

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2020.99.9.067>**МЕТОД АППАРАТНОЙ ГИПОКСИЧЕСКОЙ ТРЕНИРОВКИ В ПОДГОТОВКЕ
ВЫСОКОВАЛИФИЦИРОВАННЫХ ПЛОВЦОВ-ПОДВОДНИКОВ К ЧЕМПИОНАТУ РОССИИ 2019 ГОДА**

Научная статья

Сауров Е.А.^{1,*}, Морозов С.Н.²¹ ORCID: 0000-0002-1825-0023;² ORCID: 0000-0002-1825-097;^{1,2} Российский Государственный Университет физической культуры, спорта, молодежи и туризма (ГЦОЛИФК),
Москва, Россия

* Корреспондирующий автор (saurov.ev[at]gmail.com)

Аннотация

Цель: в данной статье описана стратегия подведения к основному спортивному состязанию сезона с использованием аппаратных методов интервальной гипоксической тренировки.

Методы: объемы и интенсивность тренировочных нагрузок в воде, на суше и интервальной гипоксической тренировки регистрировались ежедневно. Для определения контроля интенсивности использовался метод пульсометрии и метод мониторинга степени оксигенации крови.

Результаты: участники эксперимента в течение 4 недель выполняли тренировки на велоэргометре Monarch Ergonomic Testing Bicycle (USA) на уровне порога анаэробного обмена (70 — 80% от максимальной частоты сердечных сокращений) с помощью аппарата для создания условий нормобарической гипоксии Hypoxico Everest II (USA), имитирующим высоту 6000м над уровнем моря. Тренировки прекратились за 20 дней до начала состязания. На 21 день 5 из 6 участников квалифицировались в финал Чемпионата России по подводному спорту на дистанции 400м плавание в ластах и 3 участника эксперимента заняли пьедестал. В итоге, прирост результатов участников по сравнению с личным рекордом составил $3.08 \pm 0.29\%$.

Обсуждение: использование метода аппаратной интервальной гипоксической тренировки в период непосредственной подготовки к спортивному состязанию достаточно распространен в видах спорта, связанных с выносливостью, а также в экстремальных видах спорта, где гипоксия является лимитирующим фактором работоспособности спортсменов (альпинизм) — подготовка в данном эксперименте основывалась на уже описанных рекомендациях: использовать нагрузку на уровне лактатного порога и имитацию высоты 6000м на уровне моря в течение 2-4 недель, после чего дожидаться пика работоспособности, следующего на 21-28 дни после окончания гипоксического воздействия. Данная стратегия помогла добиться значительного прироста спортивного результата у высококвалифицированных спортсменов.

Ключевые слова: гипоксия, плавание в ластах, подводные спорт, моноласт, плавание, фридайвинг, соревнование.

**INSTRUMENTAL HYPOXIC TRAINING OF THE ACCOMPLISHED FROGMAN
FOR RUSSIAN CHAMPIONSHIP 2019**

Research article

Saurov E.A.^{1,*}, Morozov S.N.^{2,*}¹ ORCID: 0000-0002-1825-0023;² ORCID: 0000-0002-1825-097;^{1,2} Russian State University of Physical Education, Sport, Youth and Tourism (SCOLIPE); Moscow, Russia

* Corresponding author (saurov.ev[at]gmail.com)

Abstract

The purpose: this article describes the strategy of supplying for the main sports event of the season through instrumental interval hypoxic training.

Methods: daily records of the amount and intensity of training load in water, on land, and of the hypoxic interval training. To determine intensity control, heart rate monitoring and blood oxygenation monitoring methods were used.

The results: experimental subjects for four weeks trained on the Monarch Ergonomic Testing Bicycle (USA) veloergometer at the level of anaerobic metabolism threshold (70-80% of the predicted Maximum Heart Rate) using a device for creating conditions for normobaric hypoxia Hypoxico Everest II (USA), simulating an altitude of 6000m above sea level. The training stopped 20 days before the championship. On the day 21, 5 out of 6 contesters qualified for the Russian Underwater Sport Championship final at a distance of 400m finswimming and three contesters stood on pedestal. In all, the participants' results noticed an increase in $3.08 \pm 0.29\%$ when compared to the personal best.

