

В.Г. Давыдов¹, А.В. Дергунов¹, В.Н. Цыган¹, А.В. Апчел¹,
В.И. Ионцев¹, Ю.Н. Королев¹, Е.А. Дергачева²

Физическая работоспособность после курса интервальных гипоксических тренировок

¹Военно-медицинская академия им. С.М. Кирова, Санкт-Петербург

²Российский государственный педагогический университет им. А.И. Герцена, Санкт-Петербург

Резюме. Изучалась индивидуальная устойчивость человека к условиям гипоксической гипоксии, а также изменение прямых и косвенных показателей работоспособности при физической нагрузке после курса интервальных гипоксических тренировок 10% кислородной газовой смесью. Исследование проводилось на мужчинах в возрасте 18–21 год. Определены параметры индивидуальной устойчивости к гипоксии. На основании динамики насыщения гемоглобина кислородом при проведении 15-минутной гипоксической пробы выделены группы «устойчивых» и «неустойчивых» к данным условиям гипоксии. Показан адаптационный эффект интервальных гипоксических тренировок, выражающийся в увеличении показателей физической работоспособности. В группе «неустойчивых» изменения выражены больше, чем в группе «устойчивых». Прослежена продолжительность данного эффекта. Установлено, что влияние интервальных гипоксических тренировок 10% кислородной газовой смесью на показатель максимальной анаэробной мощности сохранялось в течение 6 месяцев у всех испытуемых. Влияние тренировок на показатель пробы Руфье сказывалось не сразу, а через 4 месяца после тренировок. При этом эффект от проведённой тренировки сохраняется в течение 4 месяцев у «устойчивых» и 6 месяцев у «неустойчивых». Коэффициент выносливости Кваса в обеих группах возрастает только после окончания последнего сеанса курса интервальных гипоксических тренировок. Это указывает на то, что необходимо регулярное воздействие стимулирующего фактора для поддержания данного показателя на высоком уровне.

Ключевые слова: нормобарическая гипоксическая гипоксия, интервальная гипоксическая тренировка, физическая работоспособность, максимальная анаэробная мощность, аэробная производительность, проба Руфье, коэффициент выносливости, велоэргометрическая нагрузка.

Введение. Более сотни лет продолжают экспериментальные и клинические исследования по изучению реакций организма человека и животных при гипоксии. Исследования проводятся как в лабораторных, так и в естественных условиях (под водой, в горах). Накоплен огромный материал, свидетельствующий о том, что реакции организма, подвергнувшегося гипоксическому воздействию, направлены либо на нормализацию его кислородного снабжения, либо на обеспечение его жизнедеятельности в условиях дефицита кислорода.

Несмотря на большое количество сведений о процессах приспособления организма к гипоксии, многое в этих явлениях остается неизученным. К выдвинутому Дж. Баркрофтом положению о том, что приспособление в целом складывается из суммы всех возможных приспособлений, в последнее время добавлено много замечательных открытий, сделанных в различных областях – молекулярной биологии, биохимии, физиологии и др., однако они определенно недостаточны для объяснения индивидуальных форм приспособления к гипоксии и различной степени устойчивости организма к ней.

Различная трудовая деятельность и физические нагрузки являются неотъемлемой частью жизни каждого человека, а тем более военнослужащего или спортсмена. Это затрагивает большое количество ресурсов человеческого организма. Разработка методик, способных в короткие сроки повышать работоспособность, весьма актуальна для военной и спортивной медицины [1, 4, 5, 7].

Цель исследования. Изучить влияние интервальных гипоксических тренировок на физическую работоспособность.

Задачи исследования: 1. Определить индивидуальные различия устойчивости к гипоксической гипоксии. 2. Изучить влияние интервальных гипоксических тренировок на устойчивость к гипоксии и физическую работоспособность. 3. Исследовать продолжительность эффекта гипоксических тренировок.

Материалы и методы. В исследовании приняли участие 25 мужчин, в возрасте от 18 до 21 года, ведущих однотипный режим жизни. У всех обследуемых сходными были показатели физической работоспособности, общей выносливости и составляющих её компонентов. Использовалась модель экзогенной гипоксической нормобарической гипоксии. Гипоксия вызывалась гипоксической газовой смесью с 10% содержанием кислорода в азоте. Гипоксическая газовая смесь создавалась гипоксикатором 09-ВП «Эверест». Контроль за 10% содержанием кислорода в газовой смеси осуществлялся с помощью газоанализатора кислорода «ПКГ-4-К».

