

ФИЗИОЛОГИЯ

УДК 612+572.08

ВЛИЯНИЕ ГИПОКСИЧЕСКОЙ ТРЕНИРОВКИ НА ФУНКЦИОНАЛЬНУЮ ПОДГОТОВЛЕННОСТЬ ДЕТЕЙ 7-8 ЛЕТ

Ж.Ю. Чайка¹, Г.О. Абрамов, А.А. Зверева, М.В. Сороченкова
Международная гимназия Сколково, Москва

В статье отражены результаты исследования влияния средств гипоксической тренировки на функциональную подготовленность младших школьников. В следствие применения разработанной методики выявлено статистически достоверное увеличение морфофункциональных показателей.

Ключевые слова: гипоксия, функциональная устойчивость, младшие школьники

The influence of hypoxic training on the functional fitness of 7-8 years old children. The article reflects the results of the study of the influence of hypoxic training means on the functional readiness of primary schoolchildren. Due to the using of this developed methodology it was found a statistically significant increase in morphological and functional indicators.

Key words: hypoxia, functional stability, junior schoolchildren.

DOI:10.46742/2072-8840-2021-67-3-31-39

ВВЕДЕНИЕ

Начало обучения в школе является важным этапом не только психологической и социальной адаптации, но и одним из самых значимых периодов функционального развития ребенка [2; 13]. Все необходимые компоненты физического и социально-личностного развития тесно взаимосвязаны и находятся в стадии активного формирования и перестроения, обеспечивая адаптацию к высокому темпу школьной жизни [8; 10]. От того, насколько многокомпонентным будет воздействие на организм ребенка в этот период, зависит успешность обучения, а также общий уровень социальной и эмоциональной устойчивости [3]. При этом, уменьшение физической активности, длительное пребывание в положении сидя, резкое повышение времени пользования гаджетами, являются факторами снижения функциональной устойчивости организма учащихся [13].

Не вызывает сомнения тот факт, что регулярные занятия физической культурой и спортом оказывают многофакторные изменения в функциональных системах, тем самым способствуя повышению адаптации, что, в свою очередь, приводит к появлению устойчивости организма к различным неблагоприятным воздействиям [7; 14]. В настоящее время специалистами в области физической культуры и спорта ведется поиск путей повышения адаптационного эффекта за счет приме-

Контакты: ¹ Чайка Ж.Ю. – E-mail: <chayka35@yandex.ru>

нения неспецифических функциональных нагрузок как на организм в целом, так и на отдельные функциональные системы [6; 9].

Одним из таких универсальных средств воздействия, наряду с физической нагрузкой, по мнению ряда исследователей являются гипоксические тренировки, которые способствуют улучшению функционального состояния, работоспособности и жизнеспособности организма человека [1; 11; 16]. В ряде работ подтверждено применение гипоксической тренировки не только для коррекции состояний здорового человека, но и для лечения и реабилитации ослабленных и больных людей [12; 15; 17].

Однако, несмотря на пристальное внимание как отечественных, так и зарубежных специалистов в области физиологии спорта, к проблеме повышения функциональной устойчивости за счет гипоксической тренировки, некоторые вопросы, касающиеся повышения уровня функциональных возможностей и выявления закономерностей совершенствования физиологических механизмов у детей, остаются малоизученными. Исследования в области гипоксической тренировки, как средства физического развития и повышения функциональной устойчивости организма у младших школьников нами не были обнаружены. Анализ доступной литературы показывает, что данные, отражающие функциональную подготовленность детей, в публикациях отсутствуют.

В связи с этим, целью нашей работы стало изучение влияния гипоксической тренировки на физическое развитие и функциональную подготовленность детей 7-8 лет.

ОРГАНИЗАЦИЯ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Исследование проводилось на базе общеобразовательных школ города Москвы. В эксперименте приняли участие 122 ученика 1-2 классов в возрасте 7-8 лет. Все дети, участвовавшие в эксперименте на момент исследования, были соматически здоровы и допущены к занятиям физической культурой.