Discussion: usage of instrumental interval hypoxic training in the period of direct training for a sports event is quite common in endurance-related sports, as well as in extreme sports, where hypoxia is the limiting factor of athletes' performance (mountaineering) — preparation in this experiment was based on the previously described recommendations: use the load at the level of the lactate threshold and simulate the height of 6000m above sea level for 2-4 weeks, then wait for the peak of performance, resulting on the 21-28 days after the end of exposure to hypoxia. This strategy contributed to the considerable increase in the competitive result of accomplished athletes.

Keywords: hypoxia, finswimming, underwater sport, monofin, swimming, freediving, contest.

Введение

Плавание в ластах — это группа дисциплин подводного спорта, в которой спортсмен выполняет дельфинообразные движение туловищем и ногами в сагитальной плоскости, используя моноласт, для продвижения в воде. В данную группу входят 13 индивидуальных соревновательных дисциплин, а также 2 дисциплины эстафетного плавания. Плавание в ластах получило широкое распространение в России и в мире, динамика соревновательных результатов говорит о постоянном повышении мастерства спортсменов-подводников. Дисциплины 400м, 800м и 1500м плавание в ластах требуют от спортсменов предельного развития аэробного метаболизма, так как энергообеспечение во время проплывания этих дистанций происходит в основном за счет этого механизма получения энергии. Для повышения аэробной работоспособности у высококвалифицированных пловцов-подводников необходим поиск новых средств, методов и методических решений.

Для повышения аэробной работоспособности спортсменов из таких видов спорта как бег, плавание, биатлон, лыжные гонки — видов спорта, связанных с проявлением выносливости, описаны стратегии подготовки в условиях среднегорья и высокогорья. Данные стратегии получили особое внимание после объявления Мехико городом проведения Игр Олимпиады в 1968 году (Мехико расположен на высоте 2250м над уровнем моря). История применения методов гипоксической тренировки имеет более чем 50-летнюю историю и разработана в научно-методической литературе.

Воздействие средне- и высокогорья на организм человека вызывает целый каскад приспособительных изменений и физиологических откликов, которые включают в себя кардиореспираторные, гематологические, периферическую адаптацию (например, повышение емкости энергосубстратов в мышцах), повышение активности гликолитических ферментов и повышение экономичности выполнения работы [1]. В горных условиях гипоксия связана с пониженным парциальным давлением кислорода и называется гипобарической гипоксией — под ее воздействием происходит снижение степени насыщения крови кислородом [2].

Гипоксия также возникает в видах спорта, связанных с выносливостью, когда сердечно-сосудистая и респираторная системы не способна справиться с возникающей в связи с интенсивностью или внешними факторами потребностью в кислороде [3]. Возникающая гипоксия быстро истощает энергетические запасы субстратов и вызывает ряд нарушений работы центральной нервной системы, что приводит к затруднению или невозможности выполнения упражнения на необходимом уровне интенсивности. Такая гипоксия называется гипоксией нагрузки. Хотя она и имеет иную природу, механизмы, происходящие в организме, являются неспецифическими, то есть не отличаются от возникающих под воздействием гипобарической гипоксии [4].

Для предотвращения развития гипоксии во время упражнения используются тренировки на уровне порога анаэробного обеспечения (лактатного порога — на уровне 70-80% от максимальной частоты сердечных сокращений). Такие тренировки повышают способность сердечно-сосудистой системы утилизировать продукты окисления энергосубстратов (в частности молочную кислоту) [4]. Также, имеются данные о том, что 4 недели тренировок на уровне ПАНО приводят к повышенному накоплению энергосубстратов в работающих мышцах, что позволяет повысить способность мышц противостоять утомлению [5]. Более того, тренировки на уровне ПАНО являются наиболее эффективным способом повышения МПК (максимального потребления кислорода), которое является основным показателем развития аэробной работоспособности спортсмена и имеет высокую корреляцию со спортивным результатом в плавании в ластах на средних и длинных дистанциях ($r = 0.83$ на дистанции 400м плавание в ластах) [6], [7].