Испытуемый в положении сидя, в состоянии психосенсорного покоя, подключенный к системе автоматической подачи газовой смеси, дышал ртом через загубник. Исследование проводилось в 6 этапов:

I этап – исследование исходной устойчивости к гипоксии при предъявлении гипоксической пробы и регистрация исходных показателей работоспособности.

II этап представлял собой интервальные гипоксические тренировки (ИГТ). Испытуемые дышали гипоксической смесью в тех же условиях по 5 мин с 5-минутным интервалом дыхания атмосферным воздухом в течение 1 ч; таким образом, суммарное время дыхания гипоксической смесью составляло 30 мин. Каждый испытуемый подвергался 20 тренировочным сеансам, через день.

На последующих этапах проводилась повторная регистрация показателей физической работоспособности: сразу после завершения тренировок (III этап), через 2,5 месяца (IV этап), через 4 месяца (V этап) и через 6 месяцев после ИГТ (VI этап).

Физическая работоспособность определялась по общепринятым в физиологии труда методикам [6]. Использовали велоэргометрическую нагрузку ступенчато-возрастающей мощности PWC₁₇₀, максимальную анаэробную мощность (МAM), пробу Руфье, кроме того, рассчитывался коэффициент выносливости Квааса (КВ).

Для измерения динамики насыщения гемоглобина кислородом во время исследования использовали метод пульсоксиметрии (модель «ЭЛОКС-01СЗМ»). Датчик надевали на средний палец правой руки испытуемого. Значения регистрировали каждую минуту на протяжении всего исследования. По индивидуальным различиям насыщения гемоглобина кислородом все испытуемые были разделены на группы «устойчивых» (7 человек) и «неустойчивых» (14 человек), 4 человека составили переходную группу и их данные не учитывались при подсчёте общих результатов.

Работа с данными велась в программе «Origin Pro 7.5» (OriginLab Corporation). Данные представлены в виде M±m. Достоверными считались отличия при p<0,05 [2, 3, 8].

Результаты и их обсуждение. Установлено, что среднее значение суммарной работоспособности (ΣА) в группе «устойчивых» составляло 2370±85 Вт, в группе «неустойчивых» 2179±78 Вт, что соответствует удовлетворительной величине этого показателя для здоровых молодых мужчин. После проведения интервальных гипоксических тренировок ΣА в группе «устойчивых» возросла до 2779±217 Вт, в группе «неустойчивых» до 2484±151 Вт.

Аэробная работоспособность оценивалась по пробе PWC₁₇₀. В группах «устойчивых» и «неустойчивых» её значения составили 793±50 и 867±56 кгм соответственно. После окончания курса ИГТ работоспособность по данной пробе PWC₁₇₀ в группе «устойчивых» увеличилась до 920±62 кгм, а «неустойчивых» – до 994±55 кгм (p<0,05).

Значения МAM составляли в группах «устойчивых» и «неустойчивых» 93±7 и 92±3,5 кгм соответственно. Данные значения МAM соответствуют среднему уровню состояния анаэробной устойчивости. Максимальная анаэробная мощность после 20 сеансов интервальных гипоксических тренировок в группе «устойчивых» увеличилась до 103±3,5 кгм, в группе «неустойчивых» – до 102±4,5 кгм (<0,05).

Показатель сердечной деятельности (ПСД) по пробе Руфье в группе «устойчивых» составлял 7,03±0,93

у.е., в группе «неустойчивых» – 8,46±1,1 у.е. КВ в группах был практически равен – 15,9±2,2 и 15,4±1,5 у.е. соответственно. Работоспособность по этим пробам оценивается как хорошая. После ИГТ показатель пробы Руфье в группе «устойчивых» составлял 5,91±1,25 у.е., в группе «неустойчивых» – 7,5±0,77 у.е. (p<0,01). КВ после курса ИГТ увеличился в группе «устойчивых» до 18±2,3 у.е., в группе «неустойчивых» – до 18,7±1,1 у.е. (p<0,05). Уменьшение показателя пробы Руфье и увеличение КВ свидетельствует об оптимальной вегетативной регуляции системы кровообращения при выполнении физической нагрузки.