Для выявления динамики изменений функциональных показателей кардиореспираторной системы, а также косвенных показателей гипоксической устойчивости вследствие воздействия гипоксической нагрузки, была предложена методика тренировки с использованием методов задержки дыхания и выполнения физической нагрузки на задержке дыхания продолжительностью 8 месяцев. Экспериментальная работа проводилась в два этапа.

На первом этапе проводился констатирующий эксперимент, в течение которого изучался уровень функциональной подготовленности детей 7-8 лет. По результатам данного эксперимента было сформировано три группы: экспериментальная группа в которую вошли 42 человека и две контрольных группы, по 40 человек в каждой. Сравнение изучаемых параметров гипоксической и функциональной устойчивости в экспериментальной группе с данными не одной, а двух контрольных групп было необходимо для того, чтобы оценить воздействие предложенной методики с использованием гипоксических тренировок и исключения влияния плавания, которое само по себе оказывает значительный тренировочный эффект на кардио-респираторную систему.

На втором этапе для определения эффективности методики, разрабатываемой в ходе исследования, был проведен формирующий эксперимент. Эксперимен-

тальная группа (ЭГ) и контрольная группа 1 (КГ1), помимо основного урока в бассейне, который проходил 1 раз в неделю, 2 раза в неделю дополнительно занимались плаванием. При этом, у детей ЭГ, в тренировочную программу на каждом занятии, включались средства гипоксической тренировки: интервальная и произвольная максимальная задержка дыхания, проныривания, собирание предметов со дна, проплывания различных по длине отрезков на задержке дыхания. Общая продолжительность гипоксических составляла 10 минут. Контрольная группа 2 (КГ2) – занималась плаванием 1 раз в неделю по программе третьего урока физической культуры. Все дети из контрольной группы 2 дополнительно занимались физической культурой (футбол, единоборства, танцы) не менее двух раз в неделю.

В ходе исследования осуществлялся прямой эксперимент, в котором занятия в ЭГ и КГ1 проводились параллельно. Продолжительность занятия 45 минут.

Для определения реакции кардио-респираторной системы участников эксперимента была предложена стандартная гипоксическая нагрузка продолжительностью 15 секунд. С помощью пульсоксиметра RI-FOX (Riester, Германия) проводилась регистрация частоты сердечных сокращений (ЧСС) и уровень сатурации крови кислородом (SpO_2): ЧСС в покое ($ЧСС_{покой}$), уровень сатурации крови в покое ($SpO_2_{покой}$), ЧСС сразу после стандартной задержки дыхания ($ЧСС_{станд.зад.дых}$), уровень сатурации крови сразу после стандартной задержки дыхания ($SpO_2_{станд.зад.дых}$).

Помимо этого, вычислялось значение показателя реакции ЧСС – отношение ЧСС после задержки дыхания к ЧСС покоя (ПР). Для выявления морфофункциональных изменений измерялась окружность грудной клетки, длина и масса тела. Жизненная емкость легких определялась с помощью спирометра Spirotest 5260 (Riester, Германия). Для оценки статистической значимости использовался критерий Стьюдента (t-критерий $P < 0,05$).

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Анализ данных, полученных при исследовании уровня физического развития, показал, что при значительных индивидуальных вариациях все изучаемые показатели находятся в пределах возрастной нормы [10]. Длина тела детей во всех группах находился в диапазоне 126,32 - 128,19 см (табл. 1). При этом, обращает на себя внимание факт того, что длина тела участников эксперимента, которые дополнительно занимаются плаванием (ЭГ и КГ1) в среднем незначительно выше, а вес ниже, чем у детей, специализирующихся в других видах спорта (КГ2). Однако, эта разница не имеет статистически значимых отличий и может быть связана с аэробным характером воздействия тренировочных нагрузок, а также с первичной специализацией – в плавание, чаще других, идут дети с эктоморфным типом телосложения [5]. В пользу данной интерпретации полученных результатов свидетельствуют и показатели окружности грудной клетки, которая у юных пловцов была меньше, чем у представителей других видов спорта.

Жизненная емкость легких, которая является показателем функциональной производительности дыхательной системы, до начала формирующего эксперимента имела наибольшие величины у детей контрольной группы 1. Минимальные цифры ЖЕЛ были обнаружены у представителей контрольной группы 2.