Однако, при тренировке высококвалифицированных спортсменов возникает проблема снижения эффективности стимула на последующую адаптационную реакцию [8]. Говоря иначе, высококвалифицированные спортсмены обладают адаптацией к такого рода нагрузкам и последующее применение не является достаточно сильным стимулом для повышения тренированности. В то же время, в современном спорте плотность результатов на соревнованиях международного уровня настолько велика, что разница между победителем и серебряным медалистом может составлять сотые доли секунды. Например, если бы спортсмен, занявший второе место на Чемпионате мира по подводному спорту 2018 г на дистанции 400м плавание в ластах, мог проплыть на 0.005% быстрее, он стал бы победителем на этой дистанции [8].

Этим объясняется интерес к потенциальным преимуществам тренировки на уровне ПАНО (порога анаэробного обмена) в условиях нормобарической гипоксии, так как может стать именно тем фактором, за счет которого спортсмен может получить необходимое преимущество в борьбе за первенство. Ряд исследователей описывают стратегии применения искусственной гипоксической тренировки в подготовке высококвалифицированных велосипедистов, альпинистов, легкоатлетов и баскетболистов [9].

Сообщается, что высокоинтенсивные тренировки (на уровне лактатного порога и выше) в условиях гипоксии способны вызывать больший прирост работоспособности по сравнению с тренировками в нормоксии [9]. Более того, использование аппаратных методов гипоксической тренировки позволяет спортсменам выполнять основную тренировочную работу — в воде и тренажерном зале — на привычных местах проведения учебно-тренировочных занятий, без необходимости посещения специальных тренировочных баз, находящихся в высокогорье. Это делает метод искусственной гипоксической тренировки доступным для широкого ряда спортсменов.

Также, имеются сведения о том, что инновационный подход в тренировках спортсменов, основанный на методе аппаратной гипоксической тренировки, может обладать большим потенциалом для повышения тренировочных адаптаций на физиологическом, биохимическом и генетическом уровнях [10]. Считается, что состояние «спортивной формы» характеризуется именно оптимальной степенью активации всех компонентов подготовки спортсмена [10]. Таким образом, максимальная реализации спортивной формы возможна под воздействием метода интервальной гипоксической тренировки с использованием аппарата-гипоксикатора.

Однако, в научно-методической литературе имеется ряд противоречивых данных о том, что нормобарические гипоксические тренировки не вызывают необходимых изменений гематологических параметров, а, следовательно, не

могут вызывать достоверных изменений в спортивной работоспособности спортсменов [11], [12]. Сообщается, что, хотя зарегистрирован прирост результатов, он все же имеет другую причину, не связанную с применением аппаратного метода гипоксической тренировки [13].

В данном исследовании стояла задача доказать эффективность стратегии применения аппаратного метода гипоксической тренировки в цикле непосредственной подготовки к спортивному состязанию среди высококвалифицированных пловцов-подводников при подготовке к Чемпионату России по подводному спорту 2019.

Методы

Экспериментальная группа состояла из 6 высококвалифицированных пловцов-подводников мужского пола, участвующих в соревнованиях Всероссийского и международного уровня. Антропометрические данные и квалификация группы указаны в таблице 1.

Таблица 1 – Группа высококвалифицированных пловцов

Количество	6
Возраст	19,5 ± 1,0 лет
Рост	184,0 ± 1,5 см
Вес	88,5 ± 1,5 кг
Квалификация	КМС-МС

Сбор данных проводился следующим образом:

Метод пульсометрии применялся во время тренировочных нагрузок в воде и на суше, а также во время выполнения интервальных гипоксических тренировок на велоэргометре с помощью пульсометра Spartan Ultra, Suunto (Finland). Для тренировок была выбрана пульсовая зона соответствующая зоне порога анаэробного обмена (70-80%), которая высчитывалась для каждого участника индивидуально на основе значения максимального

Для регистрации степени насыщения крови кислородом использовался датчик PulseOximeter, Hypoxico (USA). Оксигенация измерялась во время тренировочных занятий на велоэргометре с применением аппаратного метода гипоксической тренировки для контроля сатурации крови.

