

НЕСПЕЦИФИЧЕСКИЕ БЕЗМЕДИКАМЕНТОЗНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ УСТОЙЧИВОСТИ ЧЕЛОВЕКА К ПЕРЕОХЛАЖДЕНИЮ

© 2020 г. ¹А. О. Иванов, ²Ю. Е. Барачевский, ²С. М. Groshilin, ³В. А. Степанов, ⁴О. В. Лобозова, ⁵С. Н. Линченко, ³К. С. Караханян, ³В. Ю. Скокова

¹ВМФ ВУНЦ ВМФ «Военно-морская академия им. Адм. флота Советского Союза Н. Г. Кузнецова» Министерства обороны Российской Федерации; ²ФГБОУ ВО «Северный государственный медицинский университет» Минздрава России, г. Архангельск; ³ФГБОУ ВО «Ростовский государственный медицинский университет» Минздрава России, г. Ростов-на-Дону; ⁴ФГБОУ ВО «Ставропольский государственный медицинский университет» Минздрава России, г. Ставрополь; ⁵ФГБОУ ВО «Кубанский государственный медицинский университет» Минздрава России, г. Краснодар

Цель исследования – сравнение результатов применения инновационных вариантов нормобарической гипоксической тренировки для повышения резистентности человека к экзогенной гипотермии. *Методы.* Для рандомизированного контролируемого испытания были отобраны мужчины в возрасте 22–34 лет, распределенные на две группы по 9 человек. В группе 1 проведены аргоногипоксические тренировки, процедуры которых заключались в 2-часовом непрерывном пребывании испытуемых в газовой среде состава: аргон – 33 % об., кислород – 12 % об., азот – остальное. В группе 2 – курс нормобарической гипоксической тренировки в оригинальном режиме: 2-часовое непрерывное пребывание в азотсодержащей среде, содержание кислорода в которой снижалось с 17 % об. (1-й сеанс) до 13 % об. (5-й сеанс), после чего состав среды не меняли. Сеансы (N = 20) проводили одинаково в обеих группах. Устойчивость к переохлаждению испытуемых оценивали с использованием 3-минутных стандартных аэрокриотермических проб, во время которых определяли показатели теплового и субъективного статуса, системного кровообращения. Активность механизмов неспецифической защиты испытуемых оценивали по показателю сывороточного фибронектина. *Результаты.* Отмечено повышение устойчивости испытуемых обеих групп к переохлаждению, причем выраженность изменений оказалась большей в группе 1. Так, при лучшей субъективной переносимости холодовых воздействий в группе 1 ($p = 0,010-0,014$) значимо меньшим, чем в группе 2, был темп падения ректальной температуры ($p = 0,019$); в большей степени снизилась гиперактивность показателей системного кровообращения ($p = 0,010-0,038$). Также при значимом проросте уровня фибронектина у всех испытуемых в группе 1 данные изменения были значимо ($p = 0,014$) более выраженными, чем в группе 2. *Выводы.* Эффективным и безопасным средством экстренного повышения резистентности человека к экзогенной гипотермии являются нормобарические гипоксические тренировки. Их эффективность можно повысить путем аргоногипоксических тренировок, предложенных авторами.

Ключевые слова: гипотермическая резистентность, нормобарические гипоксические тренировки, аргоногипоксические тренировки

NON-SPECIFIC NON-MEDICAL TECHNOLOGIES TO INCREASE HUMAN RESISTANCE TO HYPOTHERMIA

¹A. O. Ivanov, ²Yu. E. Barachevskii, ²S. M. Groshilin, ³V. A. Stepanov, ⁴O. V. Lobozova, ⁵S. N. Linchenko, ³K. S. Karakhanyan, ³V. Yu. Skokova

¹Adm. N. G. Kuznetsov Naval Academy, Ministry of defense of the Russia; ²North State Medical University, Ministry of health of Russia, Arkhangelsk; ³Rostov State Medical University, Ministry of health of Russia, Rostov-on-Don; ⁴Stavropol State Medical University, Ministry of health of Russia, Stavropol; ⁵Kuban State Medical University, Ministry of health of Russia, Krasnodar, Russia

The aim of the study is to compare the results of using innovative normobaric hypoxic training to increase individual's resistance to exogenous hypothermia. *Methods:* This randomized controlled trial was performed using two groups of men aged 22-34 years. Group 1 (n=9) was exposed to argon-hypoxic training consisting of a 2-hour continuous stay of the test subjects in a gas environment with the composition: Ar 33 % vol., O₂ 12 % vol., N₂ 55 %. Group 2 (n=9) was exposed to a normobaric hypoxic training: a 2-hour continuous stay in a nitrogen-containing gas environment, the oxygen content of which decreased from 17 % vol. (1st session) up to 13 % vol. (5th session), after which the composition of the gas environment was not changed. The total number of sessions- 20 conducted daily or after 1-2 days. Training schedules were identical in the two groups. Hypothermic resistance of the subjects was evaluated using 3-minute standard aerocryothermic tests. The activity of the mechanisms of nonspecific protection of the subjects was evaluated by the indicator of serum fibronectin. *Results:* An improved resistance to hypothermia was observed in both groups. The changes were more pronounced in Group 1. So, with the best subjective resistance to hypothermia exposures in group 1 ($p = 0.010-0.014$), rectal temperature decrease ($p = 0.019$) was significantly greater in group 1 than in group 2. Hypereactivity of systemic circulation indicators decreased in Group 1 to a greater extent ($p = 0.010-0.038$). In addition, with a significant increase in the level of fibronectin in both groups, these changes were significantly ($p = 0.014$) more pronounced in Group 1. *Conclusions:* Normobaric hypoxic training in the original regime is a safe and effective method of increasing human resistance to hypothermia. The effectiveness of this method can be improved by conducting argon-hypoxic training developed by the authors.

Key words: hypothermic resistance, normobaric hypoxic training, argon-hypoxic training

Библиографическая ссылка:

Иванов А. О., Барачевский Ю. Е., Грошилин С. М., Степанов В. А., Лобозова О. В., Линченко С. Н., Караханян К. С., Скокова В. Ю. Неспецифические безмедикаментозные технологии для повышения устойчивости человека к переохлаждению // Экология человека. 2020. № 7. С. 51–58.