Показатели физического развития школьников 7-8 лет

показатели	ЭГ			КГ1			КГ2		
	До эксперимента	После эксперимента	Разница	До эксперимента	После эксперимента	Разница	До эксперимента	После эксперимента	Разница
Длина тела, см	128,63 ±3,21	133,71 ±5,11	5,08 ±1,90	128,19 ±4,38	132,84 ±5,61	4,65 ±1,18	126,32 ±5,11	132,29 ±3,44	5,97 ±2,38
Масса тела, кг	25,69± 1,77	26,72± 2,14	1,03± 0,47	25,26± 2,73	27,01± 3,38	1,75± 0,54	27,81± 5,20	28,73± 5,01	0,92 ±0,16
ОГК, см	59,77± 7,01	61,38± 5,26	1,61± 0,38	57,81± 5,39	59,23± 4,77	1,42± 0,24	61,14± 8,17	61,76± 7,71	0,62 ±0,03
ЖЕЛ, мл	1451,50 ± 88,49	1773,20 ± 63,92*	221,7 ± 15,90	1612,13 ± 75,10	1789,81 ± 104,12	177,68 ± 20,71	1317,74 ± 69,08	1386,07 ± 123,12	68,33 ±32,

Примечание: звездочкой * отмечены статистически значимые изменения ($P < 0,05$)

Повторное измерение морфофункциональных показателей позволило выявить следующие тенденции: длина тела во всех группах изменилась с приблизительно одинаковым приростом 5 см. Наиболее значительное повышение массы тела отмечалось в контрольной группе 2. Прирост относительно исходного уровня в данной группе составил 6,93 % против 3,31 в контрольной группе 1 (рис. 1).

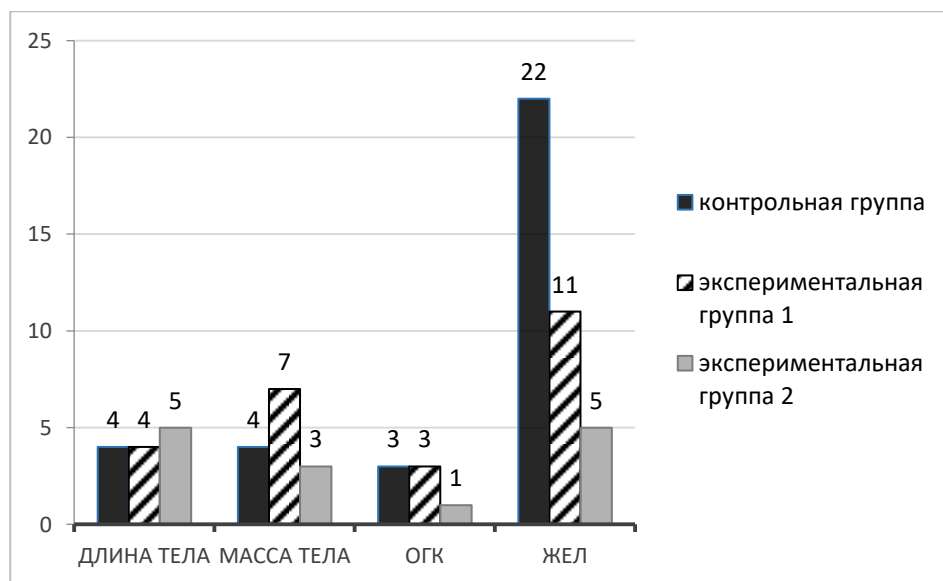


Рис. 1. Изменения морфофункциональных показателей у школьников 7-8 лет после участия в формирующем эксперименте

ЖЕЛ и ОГК более всего выросли в экспериментальной группе и контрольной группе 1, то есть у детей, которые дополнительно занимаются плаванием. Однако, статистически значимые изменения отмечены только в экспериментальной группе, которая помимо основной тренировочной программы выполняла гипоксические нагрузки. Так жизненная емкость лёгких в ЭГ выросла на 22 %, в КГ1 на 11 %, в КГ2 на 5 %.