Таким образом, уровень физической работоспособности испытуемых до ИГТ оценивался как средний. Выявлено, что ИГТ приводили к улучшению всех вышеперечисленных показателей, что свидетельствует об увеличении уровня физической работоспособности.

Повторные обследования через 2,5, 4 и 6 месяцев после завершения ИГТ выявили продолжительность сохранения эффекта увеличения устойчивости к гипоксии и увеличения работоспособности. Так, сразу после тренировки максимальная анаэробная мощность в подгруппе «устойчивых» достоверно увеличивается, но уже спустя 2,5 месяца эффект пропадает. Для группы «неустойчивых» эффект тренировки сохраняется в течение 6 месяцев (табл. 1).

Таблица 1

Значения максимальной анаэробной мощности в исследуемых группах в течение 6 месяцев после ИГТ, кгм

Группа	Исх. сост.	Сразу после ИГТ	Через		
			2,5 мес.	4 мес.	6 мес.
«Устойчивые»	93±7	103±3,5*	102±6,6	100±5,4	103±5,5
«Неустойчивые»	92±3,4	102±4,5*	92±7	98±2,6*	108±5,5*

Примечание: * – изменение МAM после ИГТ по сравнению с исходным значением, p<0,05.

Изменения значений ПСД (данные пробы Руфье) представлены в таблице 2.

Таблица 2

Значения ПСД в исследуемых группах в течение 6 месяцев после ИГТ, у.е.

Группа	Исх. сост.	Сразу после ИГТ	Через		
			2,5 мес.	4 мес.	6 мес.
«Устойчивые»	7,1±0,8	5,9±1,3*	5,1±0,5*	4,5±0,7*	6,4±0,6
«Неустойчивые»	8,5±1,1	7,5±0,8	7,1±0,8*	6,1±0,7*	6,4±0,8*

Примечание: * – изменение ПСД после ИГТ по сравнению с исходным значением, p<0,05.

Динамика ПСД в течение 6 месяцев после 20 сеансов ИГТ свидетельствует о более значимых изменениях в группе «устойчивых», чем в группе «неустойчивых». Эффект от проведённой тренировки сохраняется в течение 4 месяцев у «устойчивых» и 6 месяцев – у «неустойчивых».

Динамика КВ в течение 6 месяцев после ИГТ представлена в таблице 3.

Таблица 3

Значения КВ в исследуемых группах в течение 6 месяцев после ИГТ, у.е.

Группа	Исх. сост.	Сразу после ИГТ	Через		
			2,5 мес.	4 мес.	6 мес.
«Устойчивые»	15,9±2,2	18±2,3*	13±1,2	13,7±1,1	14,4±0,9
«Неустойчивые»	15,4±1,6	18,7±1,1*	14,3±0,8	15,5±1,1	14,4±0,7

Примечание: * – изменение КВ после ИГТ по сравнению с исходным значением, $p < 0,05$.

Выявлено, что КВ в обеих группах возрастает только после окончания последнего сеанса курса ИГТ. Это указывает на то, что необходимо регулярное воздействие стимулирующего фактора для поддержания данного показателя на высоком уровне.

Заключение. Показано, что устойчивость организма к нормобарической гипоксической гипоксии имеет индивидуальные различия. Прямые и косвенные показатели физической работоспособности, отражающие регуляцию системы кровообращения, у испытуемых выделенных групп достоверно не различались. При этом достоверно увеличилась устойчивость к гипоксии в группе «неустойчивых», что выражалось в высоком уровне оксигенации крови в течение 15-минутной гипоксической пробы. У всех испытуемых наблюдалось увеличение физической работоспособности по всем использованным методикам. В целом увеличение устойчивости к гипоксии в результате гипоксических тренировок привело к увеличению адаптации к физическим нагрузкам. Однако последняя также приводит к гипоксии, «гипоксии нагрузки», что наряду с другими факторами ограничивает адаптационные возможности организма. Влияние ИГТ на показатель максимальной анаэробной мощности сохранялось в течение 6

месяцев у всех испытуемых. Влияние тренировок на показатель пробы Руфье сказывалось не сразу, – через 4 месяца после тренировок, а на КВ было не выражено. Это связано, по-видимому с тем, что КВ не является прямым показателем работоспособности и отражает вегетативную регуляцию кровообращения.