For citing:

Ivanov A. O., Barachevskii Yu. E., Groshilin S. M., Stepanov V. A., Lobozova O. V., Linchenko S. N., Karakhanyan K. S., Skokova V. Yu. Non-Specific Non-Medical Technologies to Increase Human Resistance to Hypothermia. *Ekologiya cheloveka* [Human Ecology]. 2020, 7, pp. 51-58.

В связи с активным освоением нашим государством Арктического региона необходимо постоянное совершенствование мероприятий медико-физиологического сопровождения специалистов, которые выполняют трудовую деятельность в суровых климатических условиях Европейского Севера [1, 15, 29]. Для сохранения здоровья и поддержания заданного уровня профессиональной работоспособности таких специалистов особое значение имеет устойчивость их к переохлаждению («гипотермическая резистентность») [19, 22]. Несмотря на то, что человеческий организм обладает относительно широкими биологическими возможностями по компенсации воздействия низких внешних температур (физический и химический термогенез, перераспределение органного кровотока, снижение альвеолярной вентиляции и другие), долговременное приспособление (акклиматизация) к охлаждающему климату является одним из наиболее физиологически сложных и «затратных» видов адаптации [9, 18, 28]. Течение процесса холодовой адаптации детерминировано прежде всего общим состоянием здоровья, гипотермической резистентностью, объемом резервных и защитных возможностей организма, при этом недостаток хотя бы одной из перечисленных детерминант с высокой вероятностью приведет к «срыву» адаптации и недопустимому снижению профессиональной работоспособности [18, 24, 29].

Обеспечение безопасности работ в условиях охлаждающего климата требует в первую очередь особой регламентации режимов труда, соответствующих организационных мероприятий, применения специальной экипировки [1, 5]. Однако при развитии нештатных ситуаций, когда выполнение указанных мероприятий затруднительно или невозможно, поддержание работоспособности и сохранение жизнеспособности человека также определяется именно индивидуальной переносимостью острого переохлаждения, имеющимися физиологическими резервами организма [8, 18, 21].

Следовательно, разработка и апробация эффективных технологий искусственного повышения устойчивости к экзогенной гипотермии и неспецифической резистентности, расширения объема функциональных возможностей организма является одним из обязательных направлений медико-физиологического сопровождения специалистов, работающих в условиях охлаждающего климата [15, 16, 29].

Наиболее простым и распространенным вариантом решения данной проблемы является использование специфических холодовых тренировок («ускоренной холодовой адаптации»). Однако проведенные многочисленные экспериментальные и клинические исследования, посвященные апробации при-

менения различных вариантов гипотермических тренировок (моржевание, закаливание, холодовые обертывания, аэрокриотермические воздействия), выявили значительное количество факторов, ограничивающих их широкое использование [13, 20, 25]. К ним относятся: выраженный субъективный дискомфорт во время тренирующих холодовых процедур, опасность их повреждающего воздействия на органы и системы организма; трудности индивидуального подбора оптимальной интенсивности низкотемпературных факторов; необходимость проведения длительного тренировочного курса; риск срыва адаптации и нарушения здоровья даже при незначительном превышении допустимой индивидуальной интенсивности холодовых воздействий.

В связи с изложенными причинами актуальна разработка технологий искусственного повышения резистентности человека к гипотермии, обладающих менее выраженным негативным влиянием на организм. Так, показана возможность применения неспецифических немедикаментозных средств, обладающих тренирующим влиянием на целостный организм и по механизму «перекрестной адаптации» сопровождающих расширением его функционального потенциала, толерантностью к внешним воздействиям, и в частности измененным температурным условиям [2, 16].

К одному из таких средств относится использование в качестве адаптирующего фактора дыхательных гипоксических газовых смесей (ДГГС) при обычном давлении, циклическое применение которых носит название «нормобарические гипоксические тренировки» (НГТ). Эффективность НГТ в отношении повышения резистентности организма к экзогенной гипотермии показана в ряде работ [6, 7, 16]. Однако в перечисленных и в большинстве подобных исследований в качестве технических устройств создания нормобарических ДГГС использовались масочные гипоксикаторы мембранного типа, обладающие рядом существенных недостатков. Так, при использовании гипоксикаторов имеют место трудности выбора оптимальных режимов НГТ в связи с ограниченными возможностями «масочного дыхания», что значительно снижает эффективность таких тренировок, особенно применяемых в профилактических целях, в частности для повышения общей и гипотермической резистентности [7, 16]. Указанного и других недостатков гипоксикаторов лишены так называемые нормобарические гипоксические комплексы (НГК), позволяющие выбрать любой по длительности и «жесткости» режим НГТ при отсутствии неудобств для тренируемых непосредственно в процессе процедур [11]. Кроме этого современные высоко технологичные НГК дают возможность создания особых параметров микроклимата и газовой среды, в частности

ДГГС с повышенным относительно атмосферного воздуха содержанием аргона (АрДГГС), биологическая активность которого доказана в экспериментах на лабораторных животных [17, 26, 27]. В исследованиях с участием человека также показано, что применение в качестве тренирующего фактора АрДГГС существенно расширяет спектр применения метода НГТ в профилактических и лечебных целях, повышая ее эффективность за счет активирующего влияния аргона (Ар) на транспорт кислорода в организме [11, 27].

Целью данного исследования явилось обоснование применения инновационных вариантов нормобарической гипоксической тренировки как неспецифических средств повышения гипотермической резистентности человека.

Методы

Проведено рандомизированное контролируемое испытание с участием 18 добровольцев в возрасте 22–34 лет, которые методом стратифицированной рандомизации были разделены на две равные группы. Значимых межгрупповых различий по возрасту, исходной переносимости переохлаждения и клинико-физиологическим показателям не наблюдалось.

