 0,05$

состояние миокарда и сосудов, что может выражаться в увеличении ударного объема крови и снижении общего периферического сопротивления сосудов.

Отсутствие достоверных изменений в реакции сердечно-сосудистой системы (ССС) на пробу Мартине после применения ИГТ может говорить как о том, что нагрузка в виде двадцати приседаний не является специфической для физкультурников, занимающихся оздоровительным плаванием, так и о том, что курс ИГТ никак не повлиял на приспособление ССС к 30-секундной динамической нагрузке.

Применение стандартных методов не вызвало достоверных изменений ни в одном из показателей, кроме снижения ИР в ЭК₂.

Функциональное тестирование показывает состояния функциональных систем организма, однако оно не отражает уровень резервов и результативность в конкретном виде локомоций. Поэтому, помимо исследования функциональной подготовленности, мы протестировали обучающихся на уровень работоспособности и общей выносливости (таблица 2). Из таблицы 2 видно, что в обеих группах после применения ИГТ показатели Гарвардского степ-

теста достоверно увеличились, что может быть связано с улучшением аэробной производительности за счет повышения массы митохондриального аппарата и увеличения активности окислительных ферментов, а может быть связано с улучшением кислород-транспортных свойств крови и физиологической адаптацией сердца (дилатация камер сердца или гипертрофия стенки левого желудочка миокарда). В ответ на стандартные методы тренировки только в ЭК₁ наблюдались подобные положительные изменения.

При проплывании 12-минутного теста Купера в ЭК₁ и ЭК₂ была отмечена статистически значимая положительная динамика результатов после применения всех методов тренировки, что в целом говорит о повышении уровня общей выносливости и, соответственно, о целесообразности применения как стандартных методов, так и ИГТ.

Определение уровня общей выносливости организма должно включать в себя не только выполнение длительных нагрузок, но и анализ действующих механизмов энергообразования. Для этого мы применили инвазивный метод изучения молярной концентрации лактата в капиллярной крови (таблица 3).

Таблица 2 – Показатели физической подготовленности мальчиков 14-15 лет
Table 2 – Physical fitness indicators for 14-15-year-old boys

Показатели Indicators	Экспериментальная группа «1» Experimental group «1» n=20			Экспериментальная группа «2» Experimental group «2» n=15		
	Период эксперимента / Experiment period					
	Начало Beginning	ИГТ ИИТ	СтМ Standard methods	Начало Beginning	СтМ Standard methods	ИГТ ИИТ
ГСТ (y.e.) Harvard step test (c.u.)	72,02 ±1,85	76,16 ±2,04*	82,34 ±1,06*	71,31 ±1,54	74,52 ±1,98	83,29 ±1,56*
Тест Купера (м) Cooper test (m)	571,15 ± 16,46	610,46 ± 15,91*	644,02 ±10,24*	558,59 ±19,87	582,28 ±13,67*	627,1 ±12,62*

Примечание: * – различия достоверны в сравнении с предыдущим измерением при p<0,05

Note: * – differences are significant compared to the previous measurement at p<0,05

Таблица 3 – Динамика молярной концентрации лактата в крови мальчиков 14-15 лет
Table 3 – Dynamics of molar concentration of lactate in blood of boys aged 14-15 years

Показатели Indicators	Экспериментальная группа «1» Experimental group «1» n=20			Экспериментальная группа «2» Experimental group «2» n=15		
	Период эксперимента / Experiment period					
	Начало Beginning	ИГТ ИИТ	СтМ Standard methods	Начало Beginning	СтМ Standard methods	ИГТ ИИТ
Лактат крови (ммоль/л) Blood lactate (mmol/l)	8,72 ±1,01	6,73 ±0,75*	7,20 ±1,15	7,95 ±0,51	7,58 ±1,24	6,94 ±0,47*

Примечание: * – различия достоверны в сравнении с предыдущим измерением при p<0,05

Note: * – differences are significant compared to the previous measurement at p<0,05

