DOI: 10.56871/UTJ.2023.13.58.013
УДК 796.071.4+340.624.2+796.011+611.1+616.1+616.7-008.6-089.4+615.832.9

ОБОСНОВАНИЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ОБЩЕЙ ВОЗДУШНОЙ КРИОТЕРАПИИ И ВОЗДЕЙСТВИЯ ОТРИЦАТЕЛЬНОГО ДАВЛЕНИЯ В НИЖНЕЙ ЧАСТИ ТЕЛА ДЛЯ ПРОФИЛАКТИКИ СИНДРОМА ПЕРЕТРЕНИРОВАННОСТИ

© Назар Джуманазарович Мамиев[1], Владимир Станиславович Василенко[1], Екатерина Борисовна Карповская[1], Юлия Борисовна Семенова[1, 3], Наталья Сергеевна Канавец[1], Баязит Ильнурович Зарипов[2], Екатерина Николаевна Хасанова[3]

[1] Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет. 194100, г. Санкт-Петербург, ул. Литовская, 2

[2] Мариинская больница. 191014, г. Санкт-Петербург, Литейный пр., 56

[3] Медико-санитарная часть № 70 — филиал СПб ГУП «Пассажиравтотранс». 195009, г. Санкт-Петербург, ул. Комсомола, 12

Контактная информация: Назар Джуманазарович Мамиев — ассистент кафедры госпитальной терапии с курсом эндокринологии. E-mail: nazarmamiev1986@yandex.ru eLIBRARY ID: 50363944 SPIN: 9834-5762

Для цитирования: Мамиев Н.Д., Василенко В.С., Карповская Е.Б., Семенова Ю.Б., Канавец Н.С., Зарипов Б.И., Хасанова Е.Н. Обоснование использования общей воздушной криотерапии и воздействия отрицательного давления в нижней части тела для профилактики синдрома перетренированности // Университетский терапевтический вестник. 2023. Т. 5. № 4. С. 137–155. DOI: https://doi.org/10.56871/UTJ.2023.13.58.013

Поступила: 24.07.2023 ***Одобрена: 16.08.2023*** ***Принята к печати: 01.09.2023***

РЕЗЮМЕ. ***Введение.*** Повышение эффективности тренировочного процесса у спортсменов возможно в результате применения новых подходов, оптимизирующих тренирующие воздействия. Меры профилактики остаются единственным способом борьбы с синдромом перетренированности. Особое значение придается мероприятиям, ускоряющим восстановление сразу после тренировки. ***Цель*** — изучить эффективность воздействия отрицательного давления в нижней части тела и общей воздушной криотерапии для профилактики перенапряжения и синдрома перетренированности у спортсменов в видах спорта с преимущественным развитием выносливости. ***Материалы и методы.*** В исследование на протяжении двух лет были включены 67 спортсменов, представителей циклических видов спорта. На первом этапе воздействие отрицательного давления в нижней части тела и общая воздушная криотерапия для постнагрузочного восстановления спортсменов не применялись. На втором этапе восстановительные процедуры были внедрены в учебно-тренировочный процесс. До и после 10-дневного курса, а также по завершении контрольного и экспериментального этапов у спортсменов были проведены клинические, биохимические и иммунологические исследования. ***Результаты.*** Установлено разнонаправленное воздействие отрицательного давления в нижней части тела и общей воздушной криотерапии на показатели адаптационного потенциала спортсменов на фоне высоких физических нагрузок. Воздействие отрицательного давления в нижней части тела оказало положительное влияние на адаптационный потенциал сердечно-сосудистой системы за счет снижения уровня эндогенной интоксикации и нормализации процессов метаболизма. Общая воздушная криотерапия повысила адаптационный потенциал сердечно-сосудистой системы в меньшей степени, но при этом за счет стимуляции клеточного иммунитета снизила заболеваемость ОРВИ. ***Выводы.*** Результаты исследования можно использовать для повышения адаптационного потенциала и эффективного постнагрузочного восстановления у спортсменов циклических видов спорта. Исследования в данном направлении будут продолжены для выявления возможности сопряженного использования воздействия отрицательного давления в нижней части тела и криотерапии в тренировочном процессе спортсменов.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: перетренированность; синдром перетренированности; сердечно-сосудистая система; отрицательное давление в нижней части тела; общая воздушная криотерапия; спортсмены.

