

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2021.103.2.087>

ПОВЫШЕНИЕ СПЕЦИАЛЬНОЙ РАБОТОСПОСОБНОСТИ ВЫСОКОКВАЛИФИЦИРОВАННЫХ ПОДВОДНИКОВ МЕТОДОМ ИНТЕРВАЛЬНОЙ ГИПОКСИЧЕСКОЙ ТРЕНИРОВКИ

Научная статья

Сауров Е.А.^{1,*}, Морозов С.Н.²

¹ ORCID: 0000-0002-1825-0023;

² ORCID: 0000-0002-1825-097X;

^{1,2} Российский Государственный Университет физической культуры, спорта, молодежи и туризма, Москва, Россия

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

Аннотация

Цель: разработать метод интервальной гипоксической тренировки, способный привести к положительным изменениям в специальной работоспособности высококвалифицированных пловцов-подводников, специализирующихся на дистанции 400м плавание в ластах.

Методы: шесть высококвалифицированных подводников, разделенные поровну на контрольную и экспериментальную группу, приняли участие в эксперименте. Проводился квалиметрический анализ тренировочной нагрузки основных тренировочных занятий. Экспериментальная группа выполняла дыхание газовой смесью с пониженным содержанием O₂ в течение четырех недель. Пульсоксиметрия и проба Т-85 использовались для оценки степени гипоксического воздействия. Оценка изменений специальной работоспособности производилась с помощью тестирования 4x100м плавание в ластах с интервалом отдыха 10 с, в рамках которого происходили измерения лактата и частоты сердечных сокращений. Сравнение изменений между независимыми выборками производилась с помощью непараметрического критерия Манна-Уитни при уровне значимости 1%.

Результаты:

Сравнение результатов в контрольном тестировании непосредственно до начала гипоксического воздействия и на 15-ый день после его завершения показали достоверный прирост результатов в обеих группах испытуемых ($p < 0.05$). Однако, сравнение дельт результатов показало достоверно больший прирост результата в экспериментальной группе, что согласуется со смещением кривой лактата и снижением частоты сердечных сокращений при выполнении тестирования.

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

IMPROVING THE PERFORMANCE OF HIGHLY TRAINED UNDERWATER SWIMMERS VIA INTERVAL HYPOXIC TRAINING

Research article

Saurov E.A.^{1,*}, Morozov S.N.²

¹ ORCID: 0000-0002-1825-0023;

² ORCID: 0000-0002-1825-097X;

^{1,2} Russian State University of Physical Culture, Sports, Youth and Tourism, Moscow, Russia

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

Abstract

The objective of the research is to develop a method of interval hypoxic training that can lead to positive changes in the performance of highly trained underwater swimmers specializing in the 400m distance finswimming.

Methods: six highly trained swimmers participated in the experiment, divided equally into a control group and an experimental group. The study conducts a qualimetric analysis of the training load of the main training exercises. The experimental group performed respiration with a gas mixture with a reduced O₂ content for four weeks. To assess the degree of hypoxic exposure, the study used pulse oximetry and the T-85 test. The evaluation of changes in the performance was performed through testing the 4x100m finswimming with a rest interval of 10 seconds, within which lactate and heart rate were measured. The changes between independent samples were compared using the nonparametric Mann-Whitney test at a significance level of 1%.

Results:

Comparing the results in the control test immediately before the start of hypoxic exposure and on the 15th day after its completion showed a significant increase in the results in both groups ($p < 0.05$). However, after comparing the delta values of the results, the study showed a significantly greater increase in the result of the experimental group, which is consistent with a shift in the lactate curve and a decrease in heart rate during testing.

Keywords: hypoxia, finswimming, underwater sports, monofin, swimming, freediving, competition.

Введение

Наиболее распространенной дисциплиной подводного спорта является плавание в ластах, суть которой заключается в преодолении дистанций различной протяженности, используя моноласт или классические ласты для создания продвигающей силы в воде. При этом динамика спортивных результатов национальных и международных соревнований показывает, что мастерство пловцов-подводников продолжает совершенствоваться [1]. Дистанция 400м по праву считается наиболее требовательной, поскольку происходит в основном в зоне анаэробно-аэробного метаболизма в течение продолжительного времени (около 3-х минут на международном уровне). Актуальной проблемой является поиск новых методов и средств повышения специальной работоспособности высококвалифицированных пловцов-подводников, специализирующихся на этой дистанции.