Высокая экономизация функционирования организма является показателем, определяющим и отражающим уровень функциональной подготовленности [12]. Функциональная экономизация в этом случае выражается в урежении частотных и в увеличении объемных параметров вегетативных систем [4]. Проведенные исследования показателей функциональной устойчивости кардио-респираторной системы позволили выявить следующие тенденции.

Таблица 2

Показатели работы кардио-респираторной системы в покое и после выполнения стандартной гипоксической нагрузки у школьников 7-8 лет

показатели	ЭГ		КГ1		КГ2	
	До эксперимента	После эксперимента	До эксперимента	После эксперимента	До эксперимента	После эксперимента
ЧСС покой, уд/мин	96,76 ± 2,19	85,06 ± 0,87*	95,19 ± 2,18	94,33 ± 0,81	105,54 ± 6,40	98,21 ± 5,71
ЧСС станд.зад.дых, уд/мин	107,44 ± 4,61	91,71 ± 2,37*	111,30 ± 15,19	104,71 ± 23,41	118,76 ± 24,01	114,52 ± 18,26
ПР станд.зад.дых. усл.ед	1,11 ± 0,01	1,08 ± 0,01*	1,17 ± 0,21	1,10 ± 0,19	1,12 ± 0,28	1,16 ± 0,17
SP O ₂ покой, %	98,76 ± 0,19	98,06 ± 0,04	97,99 ± 0,38	98,33 ± 0,21	98,54 ± 0,04	97,61 ± 0,11
SP O ₂ станд.зад.дых, %	90,44 ± 2,67	97,71 ± 1,07	91,03 ± 1,91	90,16 ± 4,92	92,60 ± 2,09	92,52 ± 3,04

*Примечание: звездочкой * отмечены статистически значимые изменения (P < 0,05)*

Показатель уровня насыщения крови кислородом в покое при незначительных индивидуальных вариациях, в среднем, соответствовал данным литературы [6, 11]. У всех ребят, участвовавших в эксперименте, эта величина была от 96 % до 99 %, что в среднем составило 98,43 % (таблица 3). Проведенный эксперимент практически не внес изменений в уровень сатурации. Колебания составили не более 1 %.

Стандартная гипоксическая проба, направленная на выявление сдвигов функции кардио-респираторной системы, проведенная в начале эксперимента, закономерно оказала разнонаправленное воздействие на изучаемые показатели: уровень сатурации снизился, а ЧСС, наоборот, вырос (рисунок 2). Так, в экспериментальной группе, после задержки дыхания 15 секунд, пульс в среднем повысился на 11 ударов в минуту, а уровень кислорода в крови в среднем упал на 8 %. Та же тенденция отмечена в контрольных группах: SP O₂ снизился на 7 % и 6 % (КГ1 и

КГ2) при одновременном увеличении частоты сердечных сокращений увеличилась на 17 и 12 ударов соответственно.