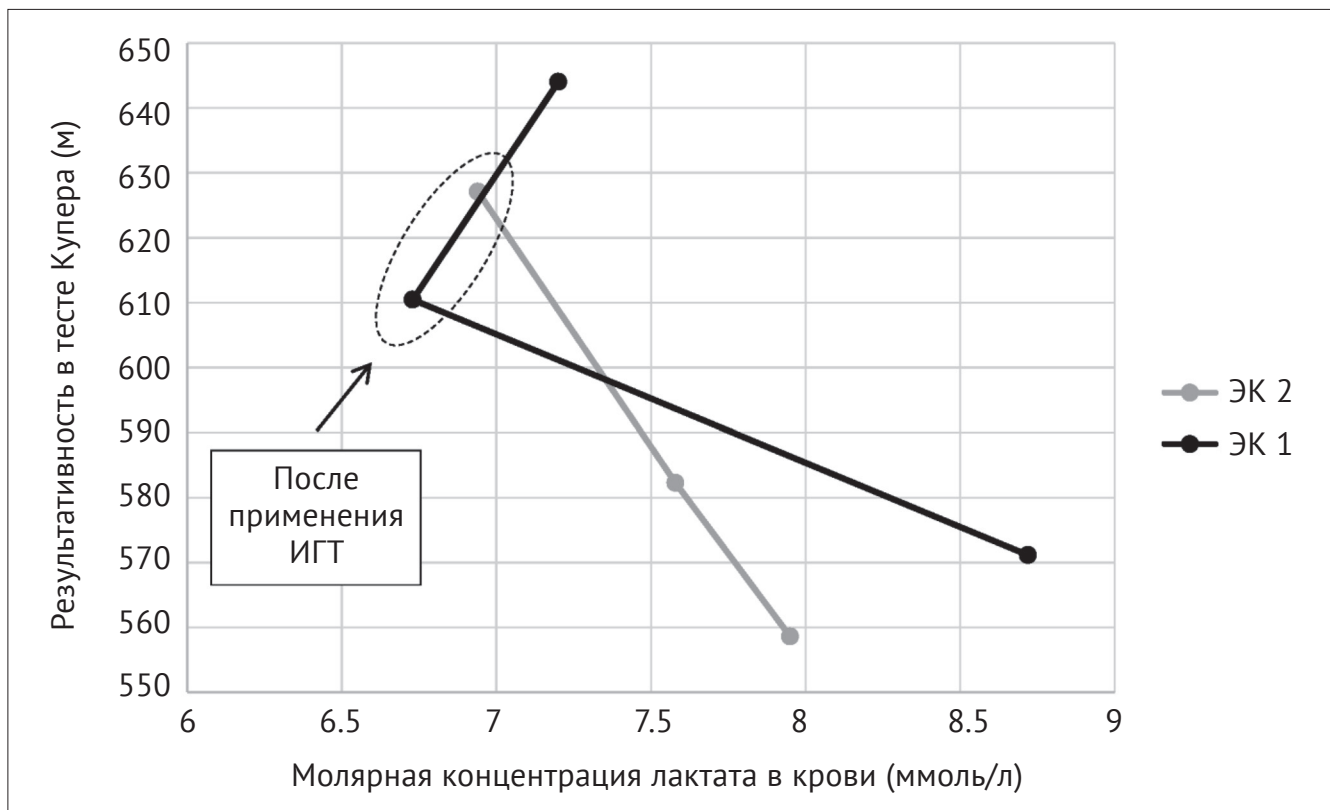


Рисунок – Динамика показателей результативности теста Купера и молярной концентрации лактата в крови у мальчиков 14-15 лет

Figure – Dynamics of performance indicators of the Cooper test and the molar concentration of lactate in the blood of boys aged 14-15 years

После анализа результатов, представленных в таблице 3, можно утверждать, что достоверное снижение концентрации La в крови при проплывании 12-минутного теста присутствует только после применения ИГТ, что говорит о повышении вклада аэробного ресинтеза АТФ в общую энергопродукцию при преодолении дистанции. Снижение продуцирования La (при условии сохранения мощности нагрузки или скорости движения) может быть следствием локальной миофибриллярной гиперплазии митохондрий, повышения активности ферментов тканевого дыхания, улучшения сопряжения окисления и фосфорилирования, увеличения содержания миоглобина и гликогена мышц, а может быть связано и с улучшением функций кардиореспираторной, нервной, эндокринной и кроветворной систем.