RATIONALE FOR USE OF WHOLE-BODY CRYOTHERAPY AND LOW BODY NEGATIVE PRESSURE DEVICE FOR PREVENTION OF OVERTRAINING SYNDROME

© Nazar D. Mamiev[1], Vladimir S. Vasilenko[1], Ekaterina B. Karpovskaya[1], Yulia B. Semenova[1, 3], Natalia S. Kanavets[1], Bayazit I. Zaripov[2], Ekaterina N. Hasanova[3]

[1] Saint Petersburg State Pediatric Medical University. Lithuania 2, Saint Petersburg, Russian Federation, 194100

[2] Mariinsky Hospital. Liteyny ave., 56, Saint Petersburg, Russian Federation, 191014

[3] Medical and sanitary unit No 70 of Saint-Petersburg State Unitary Enterprise "Passazhiravtotrans". Komsomola str., 12, Saint Petersburg, Russian Federation, 195009

Contact information: Nazar D. Mamiev — Assistant of the Department of Hospital Therapy with the course of Endocrinology. E-mail: nazarmamiev1986@yandex.ru eLIBRARY ID: 50363944 SPIN: 9834-5762

For citation: Mamiev ND, Vasilenko VS, Karpovskaya EB, Semenova YuB, Kanavets NS, Zaripov BI, Hasanova EN. Rationale for use of whole-body cryotherapy and low body negative pressure device for prevention of overtraining syndrome. University therapeutic journal (St. Petersburg). 2023;5(4):137-155. DOI: https://doi.org/10.56871/UTJ.2023.13.58.013

Received: 24.07.2023 ***Revised: 16.08.2023*** ***Accepted: 01.09.2023***

SUMMARY. ***Introduction.*** Further improvement of the effectiveness of the training process is possible as a result of the application of new approaches that optimize the training effects. Preventive measures remain the only way to combat overtraining syndrome. Special importance is attached to measures that accelerate recovery immediately after training. Moreover, the recovery methods should be different for different sports. ***The aim*** of the study was to study the effectiveness of low body negative pressure device and whole-body cryotherapy for the prevention of overstrain and overtraining syndrome in athletes in sports with predominant endurance development. ***Materials and methods.*** 67 athletes, representatives of cyclic sports, were included in the study for two years. At the first stage, of low body negative pressure device and whole-body cryotherapy were not used for post-exercise recovery of athletes. At the second stage, of low body negative pressure device and whole-body cryotherapy were introduced into the training process. Before and after the 10-day course, as well as upon completion of the control and experimental stages, clinical, biochemical and immunological studies were conducted in athletes. ***Results.*** According to the comparative analysis, the multidirectional effect of low body negative pressure device and whole-body cryotherapy on the indicators of the adaptive potential of athletes against the background of high physical exertion has been established. Low body negative pressure device had a positive effect on the adaptive potential of the cardiovascular system by reducing the level of endogenous intoxication and normalizing metabolic processes. Whole-body cryotherapy increased the adaptive potential of the cardiovascular system to a lesser extent, but at the same time, due to the stimulation of cellular immunity, it reduced the incidence of acute respiratory viral infections. **Conclusions.** The results of the study can be used to increase the adaptive potential and effective post-exercise recovery in cyclical sports athletes. Research in this direction will be continued to identify the possibility of the combined use of low body negative pressure device and whole-body cryotherapy in the training process of athletes.

KEY WORDS: overtraining syndrome; cardiovascular system; low body negative pressure device; whole-body cryotherapy; athletes.