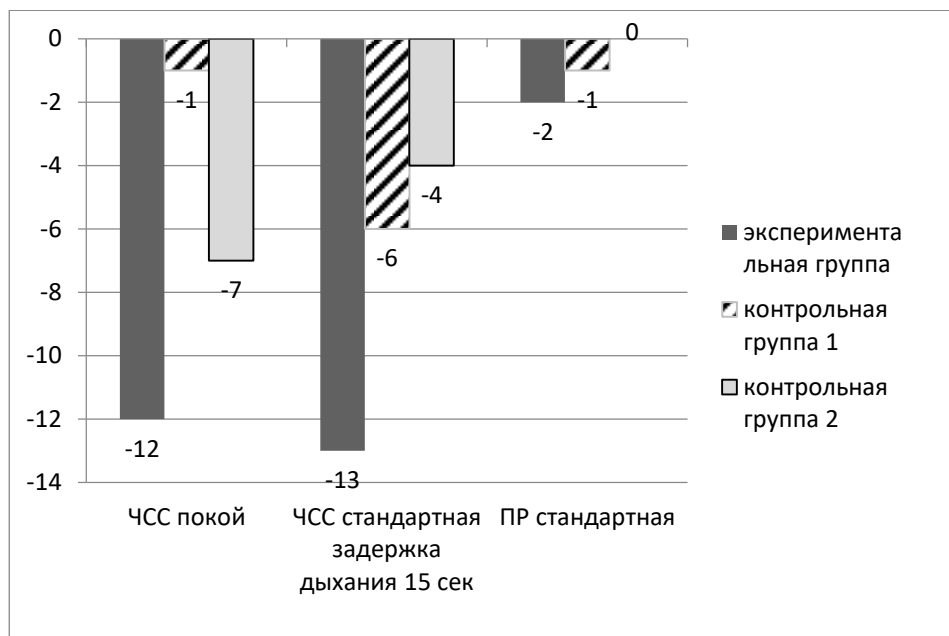


Рис. 2. Динамика изменений показателей работы сердечно-сосудистой системы в покое и после выполнения стандартной гипоксической нагрузки у школьников 7-8 лет, %

Средний показатель реакции ЧСС (ПР) на стандартную задержку дыхания до начала эксперимента во всех трех группах был примерно одинаковым и составил 1,11-1,17 усл.ед. Как известно, в норме этот показатель не должен быть больше 1,2 усл.ед. [6]. При превышении этой величины, считается, что реакция сердечно-сосудистой системы является неблагоприятной для организма и свидетельствует о высоком напряжении адаптивных механизмов во время выполнения гипоксической пробы или любой другой нагрузки [4, 7].

Для изучения воздействия гипоксической тренировки на организм школьников 7-8 лет была разработана методика, включающая в себя нагрузку двух типов: задержка дыхания в условиях относительного мышечного покоя и гипоксическая тренировка, включающая в себя упражнения, связанные с плаванием на задержке дыхания и различные виды прорывания.

По окончании формирующего эксперимента, в апреле, мы повторно провели измерение всех изучаемых функциональных показателей. В результате исследования было выявлено, что показатели работы кардио-респираторной системы в покое претерпели значительные изменения. В экспериментальной группе отмечено достоверно значимое урежение ЧСС. В процентном отношении пульс в условиях покоя в ЭГ по сравнению с исходным уровнем замедлился на 12 % (рис. 2).

В контрольных группах ЧСС в покое изменился менее значительно: на 1 % в КГ1 и на 7 % в КГ2.

Стандартная гипоксическая проба позволила сделать вывод о том, что проведенный эксперимент оказал непосредственное влияние на экономизацию функции кардиореспираторной системы.

Так, в экспериментальной группе ЧСС в ответ на стандартную задержку дыхания в 15 сек, статистически значительно снизилась и составила 91,71 против 107,44 ударов в минуту до эксперимента. Показатель реакции ЧСС составил 1,08 против 1,11 усл.ед. Данная разница является статистически достоверной ($P < 0,05$) и свидетельствует о менее значимых сдвигах в работе сердечно-сосудистой системы, что, как известно, определяет более совершенную адаптацию. В контрольных группах изменения были незначительными и не имели статистически значимых различий.

Уровень снижения насыщения крови кислородом после стандартной гипоксической пробы так же был статистически менее значимым только в экспериментальной группе. Если до проведения тренировок на задержку дыхания падение SpO_2 было 7,92 %, что практически соответствовало цифрам, обнаруженным в контрольных группах, то по окончании педагогического эксперимента эта величина равнялась всего 0,33 %. В контрольных группах изменение сатурации осталось практически на том же уровне.

ВЫВОДЫ

1. Сравнительный анализ полученных данных позволяет сделать вывод о том, что гипоксическая тренировка не оказывает значимого воздействия на физическое развитие детей. Функциональные изменения напротив, находятся в прямой взаимосвязи с использованием упражнений на задержку дыхания.

2. Гипоксическая тренировка повышает функциональную подготовленность детей 7-8 лет, оказывая статистически значимое воздействие на экономизацию работы кардиореспираторной системы и снижение ее функционального ответа в ответ на стандартную пробу с задержкой дыхания.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Арбузова О.В. Нормобарическая гипоксическая тренировка как средство повышения аэробных и анаэробных возможностей спортсменов различного возраста // Материалы III Всероссийской конференции с международным участием «Медико-физиологические проблемы экологии человека», 22-25 сентября 2009 г. / О.В. Арбузова, М.В. Балькин, Е.Д. Пупырева. – Ульяновск, 2009. – С. 18-20.