Критерии включения в группы сравнения: мужской пол, соответствующий возраст, нормостенический тип телосложения (индекс массы тела [10] в пределах 22–26 кг/м²), отсутствие в анамнезе травм черепа, хронических заболеваний, отсутствие на момент обследования острой инфекционной патологии, удовлетворительные результаты функционального обследования. Отбор кандидатов для участия начинался с индивидуального собеседования с врачом-специалистом, который разъяснял цель, задачи, этапы обследования, используемые методики исследований. Особое внимание обращалось на наличие возможных рисков для здоровья при проведении гипоксических и криотермических воздействий (см. ниже).

Далее врачи-специалисты изучали индивидуальную медицинскую документацию кандидата, проводили опрос жалоб на здоровье, наличие вредных привычек, выполняли первичный медицинский осмотр, антропометрическое и функциональное обследования.

Критерии невключения: низкая устойчивость к гипотермии (невозможность выполнения стандартной 3-минутной аэрокриотермической пробы, см. ниже), несоответствие хотя бы одному из критериев включения.

Критерии исключения: невозможность по любой причине завершения программ тренировок и обследований.

Организация и проведение исследований соответствовали этическим принципам, изложенным в действующих международных законодательных актах, в частности в Хельсинкской декларации 1964 г. (и ее пересмотрах 1983 и 2013 гг.). Все испытуемые, отобранные для участия в исследованиях, подписывали добровольное информированное согласие. Все добровольцы были застрахованы на случай негативного влияния проводимых процедур на состояние здоровья.

В группе 2 в качестве неспецифического метода повышения холодовой резистентности были применены стандартные НГТ в периодическом «ступенчато-растающем» режиме, примерно соответствующем режиму, рекомендованному для коррекции пограничных функциональных состояний специалистов [6, 7]. В течение каждого тренирующего сеанса испытуемые находились в помещении НГК, где создавались азотсодержащие ДГГС. В течение первых пяти дней НГТ концентрацию кислорода ступенчато снижали с 17 % об. (1-й сеанс) до 13 % об. (5-й сеанс), после этого состав ДГГС не меняли. Общее число проводимых ежедневно или через 1–2 дня тренирующих воздействий 20. Ступенчатое снижение концентрации кислорода в азотсодержащих ДГГС связано с необходимостью обеспечения постепенного приспособления обследованных лиц к выраженному дефициту кислорода для недопущения развития острых гипоксических состояний [6, 7]. Примененные нами изменения в стандартном режиме НГТ заключались в удлинении времени экспозиции каждой «ступени» с рекомендованных в указанных работах 30 мин до 2 ч., что обеспечивалось применением НГК и давало возможность существенно повысить эффективность тренировок.

В группе 1 для решения задач повышения гипотермической резистентности впервые была применена аргоногипоксическая нормобарическая тренировка (АрГНТ) в еще более «жестком» режиме, безопасность которого была доказана в предварительных исследованиях [11]. Процедуры АрГНТ заключались в 2-часовом непрерывном пребывании обследуемых в помещении НГК с нормобарическими АрДГГС состава: аргон – 33 % об., кислород – 12 % об., остальное азот, при этом ступенчатое (от сеанса к сеансу) снижение кислорода в газовой среде не предусматривалось. Общее число и график проведения тренирующих гипоксических процедур были аналогичными таковым в группе 2.

Для оценки гипотермической резистентности добровольцев применялись функциональные 3-минутные аэрокриотермические пробы (АКП) [14]. Пробы моделировались с использованием сертифицированных аэрокриокамер «КАЭКТ-01-КРИОН» (Россия). Перед началом проб высоту «рабочего помещения» камеры подбирали таким образом, чтобы тело испытуемого в положении стоя находилось полностью внутри камеры, а голова снаружи. Во время АКП в камеру подавались пары жидкого азота, поддерживая температуру внутри камеры на уровне $(-145 \pm 1) ^\circ\text{C}$. Стандартные АКП проводились перед началом курсов гипоксических тренировок (1-й этап) и через 3–4 дня после их окончания (2-й этап).

Результаты выполнения проб оценивали по показателям теплового статуса испытуемых и другим критериям, характеризующим их функциональное состояние при остром переохлаждении. С использованием компьютерных термометров «Elab» (Япония) непрерывно регистрировали ректальную температуру (T_r , $^\circ\text{C}$), затем рассчитывали скорость ее снижения (CS_{Tr} , $^\circ\text{C}/\text{мин}$). Выраженность негативных измене-

ний субъективного и психоэмоционального состояния обследованных лиц при переохлаждении определяли по показателям анкеты САН (самочувствие, активность, настроение) [12].

Перед началом АКП, а также в процессе их проведения с использованием автоматизированного кардиометрического комплекса ТМ-2425/2025 (Япония) определяли показатели гемодинамики: непрерывно регистрировали частоту сердечных сокращений (ЧСС, уд./мин), периодически (1 раз в мин) – систолическое (САД), диастолическое (ДАД) и среднединамическое (СДД) артериальное давление (мм рт. ст.)

Индекс массы тела (ИМТ) испытуемых определяли стандартным способом [10] с использованием электронных медицинских весов и ростомера («ВМЭН-РЭП», Россия).

В качестве дополнительного критерия, рассматриваемого как маркер активности механизмов неспецифической защиты организма и резистентности к воздействию повреждающих факторов (в том числе к экзогенному переохлаждению) [4, 14], определяли уровень гликопротеина фибронектина в сыворотке методом колориметрии на спектрофотометре PD-303 (Япония) [4].

Статистическая обработка полученных данных проводилась с применением п.п.п. «Statistica» v.12,0. Результаты представлялись в виде медиан (Me) и квартилей (Q25, Q75) с указанием уровня значимости. Различия в непрерывных показателях в связанных выборках оценивали по критерию Вилкоксона, в независимых – по критерию Манна – Уитни. Различия считали статистически значимыми при $p < 0,05$.

Результаты

Обработка данных обследования, выполненного перед началом гипоксических тренировок в термокомфортных условиях, показала (табл. 1), что у всех привлеченных к исследованиям лиц оцениваемые параметры субъективного статуса и физиологических функций соответствовали референтным значениям. В частности, показатели теста САН у всех испытуемых превышали 5 баллов, значения ЧСС в покое находились в пределах 60–75 уд./мин, САД – 109–129 мм рт. ст., ДАД – 69–82 мм рт. ст., СДД – 85–98 мм рт. ст.