ВВЕДЕНИЕ

Физические нагрузки современного спорта характеризуются высоким объемом и интенсивностью. Это приводит к изменениям в организме спортсмена, затрагивающим большинство органов, систем и фундаментальных биологических процессов.

Различают три состояния, возникающие вследствие интенсивных и нерационально организованных физических нагрузок, превышающих индивидуальный уровень адаптации организма [1, 9, 10]: функциональное перенапряжение или переутомление (functional overreaching — FOR); нефункциональное перенапряжение (non-functional overreaching —

NFOR); собственно синдром перетренированности (overtraining syndrome — OTS).

Кратковременное увеличение интенсивности и объема физической нагрузки может вызвать функциональное перенапряжение, которое способно привести к улучшению физических возможностей, тогда как нефункциональное перенапряжение и синдром перетренированности возникают, когда высокоинтенсивные тренировки применяются в течение длительных периодов на фоне недостаточного восстановления [6, 9].

Как при перетренированности, так и при перенапряжении имеет место дезадаптация — резкое снижение и нарушение приспособительных механизмов, ранее позволявших организму выполнять привычные и/или возрастающие объемы работы [14]. Перенапряжение сердечно-сосудистой системы как следствие дезадаптационных нарушений занимает ведущее место в синдроме перетренированности и может быть предвестником патологических изменений в других системах организма или сочетаться с ними.

Общепризнанных биохимических маркеров синдрома перетренированности в настоящее время не существует. Однако наиболее часто проводится определение эндогенной интоксикации, соотношения тестостерона и кортизола, маркеров повреждения тканей и уровня иммунологической реактивности [27].

Дисбаланс между физическими упражнениями и восстановлением может ухудшить здоровье и работоспособность спортсмена [15]. Меры профилактики остаются единственным способом борьбы с синдромом перетренированности. Дальнейшее повышение эффективности тренировочного процесса в целом возможно в результате применения новых путей и подходов, оптимизирующих тренирующие воздействия, что является одной из ведущих задач в физиологии спорта. Особое значение придается мероприятиям, ускоряющим восстановление сразу после тренировки. Причем для разных видов спорта в зависимости от вида энергообеспечения способы восстановления должны быть различны. В соответствии с литературными данными у спортсменов используют множество различных стратегий постнагрузочного восстановления. Однако нет единого мнения об их наиболее эффективном применении, в том числе сочетанном, на различных этапах подготовки.

Своевременное применение методик восстановления в процессе подготовки спортсменов призвано не только повысить эффективность тренировочного процесса и процессы адаптации организма к физическим нагрузкам, но и предупредить развитие переутомления, физического перенапряжения и перетренированности. Физические факторы могут существенно расширить арсенал эффективных средств восстановления и повышения работоспособности спортсменов.

Общая воздушная криотерапия и воздействие отрицательного давления в нижней части тела (абдоминальная декомпрессия) относятся к аппаратным технологиям [11].

У спортсменов применяются два вида криотерапии: воздушная локальная криотерапия (PBC) и воздушная общая криотерапия (whole-body cryotherapy — WBC). A. Abaïdia и соавт. продемонстрировали значительное влияние WBC на сокращение времени восстановления [3, 7]. Использование криотерапии для восстановления после физических нагрузок становится все более популярным [22]. Положительное влияние WBC на производительность спортсменов обусловлено воздействием на симпатическую и парасимпатическую системы, а также действием на сердечно-сосудистую систему, окислительный стресс и гормональную систему [3, 27].

Однако WBC следует использовать с осторожностью, поскольку:

- индивидуальные показатели непосредственно после ее применения изменяются таким образом, что реакция спортсмена после процедуры смещается в сторону средних показателей;
- WBC ослабляет каскад восстановления, в результате чего она может вызвать неблагоприятный эффект за счет замедленной регенерации скелетных мышц;
- FDA не одобрило какие-либо устройства для WBC как безопасные и эффективные.