2. Безруких М.М., Филиппова Т.А., Вербя А.С., Иванов В.В., Сергеева В.Е. Особенности функционального развития детей 6-7 лет и прогнозирование рисков дезадаптации и трудностей обучения // Новые исследования. – 2020. – № 1 (61). – С. 19-36.

3. Бокарева, Н.А. Ведущие факторы, формирующие физическое развитие современных детей мегаполиса Москвы: дис. ... док-ра мед. наук 14.02.01 / Бокарева Наталия Андреевна. – М., 2014. – С. 272.

4. Губа, В.П. Теория и методика современных спортивных исследований: монография / В.П. Губа, В.В. Маринич. – М.: Спорт, 2016. – С. 232
5. Захарьева, Н.Н. Возрастная физиология спорта: монография / Н.Н. Захарьева. – М.: РГУФКСМиТ, 2016. – С. 380.
6. Зеленкова М.Е. Физиологические процессы гипоксической устойчивости спортсменов различной квалификации при дозированных физических нагрузках: автореф. дис. ... к.м.н. – М., 2014. – С. 28.
7. Золотникова, Г.П. Адаптационный потенциал организма лиц подросткового и юношеского возраста при спортивных нагрузках в современных экологических условиях: монография / Г.П. Золотникова, Н.Е. Захаров. – Брянск: Изд-во «Белобережье», 2018. – С. 156.
8. Зорина, И.Г. Здоровье школьников: монография / И.Г. Зорина, В.В. Макарова. – Челябинск: ООО «Полиграф-Мастер». – 2019. – С. 248.
9. Иссурин, В.Б. Подготовка спортсменов XXI века: научные основы и построение тренировки / В.Б. Иссурин. – М.: Спорт, 2016. – С. 464.
10. Кучма, В.Р. Морфофункциональное развитие современных школьников / В.Р. Кучма [и др.]. – М.: ГЭОТАР-Медиа, 2018. – С. 352.
11. Методические рекомендации ОКР. Применение дополнительного искусственного гипоксического воздействия в спорте высших достижений. – М., 2013. – С. 11.
12. Попов Д.В., Салихова Р.Н., Нарычева И.Е., Кузнецов С.Ю. Динамика физиологических показателей при максимальной произвольной задержке дыхания // Материалы IV Всероссийской с международным участием конференции по управлению движением, 1 - 3 февраля 2012 г. – С. 119.
13. Страдзе А.Э., Пушкина В.Н., Лубышев Е.А., Размахова С.Ю. Физическое и функциональное состояние младших школьников в современных условиях образовательной среды // Теория и практика физической культуры. – 2021. – № 4. – С. 17-19.
14. Федорова Е.Ю., Пушкина В.Н., Гернет И.Н., Сизов А.Е. Типовой портрет физической активности обучающихся общеобразовательных организаций Москвы // Ученые записки университета им. П.Ф. Лесгафта. – 2019. – № 9 (175). – С. 304-309.
15. Vickerman P. Teaching Physical Education to Children with Special Educational Needs / P. Vickerman, A. Maher. – 2nd ed. – NY: Routledge, 2018
16. Virués-Ortega, J., Buela-Casal, G., Garrido, E., Alcázar, B., 2004. Neuropsychological functioning associated with high-altitude exposure. *Neuropsychol. Rev.* 14, 197–224.
17. Wang, G. L., Jian, B. H., Rue, E. A. And Semenza, G. L. (2015). Hypoxia Inducible Factor 1 Is A Basic-Helix–Loop–Helix-Pas Heterodimer Regulated By Cellular Oxygen Tension. *Proc. Natn. Acad. Sci. U.S.A.* 92, 5510–5514.
18. Xie A., Skatrud J.B., Crabtree D.C., Puleo D.S., Goodman B.M., Morgan B.J. (2000) Neurocirculatory consequences of intermittent asphyxia in humans. *J Appl Physiol* 89:1333–1339