В научно-методической литературе описана большая совокупность средств и методов, направленных на воспитание специальной выносливости спортсменов, специализирующихся на средних дистанциях (бег на 800м и 1500м, плавание на 200м и 400м, 1500м и 3000м в конькобежном спорте). Специалисты сходятся во мнении, что одним из наиболее эффективных методов повышения емкости анаэробного метаболизма является метод интервальной гипоксической тренировки [2].

Гипоксическое воздействие, именуемое гипобарической гипоксией, возникает в условиях средне- и высокогорья из-за снижения парциального давления кислорода [2]. Данное воздействие включает целый ряд адаптационных перестроек в организме человека. Две наиболее значимых приспособительных реакции затрагивают систему транспорта кислорода и его утилизации [2], [3].

Схожий каскад приспособительных реакций может быть вызван физической нагрузкой. В фундаментальных работах зарубежных исследователей спортивной тренировки данный феномен назван «гипоксией нагрузки» [3]. Хотя «гипоксия нагрузки» вызвана иными факторами, механизм адаптации к ней неспецифичен [4]. Для повышения устойчивости организма к развитию состояния «гипоксии нагрузки», в научно-методической литературе встречаются рекомендации об эффективности интервальной гипоксической тренировки (ИГТ) с помощью аппаратных методов [5], [6].

Благодаря этому в последние годы отмечается повышенный интерес в практике спортивной подготовки к методу ИГТ. Есть свидетельства о том, что инновационные методы тренировки спортсменов, основанные на применении метода ИГТ, могут иметь большой потенциал для повышения тренировочной адаптации на физиологическом и биохимическом уровнях по сравнению с условиями гипобарической гипоксии. [7], [8], [9].

Однако до сих пор оставалось невыясненным, может ли метод ИГТ вызвать достоверно больший прирост специальной работоспособности по сравнению с обычным тренировочным планом высококвалифицированных подводников? В рамках данного исследования удалось получить ответ на этот вопрос и разработать методику ИГТ для подводников высокой квалификации.

Методы

Исследуемые субъекты

Исследования проводилось на базе сборной команды Красноярского Края по подводному спорту. Команда имеет продолжительную историю успешных выступлений на Всероссийских и международных стартах и состоит восемнадцати человек, шесть из которых стали испытуемыми в данном исследовании.

Критерием для включения в группу были следующие условия: стаж занятий более шести лет, спортивная квалификация КМС или выше, возраст восемнадцать лет или старше, допуск от спортивного врача к тренировочным занятиям и спортивным соревнованиям по виду спорта, отсутствие травм и заболеваний. Все участники подписали информированное согласие об участии в эксперименте. Антропометрические данные и квалификация группы указана в таблице 1 и соответствуют данным о высококвалифицированных пловцах-подводниках, имеющимся в научно-методической литературе, что позволяет считать исследуемую выборку репрезентативной [10].

Таблица 1 — Антропометрические данные и спортивная квалификация группы высококвалифицированных пловцов-подводников

Группа	N	Возраст, лет	Длина тела, см	Масса тела, кг	Спорт. квалиф.
ИГТ	3	20.5 +/- 2.0	184.0 +/- 1.5	88.5 +/- 1.5	КМС - МСМК
Контрольная	3	24.0 +/- 2.0	184.5 +/- 4.5	87.5 +/- 1.0	КМС -ЗМС

Сбор данных

В течение проведения эксперимента обе группы испытуемых выполняли подготовку к участию в Кубке России по подводному спорту 2019 (г. Заречный, Свердловская область. Обе группы выполнили одинаковый объем тренировочной нагрузки в основных учебно-тренировочных занятиях предсоревновательного мезоцикла. Контроль за объемом и направленностью тренировочной нагрузки основных тренировочных занятий в воде осуществлялся с помощью онлайн-дневников в онлайн-таблицах Google Sheets, к которому авторы исследования имели постоянный доступ. Дневники, заполненные спортсменами, сопоставлялись с тренировочными планами, предоставленными тренерским составом, после чего результаты заносятся в протокол исследования.

Предсоревновательный мезоцикл состоял из четырех микроциклов; каждый микроцикл тренировок состоял из десяти тренировочных занятий в воде, средний объем недельной нагрузки составил 48.20 ± 1.20 среди ИГТ группы 49.60 ± 1.45 среди контрольной группы.