Использование воздействия отрицательного давления в нижней части тела (low body negative pressure device — LBNP), первоначально разработанное для космонавтов с целью поддержания ортостатического баланса, показало свою клиническую значимость. Прерывистая вакуумная терапия улучшает кровоток, повышая физическое состояние спортсменов и ускоряя восстановление после высокоинтенсивных тренировок, снижая в кровяном русле уровень лактата и креатинфосфокиназы (КФК) [18, 23, 29]. В России нашла применение аналогичная методика — абдоминальная декомпрессия (воздействие отрицательным давлением на абдоминальную область).

LBNP и WBC обратили на себя внимание специалистов в сфере физкультуры и спорта как факторы, способные устранять спорт-лимитирующие состояния, увеличивать толерантность к физическим нагрузкам и повышать возможности функциональных систем организма за счет физиологической перестройки обменно-трофических процессов. Однако алгоритм применения WBC и LBNP у спортсменов и обоснование их эффективности все еще находятся на стадии исследований. Малоизучены физиологические, биохимические и биофизические механизмы. Остается невыясненным вопрос о необходимой длительности и частоте прохождения курсов WBC и LBNP и длительности сохранения эффектов. Дальнейшее изучение влияния этих видов воздействия на спортсменов необходимо как для определения безопасности метода, так и для отслеживания его влияния на адаптационные возможности организма в долгосрочной перспективе.

ЦЕЛЬ

Изучить эффективность воздействия отрицательного давления в нижней части тела (абдоминальной декомпрессии) и общей воздушной криотерапии для профилактики перенапряжения и синдрома перетренированности у спортсменов в видах спорта с преимущественным развитием выносливости.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Работа проводилась на базе училища олимпийского резерва № 1 и университета физической культуры им. П.Ф. Лесгафта. Всего в исследовании на протяжении двух лет приняли участие 67 спортсменов, представителей циклических видов спорта (гребля академическая, лыжные гонки). Исследование осуществлялось в соответствии с положениями Хельсинкской декларации о соблюдении этических принципов, все спортсмены добровольно подписали информированное согласие на участие в исследовании.

На контрольном этапе (2017–2018 гг.) были сформированы 2 группы спортсменов:

- 1-я группа «Абдоминальная декомпрессия» — 39 спортсменов, специализация — академическая гребля, 18–24 лет (средний возраст 20,9±0,4 года), средний вес и рост 74 кг (от 64 до 82 кг) и 179 см (от 161 до 187 см) соответственно, 1-й разряд и кандидаты в мастера спорта, стаж занятий спортом не менее 5 лет;
- 2-я группа «Общая воздушная криотерапия» — 28 спортсменов, специализация лыжные гонки, 18–23 лет (средний возраст 20,6±0,5 лет), средний вес и рост 72 кг (от 65 до 78 кг) и 177 см (от 160 до 180 см) соответственно, 1-й разряд и кандидаты в мастера спорта, стаж занятий спортом не менее 5 лет.

Всем спортсменам на контрольном этапе в конце учебно-тренировочного года с целью выявления признаков перенапряжения сердечно-сосудистой системы и перетренированности были проведены: общее обследование, биохимические и иммунологические исследования крови. Методики WBC и LBNP на данном этапе не применялись.

На экспериментальном этапе (2018–2019 гг.) у спортсменов ранее отобранных групп в тренировочный процесс были включены 10-дневные курсы WBC и LBNP. Противопоказаниями для WBC и LBNP послужили отрицательное отношение к данному методу, острые инфекционные заболевания.

Спортсмены экспериментальной группы 1 «Абдоминальная декомпрессия» получали на протяжении учебно-тренировочного года 3 курса LBNP. Сеансы LBNP проводились 1 раз в день на протяжении 10 дней путем локальной декомпрессии нижней половины туловища в гермокамере при импульсной подаче вакуума на комплекте аппаратуры КАД-01-АКЦ «НАДЕЖДА» (комплект разрешен к применению Минздравом России, регистрационное удостоверение от 25 марта 2016 г. № ФСР 2009/05027). Нижнюю часть тела спортсмена размещали в гермокамере, снабженной рукавами для нижних конечностей. Воздействовали импульсами отрицательного давления воздуха 3,0–4,5 кПа. Проводили 10 циклов длительностью 2 минуты с паузами 60 секунд, при этом создавали компенсирующее положительное давление 3,0–4,5 кПа на нижние конечности синхронно с воздействием импульсов отрицательного давления на нижнюю часть тела. Три курса были проведены у гребцов на специально-подготовительных этапах, предшествующих наиболее значимым соревнованиям: подготовка к зимним соревнованиям на гребных тренажерах (один курс) и весенне-летний на открытой воде (два курса).