Контроль за объемом и наполнением учебно-тренировочных занятий осуществлялся с помощью онлайн-приложения Simple Workout Log (www.simpleworkoutlog.com) как на рис. 1.

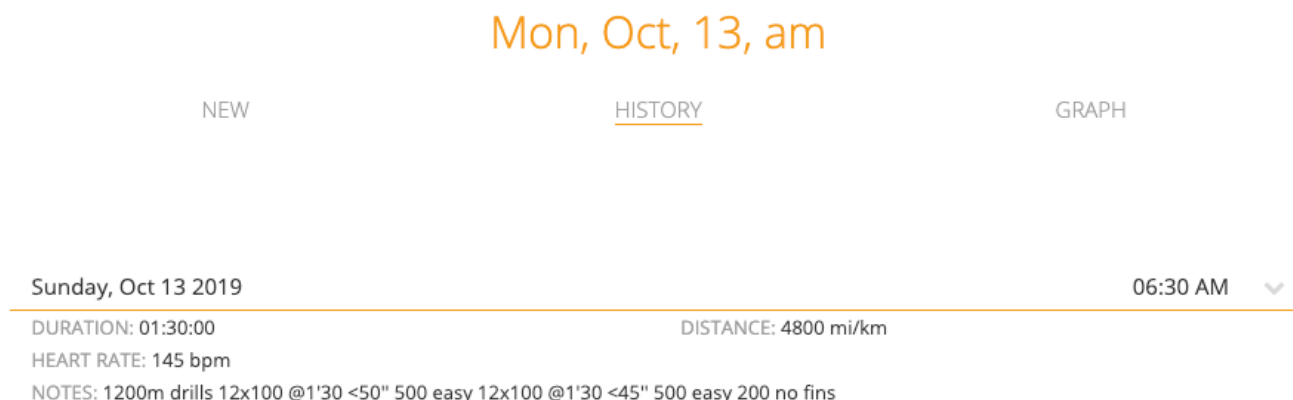


Рис. 1 – Запись тренировок производилась в электронном дневнике

Нагрузка в воде в дальнейшем была разделена на 5 категорий в соответствии с пульсовыми зонами. Нагрузка на суше была разделена на две категории: силовая и работа над мобильностью. Гипоксическая нагрузка была выделена в отдельную категорию (табл. 2). Таким образом, осуществлялся подсчет расстояния (в км), преодоленного спортсменом в воде в каждой пульсовой зоне, количество часов в неделю, затраченное на каждую из категорий тренировок на суше и на гипоксическую работу на велоэргометре.

Таблица 2 — Виды тренировочной нагрузки и ее объемы в рамках микроцикла

Категория	Метрика	Объем
Вода (98-118 уд/мин)	Км в неделю	12.2 ± 1.9
Вода (119-137 уд/мин)	Км в неделю	30.2 ± 14.5
Вода (138-157 уд/мин)	Км в неделю	7.8 ± 7.2
Вода (158-177 уд/мин)	Км в неделю	14.2 ± 10.2
Вода (178+ уд/мин)	Км в неделю	18.8 ± 0.9
Суша (силовая)	Часы в неделю	3.0 ± 0.5
Суша (мобильность)	Часы в неделю	1.0 ± 0.3
Гипоксия (ИГТ)	Часы в неделю	5.0 ± 1.0

Метод аппаратной гипоксической тренировки

Дополнительно к основной тренировочной нагрузке в воде и на суше, экспериментальная группа выполняла 5 тренировочных сессий на велоэргометре с помощью гипоксического аппарата Huroxico Everest Summit II (USA). Каждая тренировочная сессия состояла из разминки (10 минут на мощности 150 Вт в нормоксии), основной части (40-45 минут на мощности ПАНО в нормобарической гипоксии на имитируемой высоте 6000м) и заключительной части (5-10 минут на мощности 100). Пример на рис. 2.