Более того, производился подсчет объема нагрузки в четырех тренировочных зонах, разделенных по принципу энергетического метаболизма, описанного в научно-методической литературе [10]. Данные (таблица 2) говорят о том, что достоверных различий в объемах аэробной нагрузки, смешанной и анаэробной алактатной не было достоверных различий, однако, наблюдается достоверное различие в объеме нагрузки гликолитической анаэробной направленности ($P > 0.05$).

Таблица 2 — Объем и направленность основных тренировочных занятий в предсоревновательном мезоцикле ИГТ и контрольной группы высококвалифицированных подводников

Направленность тренировок	ИГТ группа	Контрольная группа	Значимость
Общий объем тренировок в недельном микроцикле, км	48.20 ± 1.20	49.60 ± 1.45	P > 0.05
Аэробной направленности, км	18.20 ± 1.24	19.50 ± 1.30	P > 0.05
Смешанной направленности, км	26.90 ± 1.29	25.90 ± 1.21	P > 0.05
Гликолитической анаэробной направленности, км	2.60 ± 0.10	3.60 ± 0.10	P < 0.05
Алактатной аэробной направленности, км	0.50 ± 0.10	0.60 ± 0.10	P > 0.05

Метод аппаратной гипоксической тренировки

Спортсмены экспериментальной группы ежедневно выполняли интервальную гипоксическую тренировку в покое в течение четырех недель. Для дыхания использовался прогрессивный дыхательный протокол, приведенный в таблице 3. Данный протокол описан в научной литературе и апробирован на высокотренированных велосипедистах, лыжниках и конькобежцах [7], [8], [9].

Таблица 3 — Протокол интервальной гипоксической тренировки в покое

Гипоксическая нагрузка	Соотношение нагрузки и отдыха		Объем и интенсивность	
	Нагрузка, мин	Отдых, мин	Количество подходов, раз	Граница SaO ₂ , %
1 неделя	1	0,5	30	88
2 неделя	2	1	20	85
3 неделя	5	2,5	10	82
4 неделя	10	5	5	80

Для дыхания использовалась дыхательная смесь с 10% содержание кислорода во время «гипоксической» нагрузки, атмосферный воздух использовался для дыхания во время интервалов отдыха.

Во время гипоксического воздействия спортсмен находился в положении сидя или лежа в состоянии покоя, надев на лицо дыхательную герметичную маску, подключенную через соединительные трубки и гофра-мешки с аппаратом-гипоксикатором.

Также, непрерывно осуществлялся контроль показателей частоты сердечных сокращений спортсмена и оксигенации крови с помощью пульсоксиметра Nioxico Pulse-Oximeter (USA).

Тестирование специальной работоспособности 4x100м плавание в ластах (i=10с)

В практике спортивной подготовки высококвалифицированных пловцов и пловцов-подводников существенный разброс индивидуальных показателей спортивной работоспособности в течение сезона подготовки. Для определения уровня подготовленности и предсказания соревновательного результата используется тестирование специальной работоспособности, которое представляет собой разбитую на более короткие отрезки соревновательную дистанцию, проплываемые с соревновательной скоростью. Интервалы отдыха могут варьироваться в диапазоне от 5 до 30 секунд, в зависимости от дистанции. Для определения уровня специальной работоспособности производится суммирование интервалов (без интервалов отдыха) — полученное время используется для предсказания уровня спортивного результата предстоящих соревнований [11].

В источниках научно-методической литературы имеются данные о том, что при напряженных интервалах отдыха (менее 30 сек) не происходит восстановления энергетических субстратов и избавления от продуктов метаболизма, вызывающих утомление. Следовательно, способность поддерживать высокую среднюю скорость плавания на протяжении всех отрезков тестирования говорит о способности спортсмена поддерживать высокую скорость плавания при условии схожей по физиологическим показателям соревновательной нагрузки (400м) [12].

До начала и через 14 дней после окончания эксперимента испытуемые контрольной (n=3) и экспериментальной (n=3) групп были подвергнуты испытаниям в специальном контрольном тестировании 4x100 м плавание в ластах с интервалом отдыха 10 с. Такой протокол специфического тестирования описан в научно-методической литературе, и результат в данном тестировании имеет высокую корреляцию с спортивным результатом на дистанции 400м плавание в ластах (r = 0.89). На основе результатов в данном тестировании был сделан вывод о приросте специальной физической работоспособности экспериментальной и контрольных групп [13].

Статистический анализ

Обработка и анализ данных осуществлялись с помощью традиционных методов математической статистики и программного пакета pandas, numpy, matplotlib, plotly, simple models и seaborn программного языка Python 3.7, которые получили широкое распространение в современных научных публикациях зарубежных авторов, изучающих данную проблематику [10], [11], [12].