Спортсмены экспериментальной группы 2 «Общая воздушная криотерапия» получали сеансы WBC в криокапсуле производства Российской компании «ГРАНД-Крио» (GRAND-CRYO, регистрационное удостоверение от 12

марта 2012 г. КТ № ФСР 2012/13210). Спортсмен входил в криокабину, куда нагнеталось необходимое количество охлажденного газа. В течение 15 секунд температура газа вокруг тела фиксировалась на отметке –130°. Длительность процедуры — 2 минуты. Четыре курса общей воздушной криотерапии были проведены у лыжников на специально-подготовительных этапах, предшествующих наиболее значимым соревнованиям: подготовка к зимним соревнованиям (два курса), подготовка к летним соревнованиям на лыжероллерах (два курса).

С целью изучения срочного влияния WBC и LBNP на адаптационный потенциал организма спортсменов биохимические и иммунологические исследования проводились в день отдыха до и сразу после завершения 10-дневного курса процедур на первом специально-подготовительном этапе годового тренировочного цикла.

Для изучения долгосрочного влияния WBC и LBNP обследование спортсменов, биохимические и иммунологические исследования, изучение самооценки качества жизни проводились в конце контрольного и экспериментального этапов (2018 и 2019 гг.).

Общее обследование спортсменов включало холтеровское суточное мониторирование ЭКГ (ХМ ЭКГ) на аппаратах «КАРДИОТЕХНИКА-04-8(М)», обеспечивающих 12 отведений. Зарегистрированная ЭКГ анализировалась с помощью обрабатывающего комплекса на основе IBM PC. К клинически значимой экстрасистолической аритмии относили частую (более 10 тыс./сутки), нагрузочную, парную, групповую желудочковую экстрасистолию, что соответствует по классификации B. Lown, M. Wolf, M. Ryan (1975) II–V классу, а также множественные, групповые, парные суправентрикулярные экстрасистолы.

Для оценки психологического состояния использовался опросник качества жизни, связанного со здоровьем SF-36, рекомендованный межнациональным центром исследования качества жизни. Проводился подсчет среднего числа заболеваний ОРВИ на одного спортсмена за год.

Забор крови для биохимического и гормонального исследований осуществляли в вакуумные пробирки с клот-активатором и разделительным гелем.

При определении уровня кортизола и тестостерона использовался анализатор Boehringer Mannheim Immunodiagnostics ES 300 и реактивы этой фирмы. По соотношению тестостерона и кортизола рассчитывался индекс анаболизма.

Общую (ОКА) и эффективную концентрацию альбуминов (ЭКА) определяли на анализаторе АКЛ-01, использовали набор реактивов «ЗОНД-Альбумин» с последующим расчетом индекса токсичности ИТ=ОКА/ЭКА-1. В норме ИТ менее 0,15 у.е.

Уровень аспартатаминотрансферазы (АСТ) и аланинаминотрансферазы (АЛТ) определяли УФ-методом (диагностические наборы Biocon).

Уровень КФК и изофермента креатинкиназы, характерного для ткани сердечной мышцы (КФК МВ), определяли кинетическим методом с использованием диагностических наборов фирмы Vital diagnostics с дальнейшим расчетом индекса RI = КФК – МВ/КФК общ) · 100 (%). Для повреждения сердечной мышцы характерен RI >2,5–3%.