Выше указывалось, что отсутствие отклонений со стороны субъективных и объективных параметров

рассматривалось как обязательный критерий включения испытуемого в исследование. Значимых межгрупповых различий по всем критериям функционального состояния не выявлено, что доказало корректность распределения испытуемых по группам сравнения.

Анализ результатов обследований, проводимых непосредственно в процессе гипоксических тренировок, показал, что у добровольцев обеих групп недопустимые отклонения здоровья, параметры функционального состояния, которые не позволили бы выполнить тренировки в полном объеме, отсутствовали. Имевшие место два случая невозможности участия в исследованиях (по одному в каждой группе) были обусловлены объективными социально-бытовыми причинами. Как упоминалось выше, результаты этих испытуемых были исключены из анализа.

Начальные процедуры гипоксических тренировок у обследованных лиц сопровождалась умеренными негативными субъективными симптомами, характерными для гипоксических состояний легкой степени [6, 7]. Однако, как считают специалисты в области адаптационной медицины [16, 22, 30], причиной прекращения тренировок подобные явления быть не должны, поскольку они отражают напряжение приспособительных механизмов в организме, которое является обязательным компонентом адаптационного и тренировочного процесса. Характерно, что существенных различий в выраженности указанных проявлений в сравниваемых группах не наблюдалось, несмотря на то, что, как указывалось выше, в группе 1 был использован значительно более «жесткий» режим тренирующих гипоксических воздействий.

По мере продолжения тренировок выраженность негативных отклонений функционального состояния испытуемых постепенно снижалась, что, по нашему мнению, являлось свидетельством формирования адаптационных процессов к условиям дефицита кислорода.

Функциональные исследования, выполненные после окончания тренировочных циклов, показали наличие благоприятных тенденций в динамике всех оцениваемых параметров у большинства испытуемых обеих групп. В частности, выявлен прирост самооценок состояния по сравнению с исходным уровнем, определено снижение показателей системной

Таблица 1

Показатели функционального состояния (термокомфортные условия) испытуемых на этапах наблюдения, Me (Q25; Q75)

Показатель, единица измерения	Группа (число испытуемых) Период измерения			
	Группа 1 (n = 9)		Группа 2 (n = 9)	
	Исходное состояние	После АргНТ	Исходное состояние	После НГТ
Самочувствие, балл	5,7 (5,3; 5,7)	5,8 (5,7; 5,9) p = 0,018	5,6 (5,2; 5,9)	5,7 (5,3; 5,9) p = 0,067
Активность, балл	5,6 (5,4; 5,8)	5,8 (5,7; 6,0) p = 0,036	5,6 (5,4; 5,9)	5,6 (5,4; 5,9) p = 0,10
Настроение, балл	5,5 (5,4; 5,8)	5,8 (5,8; 6,2) p = 0,013	5,7 (5,4; 5,8)	5,7 (5,5; 6,1) p = 0,10
ЧСС, уд./мин	72 (64; 74)	70 (64; 71) p = 0,043	68 (65; 73)	68 (65; 71)
САД, мм рт. ст.	124 (123; 127)	121 (119; 122) p = 0,018	124 (122; 127)	123 (115; 124) p = 0,021
ДАД, мм рт. ст.	80 (79; 82)	73 (71; 79) p = 0,017	79 (75; 80)	75 (71; 78) p = 0,06
СДД, мм рт. ст.	94,7 (94,7; 96,7)	87,0 (85,3; 94,3) p = 0,011	93,3 (91,7; 94,3)	89,0 (86,6; 93,3) p = 0,038

Примечание. p – значимость различий по сравнению с исходным уровнем.

гемодинамики. Это отражало оптимизацию субъективного и психоэмоционального статуса обследованных, повышение надежности функционирования системы гемодинамики и расширение резервных возможностей организма в целом. Характерно, что выраженность указанных позитивных сдвигов была несколько большей в группе 1, что свидетельствовало о лучшей эффективности АрГНТ по сравнению с традиционными гипоксическими тренировками в отношении перечисленных качеств даже у лиц с достаточным функциональным потенциалом организма и отсутствием соматических нарушений.

Анализ результатов первичных аэрокриотермических проб (табл. 2) показал наличие у всех испытуемых исходно сохранных механизмов компенсации экстремального переохлаждения, что позволило выполнить АКП в полном объеме. Ожидаемыми изменениями функционального состояния испытуемых при АКП явилось существенное ухудшение их субъективного и психоэмоционального статуса, выраженные компенсаторные реакции со стороны систем, обеспечивающих поддержание температурного гомеостаза, в частности системного кровообращения. Так, снижение показателей САН по сравнению с термокомфортными условиями в обеих группах составило от 1,7 до 3 баллов; прирост ЧСС колебался в пределах 21–50 уд./мин, повышение САД составило 15–31 мм рт. ст., ДАД – 5–19 мм рт. ст., СДД – 10–17 мм рт. ст. Скорость снижения ректальной температуры во время первичной АКП находилась в диапазоне 0,27–0,32 °С/мин. Сравнение полученных данных с результатами подобных исследований [11, 15, 20] показало, что исходный уровень устойчивости к гипотермии у наших обследованных примерно соответствовал таковому для здоровых, не адаптированных к экстремальному переохлаждению лиц.

Значимых межгрупповых различий по субъективным и объективным параметрам функционального

состояния при первичной АКП не выявлено, что подтверждало адекватность формирования групп и давало возможность корректного сравнительного анализа полученных данных.

Повторные АКП, проведенные после окончания курсов гипоксических тренировок, показали, что в обеих группах имело место значимое ($p < 0,05$) снижение темпа падения ректальной температуры при переохлаждении. Данный факт рассматривался нами как основное доказательство эффективности примененных неспецифических (гипоксических) тренировок в отношении повышения холодовой устойчивости обследованных лиц. Другим фактом явилось существенно более высокая эффективность АрГНТ по сравнению с традиционными НГТ, о чем прежде всего свидетельствовали высоко статистически значимые межгрупповые различия ($p = 0,009$) показателя ССтр, зафиксированные по результатам повторных АКП.