Данные из спортивного дневника спортсменов импортировались в формате .csv, после чего были конвертированы в формат pandas DataFrame для обработки данных.

Для анализа значимости изменений результатов соревновательного упражнения плавание в ластах на дистанции 400м использовался анализ дельт значений с помощью непараметрического критерия Манна-Уитни, который представляет собой непараметрический аналог t-теста Стьюдента для независимых выборок и применяется в случае, когда выборка состоит менее, чем из 20 испытуемых.

Результаты

Целью исследования была разработка методики ИГТ для высококвалифицированных подводников, специализирующихся на дистанции 400м плавание в ластах. Результаты контрольного тестирования приведены в таблице 4.

Таблица 4 – Результаты пловцов в контрольном тестировании 4х100 м до и после эксперимента

4х100	Контрольная группа (n=3)		Экспериментальная группа (n=3)	
i - 10''	До	После	До	После
Σ, сек	196.30 +/- 2.10	195.50 +/- 1.90	196.10 +/- 2.98	193.05 +/- 2.90
Δ, сек	0.4 ± 0.2		3.05 ± 0.08	
Δ, %	0.72 +/- 0.59 %		1.55 +/- 0.05%	
ЧСС, уд/мин	161.6 ± 9.5	159.4 ± 9.1	161.9 ± 9.5	153.8 ± 7.5
Δ уд/мин	1.2 ± 0.4		7.1 ± 2.0	
La, ммоль/л	8,76 ± 3.1	8.66 ± 3.3	8.78 ± 3.3	8.35 ± 3.1
Δ ммоль/л	0.10 ± 0.20		0.43 ± 0.2	

Как видно из таблицы, результаты обеих групп: контрольной и экспериментальной — отмечены приростом специальной работоспособности по сравнению с тестом до гипоксического воздействия.

Оценка достоверности различий прироста показателей контрольного теста, ЧСС и лактата была произведена с помощью расчета критерия Манна-Уитни. Обнаружены достоверные различия между приростами результатов в ИГТ и контрольной группе при уровне значимости 1.

Обсуждение

В данном исследовании высококвалифицированные пловцы—подводники экспериментальной группы подвергались воздействию гипоксической гипоксии с помощью ИГТ, тем самым увеличивая тренировочный эффект основного учебно-тренировочного занятия. Результатом данного воздействия являлось достоверное большее улучшение проплывания контрольного тестирования 4х100м с интервалом отдыха 10 сек по сравнению с контрольной группой ($p < 0.01$).

Это говорит о том, что физиологическое воздействие тренировочных занятий в совокупности с гипоксическим воздействием давало большие адаптационный эффект в сравнении с выполнением лишь тренировочных занятий.

Следовательно, достоверно больший прирост результатов среди спортсменов экспериментальной группы можно объяснить повышением устойчивости к гипоксии благодаря применению гипоксических тренировок вне основного тренировочного занятия, так как объем и направленность выполненных спортсменами обеих групп тренировочных нагрузок были одинаковыми ($p > 0.05$).

Это позволяет сделать вывод о том, что методика ИГТ, разработанная в данном исследовании и приведенная в таблице 3, может быть рекомендована для повышения специальной работоспособности высококвалифицированных пловцов-подводников, специализирующихся на дистанции 400м.

Однако, в данном исследовании не была произведена оценка изменений соревновательного результата спортсменов после прохождения эксперимента. Как изменился бы результат собственно-соревновательной деятельности после мезоцикла, в котором помимо прочего применялось нормобарическое гипоксическое воздействие по разработанной в данном исследовании методике? Носит ли данное изменение статистически достоверных характер? Дальнейшие исследования по предмету ИГТ в спортивной деятельности высококвалифицированных подводников должны быть направлены на поиск ответов на поставленные вопросы.

Конфликт интересов

Не указан.

Conflict of Interest

None declared.

Список литературы / References

1. Luks AM Acute high-altitude sickness / AM Luks, ER Swenson, P. Bartsch // European respiratory review : an official journal of the European Respiratory Society. 2017;26(143).
2. Richalet JP 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? / AM. 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 GP. 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 GP. 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 CS. 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. Repeated 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 / K. Jornet. 2017. Published. – [Electronic resource]. – URL: https://stories.kilianjornet.cat/uploads/files/How_Do_I_train_ENG.pdf. (accessed 13.01.2021)
12. Solli GS. 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 1:216-220.