Рис. 2 – Выполнение тренировочной сессии на велоэргометре с помощью аппаратного метода гипоксической тренировки

В течение цикла непосредственной подготовки к Чемпионату России по подводному спорту 2019 спортсмены выполнили 20 тренировочных сессий, используя метод аппаратной гипоксической тренировки. Последняя тренировочная сессия была проведена за 20 дней до первого соревновательного дня, в который участникам предстояло соревноваться на дистанции 400м плавание в ластах.

Статистический анализ

Для анализа данных использовался метод математической статистики. Данные были внесены в базу данных Firebase, Google (USA), для анализа использовался язык программирования Python 3.8 и программные библиотеки pandas, numpy, matplotlib, plotly, statsmodels и seaborn (рис. 3).

Сперва все данные вносились в таблицу Excel для первичного анализа. Производился расчет средних значений и стандартных отклонений, доверительных интервалов и p – значений.

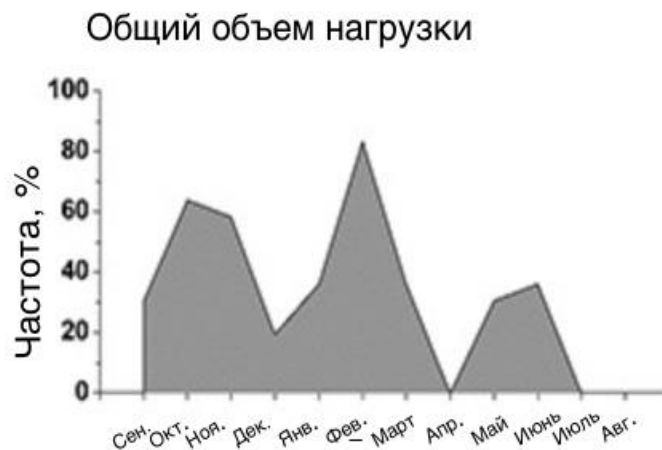


Рис. 3 – График общего объема тренировочной, выполненный с помощью библиотеки seaborn программного языка Python 3.8

Тип нагрузки на тренировочном занятии

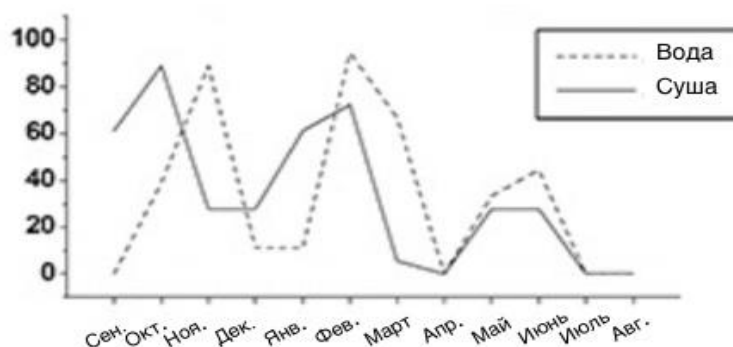


Рис. 4 – График нагрузки с разделением на водную и сухую часть, выполненные с помощью библиотеки seaborn программного языка Python 3.8

Результаты

Для оценки результатов метода аппаратной гипоксической тренировки использовались результаты спортсменов на дистанции 400м плавание в ластах, показанные на 21 день после окончания тренировочного цикла с применением нормобарической гипоксии и сравнение показанных результатов с личными рекордами участников экспериментальной группы.

Дистанция 400м плавание в ластах является одной из самых требовательных в программе соревнований по подводному спорту. Хотя основным компонентом энергообеспечения здесь является аэробный гликолиз (87%), около 10% энергообеспечения осуществляется за счет лактоцидного компонента, а, следовательно, энергопотребление является значительным на протяжении дистанции, а уровень лактата в работающих мышцах достигает высоких показателей к концу соревновательного упражнения (до 20 ммоль/л).

На 21 день после окончания воздействия участникам предстояло проплыть полуфинал утром, а в случае успешной квалификации и финальный заплыв вечером. Пять из шести участников экспериментальной группы успешно квалифицировались в финал, после чего в вечерней программе 3 участника стали медалистами на этой дистанции. Прирост результатов по сравнению с личным рекордом участников составил $3.08 \pm 0.29\%$.