Уровень молярной концентрации La в крови нам может сказать лишь о том, какой путь ресинтеза АТФ превалировал при данной мышечной работе. Естественно, что увеличение вклада тканевого дыхания в общую энерго-

продукцию рассматривается нами как наиболее благоприятное течение адаптации. Но повышение аэробных потенциалов без сопутствующего увеличения результативности не имеет смысла. Потому мы решили сопоставить изменение результативности (расстояния) в тесте Купера соизменению молярной концентрации La (см. рисунок).

При графической обработке результатов эксперимента стало видно, что после применения ИГТ в обеих группах точки результативность-лактат сместились вверх-влево, что говорит о повышении аэробной производительности и порога анаэробного обмена, с одной стороны, и об улучшении результативности в тесте Купера, то есть проплывании большего расстояния за 12 минут, с другой стороны.

Стоит также отметить, что в ЭК₁ во второй половине исследования после применения стандартных методов наблюдалась тенденция к увеличению среднегрупповой результативности без уменьшения молярной концентрации La в крови, что может объясняться улучшением буферных свойств крови (что

позволило бы школьникам лучше справляться с ацидозом, а значит и больше продуцировать лактата), но также может объясняться и погрешностью измерений (что вероятнее, так как отличия в концентрации лактата в крови на данном этапе все же были значительными, но недостоверными – $p > 0,05$).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Подводя итог эмпирического исследования, можно сказать, что интервальные гипоксические тренировки показали свою эффективность по сравнению со стандартными методами оздоровительной физической культуры (результаты получены на ограниченном контингенте, а потому необходимы дополнитель-

ные более масштабные исследования, включающие в себя данные о стаже занятий, посещаемости и об уровне суточной двигательной активности). После применения ИГТ школьники обеих экспериментальных групп улучшили свои показатели в функциональных тестах (ЖЕЛ, проба Генчи, индекс Робинсона), а также в тестах на изучение физической подготовленности (Гарвардский степ-тест, тест Купера в модификации для плавания). При анализе результатов последнего теста было выявлено снижение концентрации лактата в крови, что указало нам на повышение аэробных потенциалов, в увеличении которых во многом и заключается оздоровительный эффект физической культуры.

ЛИТЕРАТУРА

1. Адаптация к задержке дыхания у спортсменов-фридайверов / И. Е. Зеленкова, Н. А. Фудин, Ю. Е. Вагин [и др.] // Спортивная медицина: наука и практика. – 2014. – № 2. – С. 9-14.
2. Жукова, А. Г. Гипоксией индуцируемый фактор (HIF): структура, функции и генетический полиморфизм / А. Г. Жукова, А. С. Казизкая, Т. Г. Сазонтова, Н. Н. Михайлова // Гигиена и санитария. – 2019. – № 98 (7). – С. 723-728.
3. Гончаров, А. О. Исследование механизма срыва задержки дыхания у человека / А. О. Гончаров, А. И. Дьяченко, Ю. А. Шулагин, Е. С. Ермолаев // Ульяновский медико-биологический журнал. – 2016. – № 54. – С. 23-25.
4. Лукьянова, Л. Д. Сигнальные механизмы гипоксии / Л. Д. Лукьянова. – М.: Российская академия наук, 2019. – 215 с.
5. Мякинченко, Е. Б. Развитие локальной мышечной выносливости в циклических видах спорта / Е. Б. Мякинченко, В. Н. Селуянов. – М.: ТВТ Дивизион, 2005. – 338 с.
6. Хитров, Н. К. Адаптация сердца к гипоксии / Н. К. Хитров, В. С. Пауков. – М.: Медицина, 1991. – 240 с.
7. Bain, A. R. Cerebral oxidative metabolism is decreased with extreme apnoea in humans; impact of hypercapnia / A. R. Bain et al. // The Journal of physiology. – 2016. – 594(18). – P. 5317-5328.
8. Bain, A. R. Physiology of static breath holding in elite apneists / A. R. Bain et al. // Experimental physiology. – 2018. – 103(5). – P. 635-651.
9. Choi, Y.K. Heme oxygenase metabolites improve astrocytic mitochondrial function via a Ca²⁺-dependent HIF-1 α /ERR α circuit / Y.K. Choi et al. // PLOS one. – 2018. – 13(8).
10. Choudhry, H. Advances in hypoxia-inducible factor biol-