Полученные результаты могут учитываться при разработке способов повышения устойчивости организма к гипоксии, в частности, при выполнении работ под водой и в горной местности, а также для подготовки спортсменов и военнослужащих к выполнению субмаксимальных и максимальных физических нагрузок.

Литература

1. Агаджанян, Н.А. Функции организма в условиях гипоксии и гиперкапнии / Н.А. Агаджанян, А.И. Алфимов. – М.: Медицина, 1986. – 270 с.
2. Борисенко, Н.С. Реакции дыхательной системы человека на нормобарическую гипоксическую гипоксию / Н.С. Борисенко [и др.] // Вестн. Росс. воен.-мед. акад. – 2010. – № 1. – С. 117–124.
3. Голубев, В.Н. О влиянии гипоксических тренировок на параметры гипоксической устойчивости / В.Н. Голубев [и др.] // Баротерапия в комплексном лечении раненых больных и поражённых: тез. докл. 7 Всеарм. научн.-практ. конф. 12–13 марта 2009 г. – СПб.: ВМА, 2009. – С. 110–111.
4. Захаров, Г.А. Влияние повышенного внутрибрюшного давления на свободнорадикальное окисление и активность ферментов антиоксидантной защиты / Г.А. Захаров, О.В. Волкович // Клиническая патофизиология – 2007. – № 1–2. – С. 77–81.
5. Короткевич, И.Г. Влияние кавинтона на гемокоагуляцию у крыс с церебральной ишемией в условиях низко- и высокогорья / И.Г. Короткевич, Г.А. Захаров // Клиническая патофизиология – 2010. – № 1–2. – С. 89–93.
6. Методы исследования в физиологии военного труда / под ред. В.С. Новикова. – М.: Воениздат, 1993. – 240 с.
7. Поликарпочкин, А.Н. Гипербарическая оксигенация как способ улучшения адаптации спортсменов к физическим нагрузкам / А.Н. Поликарпочкин // Вестн. Росс. воен.-мед. акад. – 2010. – № 1. – С. 92–96.
8. Сороко, С.И. Комплексное многопараметрическое исследование системных реакций организма человека при дозированном гипоксическом воздействии / С.И. Сороко [и др.] // Физиология человека. – 2005. – Т. 31. № 5. – С. 88.

V.G. Davydov, A.V. Dergunov, V.N. Tsygan, A.V. Apchel, V.I. Iontsev, Yu.N. Korolev, E.A. Dergacheva

Change of physical health’s indicators after course of interval hypoxic training

Abstract. We studied the individual’s resistance to the conditions of hypoxic hypoxia, and changes in indicators of performance during exercise after a course of interval hypoxic training 10% oxygen gas mixture. The study was conducted on male soldiers aged 18–21. To determine the performance measured by both direct and indirect indicators of her. Data of individual resistance to hypoxia have been obtained. On the basis of the dynamics of hemoglobin oxygen saturation during the 15 minute hypoxic test the groups of «stable» and «unstable» to the conditions of hypoxia were selected. The adaptation effect of interval hypoxic training, manifested in the performance efficiency increase has been shown. In the group of «unstable» changes are more pronounced than in the group of «stable». The length of this effect was traced. It was found that the effect of interval hypoxic training with 10% of the oxygen in the gas mixture on the maximum anaerobic power was maintained for 6 months for all subjects. Effect of training on the results of Ruffier test showed up not immediately but after 4 months of training. In this case, the effect of exercise performed is stored for 4 months as «sustainable» and 6 months as «unsustainable». The coefficient endurance by Kvas in both groups increased only after the end of the last session of the course of interval hypoxic training. This indicates that regular exposure to a stimulating factor for the maintenance of the indicator at a high level is necessary.

Key words: normobaric hypoxic hypoxia, interval hypoxic training, physical performance, maximal anaerobic power, aerobic performance, Ruffier test, the coefficient of endurance, veloergometrical load..

Контактный телефон: 8-911-269-88-76; e-mail: ion-vyacheslav@yandex.ru