Подтверждением выявленным фактам явилось значимое снижение субъективного и психоэмоционального дискомфорта, компенсаторной гиперреактивности системного кровообращения при повторной АКП у лиц обеих групп. Выраженность указанных благоприятных тенденций оказалась значимо большей у испытуемых группы 1.

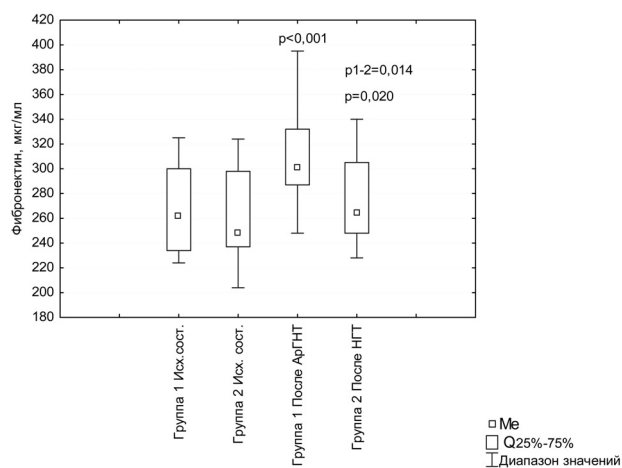
В качестве важного феномена, позволяющего показать один из основных механизмов влияния использованных различных гипоксических тренировок на резистентность человека к переохлаждению, следует, на наш взгляд, рассматривать выявленную в данном исследовании характерную динамику уровня фибронектина (рисунок). Так, при исходно не различавшемся уровне фибронектина у лиц сравниваемых групп после окончания тренировок его концентрация существенно повысилась в обеих группах ($p < 0,05$). При этом степень прироста данного показателя оказалась статистически значимо большей ($p = 0,014$) в группе 1.

Таблица 2

Параметры функционального состояния испытуемых групп сравнения при проведении контрольных аэрокриотермических проб, Ме (Q25; Q75)

Показатель, единица измерения	Группа (число испытуемых)			
	Группа 1 (n = 9)		Группа 2 (n = 9)	
	Исходное состояние	После АрГНТ	Исходное состояние	После НГТ
Скорость снижения ректальной температуры, °С/мин	0,29 (0,28; 0,30)	0,25 (0,24; 0,26) $p = 0,002$	0,29 (0,26; 0,29)	0,27 (0,26; 0,28) $p = 0,036$ $p_{1-2} = 0,009$
Самочувствие, балл	3,0 (2,9; 3,2)	4,1 (3,9; 4,3) $p = 0,008$	3,2 (2,9; 3,3)	3,6 (3,5; 4,1) $p = 0,018$ $p_{1-2} = 0,010$
Активность, балл	3,2 (2,8; 3,4)	4,2 (4,0; 4,4) $p = 0,008$	3,0 (2,9; 3,4)	3,8 (3,5; 4,1) $p = 0,012$ $p_{1-2} = 0,011$
Настроение, балл	3,2 (3,2; 3,4)	4,3 (4,2; 4,3) $p = 0,007$	3,2 (2,9; 3,4)	3,9 (3,7; 4,2) $p = 0,012$ $p_{1-2} = 0,014$
ЧСС, уд. /мин	107 (101; 114)	102 (96; 107) $p = 0,012$	108 (102; 114)	106 (102; 112) $p = 0,018$ $p_{1-2} = 0,020$
САД, мм рт. ст.	148 (147; 155)	140 (139; 147) $p = 0,033$	150 (144; 155)	147 (142; 152) $p_{1-2} = 0,01$
ДАД, мм рт. ст.	89 (89; 90)	85 (85; 88) $p = 0,012$	92 (89; 95)	89 (87; 94) $p = 0,028$ $p_{1-2} = 0,01$
СДД, мм рт. ст.	110,0 (108,3; 117,7)	105,3 (103,0; 107,7) $p = 0,007$	110,7 (107,7; 115,7)	108,0 (107,0; 112,3) $p = 0,012$ $p_{1-2} = 0,038$

Примечание. Значимость различий показателей: p – по сравнению с исходным уровнем; p_{1-2} – между группами.



Изменения уровня фибронектина у испытуемых сравниваемых групп ($n_1 = 9$, $n_2 = 9$) в результате гипоксических тренировок. *Примечание.* Значимость различий: p — по сравнению с исходным состоянием; p_{1-2} — между группами.

Обсуждение результатов

Проведенные исследования в целом подтвердили имеющиеся сведения [7, 16] о том, что гипоксические тренировки позволяют за относительно короткое время добиться существенного повышения резистентности здорового человека к пониженным температурам внешней среды. В результате таких тренировок совершенствуются механизмы поддержания температурного гомеостаза, что проявляется в замедлении темпа теплопотерь при переохлаждении, снижении выраженности субъективного и психоэмоционального дискомфорта, гиперреактивности энергообеспечивающих систем. При этом сравнение полученных нами данных с результатами указанных выше и других подобных исследований показало, что разработанные нами инновационные режимы и алгоритмы гипоксических тренировок значительно повышают эффективность последних. По нашему мнению, для решения такой сложной задачи, как искусственная адаптация к факторам охлаждающего климата, режим гипоксических тренировок должен быть максимально «жестким», процедуры гипоксических воздействий — достаточно длительными (не менее 2 ч) и непрерывными, общее число сеансов, проводимых ежедневно (или через 1–2 дня), — не менее 20. Оптимальным вариантом технической реализации НГТ в таких режимах, на наш взгляд, является использование устройств, подобных НГК, примененному в данной работе.

Важными преимуществами НГТ перед специфической холодной тренировкой являются значительно лучшая субъективная переносимость гипоксических воздействий, чем гипотермических; возможность применения НГТ даже у лиц с пониженным исходным уровнем функциональных резервов организма, что недопустимо при холодных тренировках; простота, доступность и безопасность НГТ [6, 7, 23]. Известно, что проведение холодных, в частности криотермических, тренировок требует высокой мотивации человека, мобилизации волевых усилий, что существенно ограни-

чивает применение таких методов в профилактической и клинической медицине [13, 20, 24].