REFERENCES

1. Arbuzova O.V. Normobaricheskaya gipoksicheskaya trenirovka kak sredstvo povysheniya aerobnyh i anaerobnyh vozmozhnostej sportsmenov razlichnogo vozrasta // *Materialy III Vserossijskoj konferencii s mezhdunarodnym uchastiem «Mediko-fiziologicheskie problemy ekologii cheloveka», 22-25 sentyabrya 2009 g.* / O.V. Arbuzova, M.V. Balykin, E.D. Pupyreva. – Ul'yanovsk. – S. 18-20.
2. Bezrukih M.M., Filippova T.A., Verba A.S., Ivanov V.V., Sergeeva V.E. Osobnosti funkcional'nogo razvitiya detej 6-7 let i prognozirovanie riskov dezadaptacii i trudnostej obucheniya // *Novye issledovaniya.* – 2020. – №1 (61). – S. 19-36.
3. Bokareva, N.A. Vedushchie faktory, formiruyushchie fizicheskoe razvitie sovremennyh detej megapolisa Moskvy: dis. ... dok-ra med. nauk 14.02.01 / Bokareva Nataliya Andreevna. – M., 2014. – S. 272.
4. Guba, V.P. Teoriya i metodika sovremennyh sportivnyh issledovanij: monografiya / V.P. Guba, V.V. Marinich. – M.: Sport, 2016. – S. 232.
5. Zahar'eva, N.N. Vozrastnaya fiziologiya sporta: monografiya / N.N. Zahar'eva. – M.: RGUFKSMiT, 2016. – S. 380.
6. Zelenkova M.E. Fiziologicheskie processy gipoksicheskoy ustojchivosti sportsmenov razlichnoj kvalifikacii pri dozirovannyh fizicheskikh nagruzkah // *Avtoref. diss. k.m.n.* – M., 2014. – S. 28.
7. Zolotnikova, G.P. Adaptacionnyj potencial organizma lic podrostkovogo i yunosheskogo vozrasta pri sportivnyh nagruzkah v sovremennyh ekologicheskikh usloviyah: monografiya / G.P. Zolotnikova, N.E. Zaharov. – Bryansk: Izd-vo «Beloberezh'e», 2018. – S. 156.
8. Zorina, I.G. Zdorov'e shkol'nikov: monografiya / I.G. Zorina, V.V. Makarova. – CHelyabinsk: OOO «Poligraf-Master», 2019. – S. 248.
9. Issurin, V.B. Podgotovka sportsmenov XXI veka: nauchnye osnovy i postroenie trenirovki / V.B. Issurin. – M.: Sport, 2016. – S. 464.
10. Kuchma, V.R. Morfofunkcional'noe razvitie sovremennyh shkol'nikov / V. R. Kuchma [i dr.]. – M.: GEOTAR-Media, 2018. – S. 352.
11. Metodicheskie rekomendacii OKR. Primenenie dopolnitel'nogo iskusstvennogo gipoksicheskogo vozdejstviya v sporte vysshih dostizhenij. – M., 2013. – S. 11.
12. Popov D.V., Salihova R.N., Narycheva I.E., Kuznecov S.YU. Dinamika fiziologicheskikh pokazatelej pri maksimal'noj proizvol'noj zaderzhke dyhaniya // *Materialy IV Vserossijskoj s mezhdunarodnym uchastiem konferencii po upravleniyu dvizheniem, 1 - 3 fevralya, 2012 g.* – S. 119.
13. Stradze A.E., Pushkina V.N., Lubyshev E.A., Razmahova S.YU. Fizicheskoe i funkcional'noe sostoyanie mladshih shkol'nikov v sovremennyh usloviyah obrazovatel'noj sredy // *Teoriya i praktika fizicheskoy kul'tury.* – 2021, №4. – S. 17-19.
14. Fedorova E.YU., Pushkina V.N., Gernet I.N., Sizov A.E. Tipovoj portret fizičeskoy aktivnosti obuchayushchihsya obshcheobrazovatel'nyh organizacij Moskvy // *Uchenye zapiski universiteta im.P.F. Lesgafta.* – 2019. – № 9 (175). – S. 304-309.