- ogy / H. Choudhry, A. L. Harris // Cell metabolism. – 2018. – 27(2). – P. 281-298.
11. Connett, R.J. Defining hypoxia: a systems view of VO₂, glycolysis, energetics, and intracellular PO₂ / R. J. Connett // Journal of applied physiology. – 1990. – 68(3). – P. 833-842.
12. de Theije, C. C. Hypoxia impairs adaptation of skeletal muscle protein turnover- and AMPK signaling during fasting-induced muscle atrophy / C. C. de Theije // PLOS one/ – 2018. – 13(9).
13. Gnaiger, E. Oxygen conformance of cellular respiration. A perspective of mitochondrial physiology / E. Gnaiger // Advances in experimental medicine and biology. – 2005. – 543. – P. 39-55.
14. Ikeda, S. The role of autophagy in death of cardiomyocytes / S. Ikeda et al. // Journal of molecular and cellular cardiology. – 2022. – 165. – P. 1-8.
15. Li, J. The Molecular adaptive responses of skeletal muscle to high-intensity exercise / J. Li et al. // Training and Hypoxia. Antioxidants. – 2020. – 9. – P. 656.
16. Liu, A. Y. Zhongguo gu shang / A. Y. Liu et al. // China journal of orthopaedics and traumatology. – 2022. – 35(4). – P. 374-378.
17. Mankovska, I. Mitochondria as a Target of Intermittent Hypoxia. / I. Mankovska, T. Serebrovskaya // International Journal of Physiology and Pathophysiology. – 2015. – 6. – P. 347-362.
18. Ortiz-Prado, E. Partial pressure of oxygen in the human body: a general review / E. Ortiz-Prado et al. // American journal of blood research. – 2019. – 9(1). – P. 1-14.
19. Rieu, M. Blood lactate accumulation in intermittent supramaximal exercise / M. Rieu // European journal of applied physiology and occupational physiology. – 1985. – 57(2). – P. 235-242.

REFERENCES

1. Adaptation to breath holding in freedivers / I. E. Zelenkova, N. A. Fudin, Yu. E. Vagin et al. // Sports medicine: science and practice. – 2014. – No. 2. – P. 9-14.2.
2. Zhukova, A. G. Hypoxia induced factor (HIF): structure, functions and genetic polymorphism / A. G. Zhukova,

- A. S. Kazitskaya, T. G. Sazontova, N. N. Mikhailova // Hygiene and sanitation. – 2019. – No. 98 (7). – P. 723-728.
3. Goncharov, A. O. The study of the mechanism of disruption of breath holding in humans / A. O. Goncharov, A. I. Dyachenko, Yu. A. Shulagin, E.S. Ermolaev // Ulyanovsk biomedical journal. – 2016. – No. 54. – P. 23-25.