В качестве основного физиологического механизма, объясняющего эффективность неспецифических методов повышения холодовой устойчивости, рассматривается феномен «перекрестной адаптации», заключающейся в формировании в организме неспецифических структурно-функциональных изменений, которые обеспечивают повышение общей резистентности, толерантности к любым внешним воздействиям [11, 16, 23, 30]. Данные положения были подтверждены и в нашем исследовании, где показано, что гипоксические тренировки в использованных вариантах сопровождаются расширением резервных возможностей организма (судя по показателям системного кровообращения), повышением активности механизмов неспецифической защиты (судя по уровню фибронектина сыворотки).

Важным и впервые выявленным в нашем исследовании результатом явился тот факт, что эффективность НГТ (как метода искусственной холодовой адаптации) можно существенно повысить путем применения аргоногипоксических тренировок. Несмотря на то, что физиологические эффекты аргона изучены недостаточно, предполагается, что его действие является своеобразным «клеточным массажем», обеспечивая ускорение трансмембранного транспорта низкомолекулярных веществ, в том числе дыхательных газов, оптимизацию клеточного метаболизма [27]. Указанные механизмы лежат в основе улучшения кислородного бюджета организма, снижения кислородного запроса тканей и повышения надежности систем «быстрого реагирования» [3]. Поэтому при использовании АрДГГС для проведения гипоксических тренировок имеется возможность безопасного варьирования степени снижения кислорода в ДГГС, обеспечивая наилучший профилактический эффект.

Проведенные исследования показали, что эффективным и практически безопасным средством экстренного повышения резистентности человека к экзогенной гипотермии являются нормобарические гипоксические тренировки в разработанном нами режиме. Эффективность данного метода можно существенно повысить путем проведения аргоногипоксических тренировок, режим и порядок применения которых был также разработан в данном исследовании.

Авторство

Иванов А. О. формировал концепцию и дизайн работы, осуществлял научно-методическое сопровождение проводимых исследований, принимал участие в написании статьи; Барачевский Ю. Е. внес существенный вклад в проведение всех этапов исследования, интерпретацию и обсуждение получаемой информации, написание основных разделов статьи; Грошинин С. М. участвовал в разработке дизайна исследований, получении и анализе данных, работе с литературными источниками, подготовке статьи к печати; Степанов В. А. участвовал в получении и анализе данных; Лобозова О. В. участвовала в получении, анализе, статистической обработке данных; Линченко С. Н. обеспечивал методическое сопровождение исследований, участвовал в

анализе данных, работе с литературными источниками; Караханян К. С. принимала непосредственное участие в подготовке испытуемых к исследованиям, сборе первичной информации, анализе данных; Скокова В. Ю. участвовала в отборе и подготовке испытуемых к исследованиям, обеспечении этических норм, сборе первичной информации, получении экспериментальных данных, их статистической обработке и анализе.

Иванов Андрей Олегович – SPIN 5176-2698; ORCID 0000-0002-8364-9854

Барачевский Юрий Евлампиевич – SPIN ORCID

Грошилин Сергей Михайлович – SPIN 3980-0099; ORCID 0000-0003-2782-7094

Степанов Владимир Анатольевич – SPIN 7535-8748; ORCID 0000-0002-4232-871

Лобозова Оксана Васильевна – SPIN 2014-5575; ORCID 0000-0002-3841-6664

Линченко Сергей Николаевич – SPIN 1681-3350; ORCID 0000-0001-8345-0645

Караханян Карина Суменовна – SPIN 9171-6762; ORCID 0000-0003-0519-0248

Скокова Вероника Юрьевна – SPIN 6393-2934; ORCID 0000-0003-3619-910X

Список литературы

1. Азаров И. И., Бутаков С. С., Жолус Б. И., Зеткин А. Ю., Реммер В. Н. Опыт сохранения здоровья военнослужащих в Арктике в повседневной деятельности и в чрезвычайных ситуациях // *Морская медицина*. 2017. Т. 3, № 3. С. 102–111.

2. Алекперов И. М., Плахов Н. Н. Роль неспецифической физической тренировки в повышении функциональных резервов организма моряков при адаптации их в условиях плавания к низким широтам // *Актуальные вопросы физической и специальной подготовки силовых структур*. 2015. № 3. С. 170–174.

3. Ананьев В. Н. Влияние инертных газов на поглощение кислорода в замкнутом пространстве при нормобарии // *Баротерапия в комплексном лечении раненых, больных и пораженных: материалы IX Всеарм. науч.-практ. конф. с междунар. участием*. СПб., 2015. С. 80.

4. Биохимия / под ред. Е. С. Северина. М.: Медицина, 2003. С. 712–713.

5. Благинин А. А., Вислов А. В., Лизогуб И. Н. Актуальные вопросы медицинского обеспечения авиационных специалистов в арктическом регионе // *Военно-медицинский журнал*. 2015. № 1. С. 50–54.

6. Благинин А. А., Жильцова И. И., Михеева Г. Ф. Гипоксическая тренировка как метод коррекции пограничных функциональных состояний организма операторов сложных эргатических систем. Нижневартовск, 2015. 106 с.

7. Горанчук В. В., Сапова Н. И., Иванов А. О. Гипокситерапия. СПб.: ОЛБИ, 2003. 564 с.

8. Гудков А. Б., Попова О. Н., Скрипаль Б. А. Реакция системы внешнего дыхания на локальное охлаждение у молодых лиц трудоспособного возраста // *Медицина труда и промышленная экология*. 2009. № 4. С. 26–30.

9. Гудков А. Б., Теддер Ю. Р. Характер метаболических изменений у рабочих при экспедиционно-вахтовом режиме труда в Заполярье // *Физиология человека*. 1999. Т. 25, № 3. С. 138–142.

10. Дубровский В. И. Функциональные пробы в спорте. М.: ФИС, 2006. 224 с.