Определение окисленных липопротеинов (oxLDL) проводили методом иммуноферментного анализа с использованием тест-наборов Biomedica (Германия).

Для определения числа иммунокомпетентных лимфоцитов в крови спортсменов использовали моноклональные антитела (фирма ОКГ Ortho (США) и НПО «МедБиоСпектр»). Лимфоциты выделяли из гепаринизированной венозной крови с использованием градиента плотности смеси фиколл–верографин (плотность 1,77 г/см^3). При постановке микролимфоцитотоксического теста использовали рекомендации Американского национального института здоровья в модификации А. Исхакова. Подсчет результатов проводили по формуле:

$$\%CD+клеток = (A – B) : (100 – B) \cdot 100,$$

где А — % погибших клеток в опыте, В — % погибших клеток в контроле (не должен превышать 10). Иммунорегуляторный индекс (ИРИ) определяли по соотношению CD4/CD8. В норме ИРИ находится в диапазоне 1–2.

Содержание цитокинов в сыворотке крови определяли иммуноферментным методом с использованием наборов реагентов на IL-1β, TNFα, IL-4, IL-8 производства фирм ООО «Протеиновый контур» и ООО «Цитокин».

При определении эффективности применения у спортсменов WBC и LBNP для профилактики перенапряжения сердечно-сосудистой системы и перетренированности нами использовался общепринятый в медицинских

Таблица 1

Динамика биохимических показателей под действием 10-дневного курса WBC и LBNP

Table 1

Dynamics of biochemical parameters under the influence of a 10-day course of WBC and LBNP

Показатели / Indicators	Абдоминальная декомпрессия / Abdominal decompression (n = 39)		Криотерапия / Cryotherapy (n = 28)	
	до курса / before the course	после курса / after the course	до курса / before the course	после курса / after the course
КФК МВ (Ед/л) / CPK-MB (U/L)	9,3 ± 0,6	5,1 ± 0,5**	8,62 ± 0,8	7,15 ± 0,5
КФК (Ед/л) / CPK (U/L)	396,5 ± 31,4	252,7 ± 24,6**	388,3 ± 25,5	312,8 ± 32,1
RI (%)	2,34 ± 0,04	2,02 ± 0,03**	2,22 ± 0,03	2,28 ± 0,02
АСТ (Ед/л) / AST (U/L)	38,6 ± 1,04	39,2 ± 1,2	38,1 ± 1,6	35,4 ± 1,4
АЛТ (Ед/л) / ALT (U/L)	27,9 ± 0,9	26,1 ± 1,0	28,1 ± 1,2	25,5 ± 1,4
ОКА (г/л) / TAC (g/l)	45,1 ± 0,5	43,9 ± 0,5	44,0 ± 0,4	43,4 ± 0,4
ЭКА (г/л) / EAC (g/l)	38,3 ± 0,35	38,5 ± 0,35	37,8 ± 0,2	37,7 ± 0,2
ИТ (у.е.) / TI (c.u.)	0,177 ± 0,01	0,139 ± 0,004*	0,165± 0,008	0,15 ± 0,007
oxLDL (нг/мл) / oxLDL (ng/ml)	1071 ± 190	744,7± 76,5	1236 ±115,4	693,7 ± 82,1**
Кортизол (нмоль/л) / Cortisol (nmol/L)	558,1 ±41,6	383 ± 32,6**	533,6 ±48,5	591,6 ± 38,9
Тестостерон (нмоль/л) / Testosterone (nmol/L)	22,5 ± 0,83	23,2 ± 0,5	20,6 ± 0,9	22,9 ± 1,0
ИА (%) / AI (%)	4,3 ± 0,4	6,1 ± 0,4**	4,2 ± 0,5	4,36 ± 0,45

Примечания. Различия относительно исследования до курса статистически значимы: * — $p \leq 0,01$; ** — $p \leq 0,001$. RI — индекс повреждения сердечной мышцы ((КФК — МВ/КФК общ) · 100); ИТ — индекс токсичности (ОКА/ЭКА-1); ИА — индекс анаболизма ((тестостерон/кортизол) · 100).