4. Lukyanova, L. D. Signaling mechanisms of hypoxia / L. D. Lukyanova. – M.: Russian Academy of Sciences, 2019. – P. 215.
5. Myakinchenko, E. B. Development of local muscular endurance in cyclic sports / E. B. Myakinchenko, V. N. Seluyanov. – M.: TVT Division, 2005. – P. 338.
6. Khitrov, N. K. Adaptation of the heart to hypoxia / N. K. Khitrov, V. S. Paukov. – M.: Medicine. – 1991. – P. 240.
7. Bain, A. R. Cerebral oxidative metabolism is decreased with extreme apnoea in humans; impact of hypercapnia / A. R. Bain et al. // *The Journal of physiology*. – 2016. – 594(18). – P. 5317-5328.
8. Bain, A. R. Physiology of static breath holding in elite apneists / A. R. Bain et al. // *Experimental physiology*. – 2018. – 103(5). – P. 635-651.
9. Choi, Y. K. Heme oxygenase metabolites improve astrocytic mitochondrial function via a Ca²⁺-dependent HIF-1 α /ERR α circuit / Y. K. Choi et al. // *PLOS one*. – 2018. – 13(8).
10. Choudhry, H. Advances in hypoxia-inducible factor biology / H. Choudhry, A. L. Harris // *Cell metabolism*. – 2018. – 27(2). – P. 281-298.
11. Connett, R. J. Defining hypoxia: a systems view of VO₂, glycolysis, energetics, and intracellular PO₂ / R. J. Connett // *Journal of applied physiology*. – 1990. – 68(3). – P. 833-842.
12. de Theije, C. C. Hypoxia impairs adaptation of skeletal muscle protein turnover- and AMPK signaling during fasting-induced muscle atrophy / C. C. de Theije // *PLOS one* / – 2018. – 13(9).
13. Gnaiger, E. Oxygen conformance of cellular respiration. A perspective of mitochondrial physiology / E. Gnaiger // *Advances in experimental medicine and biology*. – 2005. – 543. – P. 39-55.
14. Ikeda, S. The role of autophagy in death of cardiomyocytes / S. Ikeda et al. // *Journal of molecular and cellular cardiology*. – 2022. – 165. – P. 1-8.
15. Li, J. The Molecular adaptive responses of skeletal muscle to high-intensity exercise / J. Li et al. // *Training and Hypoxia. Antioxidants*. – 2020. – 9. – P. 656.
16. Liu, A. Y. Zhongguo gu shang / A. Y. Liu et al. // *China journal of orthopaedics and traumatology*. – 2022. – 35(4). – P. 374-378.
17. Mankovska, I. Mitochondria as a Target of Intermittent Hypoxia. / I. Mankovska, T. Serebrovskaya // *International Journal of Physiology and Pathophysiology*. – 2015. – 6. – P. 347-362.
18. Ortiz-Prado, E. Partial pressure of oxygen in the human body: a general review / E. Ortiz-Prado et al. // *American journal of blood research*. – 2019. – 9(1). – P. 1-14.
19. Rieu, M. Blood lactate accumulation in intermittent supramaximal exercise / M. Rieu // *European journal of applied physiology and occupational physiology*. – 1985. – 57(2). – P. 235-242.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

Рязанцев Андрей Игоревич (Ryazantsev Andrey Igorevich) – магистрант кафедры теоретических основ физической культуры; Новосибирский государственный педагогический университет; 630126, г. Новосибирск, ул. Вилюйская, д. 28; e-mail: reza.a.i@mail.ru; ORCID: 0000-0003-4441-4793.

Гребенникова Ирина Николаевна (Grebennikova Irina Nikolaevna) – кандидат биологических наук, доцент, заведующий кафедрой теоретических основ физической культуры; Новосибирский государственный педагогический университет; 630126, г. Новосибирск, ул. Вилюйская, д. 28; e-mail: i160463@yandex.ru; ORCID: 0000-0001-6455-7885.

Поступила в редакцию 29 мая 2023 г.

Принята к публикации 31 августа 2023 г.

ОБРАЗЕЦ ЦИТИРОВАНИЯ

Рязанцев, А.И. Применение метода интервальных гипоксических тренировок в оздоровительной физической культуре у мальчиков 14-15 лет / А.И. Рязанцев, И.Н. Гребенникова // *Наука и спорт: современные тенденции*. – 2023. – Т. 11, № 3 – С. 30-38. DOI: 10.36028/2308-8826-2023-11-3-30-38

FOR CITATION

Ryazantsev A.I., Grebennikova I.N. Application of the method of interval hypoxic training in recreational physical education in boys aged 14-15 years. *Science and sport: current trends*, 2023, vol. 11, no. 3, pp 30-38 (in Russ.). DOI: 10.36028/2308-8826-2023-11-3-30-38