Обсуждение

В исследование приняли участие 6 высококвалифицированных спортсменов, впервые применившие в своей подготовке к соревнованиям метод аппаратной гипоксической тренировки. В результате такого воздействия, спортсмены значительно улучшили свои спортивные результаты.

На основании этого можно сделать вывод о целесообразности применения аппаратных методов гипоксической тренировки в цикле непосредственной подготовки к соревнованию среди высококвалифицированных пловцов-подводников.

Однако, в дальнейших исследованиях необходимо установить механизм, вызвавший данные улучшения спортивной работоспособности. Получить данные о вызванной гипоксическим стимулом реакции возможно с помощью использования физиологических и функциональных метрик, таких как гематологические параметры, МПК (максимальное потребление кислорода), частота сердечных сокращений на уровне порога анаэробного обмена и максимальная частота сердечных сокращений. Дальнейшие исследования будут посвящены выяснения этих особенностей метода.

Конфликт интересов

Не указан.

Conflict of Interest

None declared.

Список литературы/References

1. Luks A.M. Acute high-altitude sickness / A.M. Luks, E. R. Swenson, P. Bartsch // European respiratory review : an official journal of the European Respiratory Society. 2017; 26(143).
2. Richalet J.P. Physiological risk factors for severe high-altitude illness: a prospective cohort study / Richalet JP, Larmignat P, Poitrine E, Letournel M, Canoui-Poitrine F. // Am J Respir Crit Care Med. 2012;185(2):192-198.
3. Luks AM. Clinician's corner: What do we know about safe ascent rates at high altitude? / A.M. Luks // High Alt Med Biol. 2012;13(3):147-152.
4. Oelz O. Physiological profile of world-class high-altitude climbers / Oelz O, Howald H, Di Prampero PE, et al. // Journal of Applied Physiology. 1986;60(5):1734-1742.
5. Faiss R. Responses to exercise in normobaric hypoxia: comparison of elite and recreational ski mountaineers / Faiss R, von Orelli C, Deriaz O, Millet GP. // Int J Sports Physiol Perform. 2014;9(6):978-984.
6. Millet G.P. Point: Hypobaric hypoxia induces different physiological responses from normobaric hypoxia / Millet GP, Faiss R, Pialoux V. // Journal of applied physiology. 2012;112(10):1783-1784.
7. Millet G.P. Evidence for differences between hypobaric and normobaric hypoxia is conclusive / Millet GP, Faiss R, Pialoux V. // Exerc Sport Sci Rev. 2013;41(2):133.

8. Fulco C.S. Effectiveness of preacclimatization strategies for high- altitude exposure / Fulco CS, Beidleman BA, Muza SR. // *Exerc Sport Sci Rev.* 2013;41(1):55-63.
9. Zoll J. Exercise training in normobaric hypoxia in endurance runners. III. Muscular adjustments of selected gene transcripts / Zoll J, Ponsot E, Dufour S, et al. // *J Appl Physiol.* 2006;100(4):1258-1266.
10. Brocherie F. maximal- intensity hypoxic exercise superimposed to hypoxic residence boosts skeletal muscle transcriptional responses in elite team-sport athletes / Brocherie F, Millet GP, D'Hulst G, Van Thienen R, Deldicque L, Girard O. // *Acta Physiol (Oxf).* 2018;222(1).
11. Jornet K. How do I train again and again / Jornet K.. 2017. [Electronic resource] – URL: https://stories.kilianjornet.cat/uploads/files/How_Do_I_train_ENG.pdf. (accessed: 23.08.2020)
12. Solli G.S. The Training Characteristics of the World's Most Successful Female Cross-Country Skier / Solli GS, Tonnessen E, Sandbakk O. // *Frontiers in physiology.* 2017;8:1069.
13. Richalet J.P. Use of a hypobaric chamber for pre-acclimatization before climbing Mount Everest / Richalet JP, Bittel J, Herry JP, et al. // *International journal of sports medicine.* 1992;13 Suppl 1:P.216-220.