11. Ерошенко А. Ю., Быковская Т. Ю., Иванов А. О. Адаптационные реакции кислородтранспортных систем человека при длительном пребывании в пожаробезопас-

ной газовой среде с повышенным содержанием аргона // *Медицина катастроф*. 2019. № 1 (105). С. 33–37.

12. Карелин А. Большая энциклопедия психологических тестов. М.: Эксмо, 2007. С. 36–38.

13. Кирьянова В. В. Клинические аспекты применения общей криотерапии // *Криотерапия в России: материалы II Междунар. науч.-практ. конф.* СПб., 2009. С. 127–129.

14. Линченко С. Н., Иванов А. О., Степанов В. А., Барачевский Ю. Е., Абушкевич В. Г., Бугаян С. Э., Кочубейник Н. В., Грошилин С. М. Восстановление и расширение функционального потенциала организма человека посредством аэрокриотермических тренировок // *Кубанский научный медицинский вестник*. 2017. Т. 24, № 6. С. 95–101.

15. Мосягин И. Г. Стратегия развития морской медицины на арктическом главном региональном направлении национальной морской политики России // *Морская медицина*. 2017. Т. 3, № 3. С. 7–22.

16. Новиков В. С., Шустов Е. Б., Горанчук В. В. Коррекция функциональных состояний при экстремальных воздействиях. СПб.: Наука, 1998. 544 с.

17. David H. N., Haelewyn B., Degoulet M., Colomb D. G. Jr. Riso J. J., Abraini J. H. Ex vivo and in vivo neuroprotection induced by argon when given after an excitotoxic or ischemic insult // *PLoS One*. 2012. Vol. 7. P. e30934.

18. Fricke R. Mechanisms of human cold adaptation // *Circumpolar health: Proc. of 8-th symp.* Toronto, 2009. P. 65–86.

19. Gansales R. Work in the North: physiological aspects // *Artie Med. Research*. 1985. N 44. P. 7–12.

20. Guillot X., Tordi N., Mourot L., Demougeot C., Dugué B., Prati C., Wendling D. Cryotherapy in inflammatory rheumatic diseases: a systematic review // *Expert. Rev. Clin. Immunol*. 2014. Vol. 10, N 2. P. 281–294.

21. Klimenko T., Ahvenainen S., Karvonen S. L. Whole-body cryotherapy in atopic dermatitis // *Arch. Dermatol*. 2008. Vol. 144, N 6. P. 806–808.

22. Krivoschekov S. G., Shishkina T. N. Psychophysiological mechanisms of adaptation of rotation personnel in Arctic regions // *Int. J. Circumpolar Health*. 1998. Vol. 57, Suppl 1. P. 427–431.

23. Ristagno B. H. Mechanisms involved in autonomic and respiratory changes in rats submitted to short-term sustained hypoxia // *Materials of VI Chronic Hypoxia Symposium*. La Paz (Bolivia), 2016. P. 20–25.

24. Nishi Y., Gagge A. G. Physical indices of the cold environment // *Ashrae J*. 2002. Vol. 1. P. 47–51.

25. Preisinger E., Quittan M. Thermo- and hydrotherapy // *Wien. Med. Wochenschr*. 1994. Vol. 144, N 20–21. P. 520–526.

26. Ristagno G., Fumagalli F., Russo I. et al. Postresuscitation treatment with argon improves early neurological recovery in a porcine model of cardiac arrest // *Shock*. 2014. Vol. 41. P. 72–78.

27. Ruzicka J., Benes, J., Bolek, L., Markvartova V. Biological effects of noble gases. *Physiol. Res.* // *Acad. Sci. Bohemoslov*. 2007. Vol. 56. P. S39–S44.

28. Taghawinejad M., Fricke R., Duhme L. Temperature regulation in man - a practical study. N.-Y.: The Mosby Comp., 2003. 366 p.

29. Sidorov P. I., Gudkov A. B., Tedder Iu. R. Physiological aspects of optimization of expedition and work shift schedules in Arctic regions // *Meditsina truda i promyshlennaia ekologiya*. 1996. N 6. P. 4–7.

30. Virues-Ortega J., Buena-Casal G., Garrido E., Alcazar B. Neuropsychological functioning associated with high-altitude exposure // *Neuropsychol. Rev*. 2004. Vol. 14. P. 197–224.

References

1. Azarov I. I., Butakov S. S., Zholus B. I., Zetkin A. Yu., Remmer V. N. The experience of maintaining the health of military personnel in the Arctic in daily activities and in emergency situations. *Morskaya meditsina* [Marine medicine]. 2017, 3 (3), pp. 102-111. [In Russian]
2. Alekperov I. M., Plakhov N. N. The role of non-specific physical training in increasing the functional reserves of the body of seafarers when adapting them in conditions of navigation to low altitudes. *Aktual'nye voprosy fizicheskoi i spetsial'noi podgotovki silovykh struktur* [Actual issues of physical and special training of power structures]. 2015, 3, pp. 170-174. [In Russian]
3. Anan'ev V. N. Vliyanie inertnykh gazov na pogloshchenie kisloroda v zamknutom prostranstve pri normobarii [The influence of inert gases on the absorption of oxygen in a confined space at normobary]. *Materialy IX Vsearm. nauch.-prakt. konf. s mezhdunar. uchastiem «Baroterapiya v kompleksnom lechenii ranenykh, bol'nykh i porazhennykh»* [Materials IX All Arm. scientific-practical conf. from the international participation "Barotherapy in the complex treatment of the wounded, sick and affected"]. Saint Petersburg, 2015, p. 80.
4. *Biochemistry* / ed. E. S. Severin. Moscow, Medicine Publ., 2003, pp. 712-713. [In Russian]
5. Blagin A. A., Vislov A. V., Lizogub I. N. Actual issues of medical support for aviation specialists in the Arctic region. *Voenno-meditsinskii zhurnal* [Military Medical Journal]. 2015, 1, pp. 50-54. [In Russian]
6. Blagin A. A., Zhil'tsova I. I., Mikheeva G. F. *Gipoksicheskaya trenirovka kak metod korrektsii pogranichnykh funktsional'nykh sostoyanii organizma operatorov slozhnykh ergaticheskikh sistem* [Hypoxic training as a method of correction of border functional States of the body of operators of complex ergatic systems]. Nizhnevartovsk, 2015, 106 p.
7. Goranchuk V. V., Sapova N. I., Ivanov A. O. *Gipoksiterapiya* [Hypoxotherapy]. Saint Petersburg, OLB Publ., 2003, 564 p.
8. Gudkov A. B., Popova O. N., Skripal' B. A. External respiration system reaction to local cooling of skin of young able-bodied persons. *Meditsina truda i promyshlennaia ekologiya*. 2009, 4, pp. 26-30. [In Russian]
9. Gudkov A. B., Tedder Yu. R. Nature of metabolic changes in workers under the conditions of expedition shift work schedule in the Arctic. *Fiziologiya cheloveka* [Human physiology]. 1999, 25 (3), pp. 138-142. [In Russian]
10. Dubrovskii V. I. *Funktsional'nye proby v sporte* [Functional tests in sports]. Moscow, Physical Education and Sport Publ., 2006, 224 p.
11. Eroshenko A. Yu., Ivanov A. O., Stepanov V. A., Linchenko S. N., Bugayan S. E., Kochubeinik N. V., Sklyarov V. N., Groshilin S. M. Aerocryothermal training as a method of emergency increase of human resistance to exposure to low ambient temperatures. *Meditsinskii vestnik Yuga Rossii* [Medical Herald of the South of Russia]. 2017, 8 (4), pp. 47-52. [In Russian]
12. Karelin A. *Big Encyclopedia of Psychological Tests*. Moscow, Eksmo Publ., 2007, pp. 36-38. [In Russian]
13. Kir'yanova V. V. Klinicheskie aspekty primeneniya obshchei krioterapii [Clinical aspects of the use of general cryotherapy]. *Sbornik materialov II Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii "Krioterapiya v Rossii"* [Collection of materials of the II International scientific-practical conference "Cryotherapy in Russia"]. Saint Petersburg, 2009, pp. 127-129.
14. Linchenko S. N., Ivanov A. O., Stepanov V. A., Barachevskii Yu. E., Abushkevich V. G., Bugayan S. E., Kochubeinik N. V., Groshilin S. M. Restoration and expansion of the functional potential of human body by means of aerocryothermal training. *Kubanskii nauchnyi meditsinskii vestnik* [Kuban Scientific Medical Bulletin]. 2017, 24 (6), pp. 95-101.
15. Mosyagin I. G. The strategy of the development of marine medicine according to the principal arctic regional direction of the national naval policy of Russia. *Morskaya meditsina* [Marine Medicine]. 2017, 3 (3), pp. 7-22. [In Russian]
16. Novikov V. S., Shustov E. B., Goranchuk V. V. *Korreksiya funktsional'nykh sostoyanii pri ekstremal'nykh vozdeistviyakh* [Correction of functional states under extreme impacts]. Saint Petersburg, Science Publ., 1998, 544 p.
17. David H. N., Haelewyn B., Degoulet M., Colomb D. G. Jr. Risso J. J., Abraini J. H. Ex vivo and in vivo neuroprotection induced by argon when given after an excitotoxic or ischemic insult. *PLoS One*. 2012, 7, p. e30934.
18. Fricke R. Mechanisms of human cold adaptation. *Circumpolar health: Proc. of 8-th symp.* Toronto, 2009, pp. 65-86.
19. Gansales R. Work in the North: physiological aspects. *Artie Med. Research*. 1985, 44, pp. 7-12.
20. Guillot X., Tordi N., Mourot L., Demougeot C., Dugué B., Prati C., Wendling D. Cryotherapy in inflammatory rheumatic diseases: a systematic review. *Expert. Rev. Clin. Immunol.* 2014, 10 (2), pp. 281-294.
21. Klimenko T., Ahvenainen S., Karvonen S. L. Whole-body cryotherapy in atopic dermatitis. *Arch. Dermatol.* 2008, 144 (6), pp. 806-808.
22. Krivoschekov S. G., Shishkina T. N. Psychophysiological mechanisms of adaptation of rotation personnel in Arctic regions. *Int. J. Circumpolar Health*. 1998, 57 (1), pp. 427-431.
23. Machado B. H. Mechanisms involved in autonomic and respiratory changes in rats submitted to short-term sustained hypoxia. *Materials of VI Chronic Hypoxia Symposium*. La Paz (Bolivia), 2016, pp. 20-25.
24. Nishi Y., Gagge A. G. Physical indices of the cold environment. *Ashrae J.* 2002, 1, pp. 47-51.
25. Preisinger E., Quittan M. Thermo- and hydrotherapy. *Wien. Med. Wochenschr.* 1994, 144 (20-21), pp. 520-526.
26. Ristagno G., Fumagalli F., Russo I. et al. Postresuscitation treatment with argon improves early neurological recovery in a porcine model of cardiac arrest. *Shock*. 2014, 41, pp. 72-78.
27. Ruzicka J., Benes, J., Bolek, L., Markvartova V. Biological effects of noble gases. *Physiol. Res. Acad. Sci. Bohemoslov.* 2007, 56, pp. S39-S44.
28. Taghawinejad M., Fricke R., Duhme L. *Temperature regulation in man - a practical study*. N.Y., The Mosby Comp., 2003, 366 p.
29. Sidorov P. I., Gudkov A. B., Tedder Iu. R. Physiological aspects of optimization of expedition and work shift schedules in Arctic regions. *Meditsina truda i promyshlennaia ekologiya*. 1996, 6, pp. 4-7.
30. Virues-Ortega J., Buela-Casal G., Garrido E., Alcazar B. Neuropsychological functioning associated with high-altitude exposure. *Neuropsychol. Rev.* 2004, 14, pp. 197-224.

Контактная информация:

Иванов Андрей Олегович – профессор, старший научный сотрудник НИИ кораблестроения и вооружения ВМФ ВУНЦ ВМФ «Военно-морская академия им. Адм. флота Советского Союза Н. Г. Кузнецова» Министерства обороны Российской Федерации
 Адрес: 197101, г. Санкт-Петербург, ул. Чапаева, д. 30
 E-mail: ivanoff65@mail.ru