Note: the differences relative to the study before the course are statistically significant: * — $p \leq 0,01$; **— $p \leq 0,001$. RI — cardiac muscle damage index ((CPK – MB/CPK total) · 100); TI — toxicity index (TAC/EAC-1); AI — anabolism index ((testosterone/cortisol) · 100).

исследованиях коэффициент эффективности профилактики (КЭ) в процентах, характеризующий удельный вес лиц из экспериментальной группы, защита которых была обеспечена. Формула расчета: КЭ = ((В – – А)/В) · 100, где КЭ — коэффициент эффективности (%), А — заболеваемость в экспериментальной группе, В — заболеваемость в контрольной группе.

Материалы исследования в соответствии с результатами проверки сравниваемых совокупностей на нормальность распределения (критерий Шапиро–Уилка) были подвергнуты статистической обработке с использованием методов параметрического анализа. Все результаты выражаются в виде средних арифметических величин (M) и средней ошибки (m). Внутригрупповой анализ проводился с использованием парного t-критерия Стьюдента. Значения с $p < 0,05$ считались статистически значимыми. Обработку и графическое представление полученных данных проводили с использованием пакета прикладных программ Microsoft Office Excel 7.0.

РЕЗУЛЬТАТЫ

1. Влияние 10-дневного курса WBC и LBNP на биохимические маркеры перетренированности и иммунологические показатели

Динамика биохимических показателей крови у спортсменов отмечается в пределах физиологической нормы за исключением кортизола и КФК, уровень которых при занятиях спортом повышается.

После курса LBNP отмечается (табл. 1):

- снижение уровня мышечного фермента — КФК (с 396,5±31,4 до 252,7±24,6 Ед/л, $p \leq 0,001$, при $t=3,6$), ее изофермента, характерного для поражения сердечной мышцы — КФК МВ (с 9,3±0,6 до 5,1±0,5 Ед/л, $p \leq 0,001$, при $t=5,38$) и индекса повреждения миокарда RI (с 2,34±0,04 до 2,02±0,03%, $p \leq 0,001$, при $t=6,4$);
- снижение индекса токсичности, характеризующего уровень токсических метаболитов в тканях (с 0,177±0,01 до 0,139±0,004 у.е., $p \leq 0,01$, при $t=3,5$);
- снижение уровня кортизола (с 558,1±41,6 до 383±32,6 нмоль/л, $p \leq 0,01$, при $t=3,3$) и по-

вышение индекса анаболизма (с 4,3±0,4 до 6,1±0,4%, p≤0,01, при t=3,2).

После курса WBC установлено (табл. 1) снижение уровня окисленного липопротеина низкой плотности (Oxidized low-density lipoprotein — oxLDL) (с 1236±115,4 до 693,7±82,1 нг/мл, p≤0,001, при t=3,83).

Показатели клеточного иммунитета у спортсменов обеих групп находились в пределах физиологической нормы за исключением некоторого снижения CD3 и CD4. Уровень цитокинов был повышен (табл. 2).

После курса LBNP статистически значимые изменения установлены только в отношении провоспалительного IL-8 — снижение (с 8,95±1,2 до 4,12±1,5 пг/мл, p≤0,05, при t=2,5) (табл. 2).

После курса WBC отмечено (табл. 2):

- снижение провоспалительного IL-1 (с 263,2±40,1 до 142±33,7 пг/мл, p≤0,05, при t=2,3) на фоне подъема противовоспалительного IL-4 (с 21,7±3,4 до 34,1±2,6 пг/мл, p≤0,01, при t=2,9), что свидетельствует о противовоспалительном эффекте;
- повышение относительного числа Т-лимфоцитов CD3+ (с 54,8±0,9 до 59,9±1,1%, p≤0,001, при t=3,6) на фоне снижения CD8 (с 24,2±1,0 до 21,0±1,2%, p≤0,05, при t=2,04), повышение иммунорегуляторного индекса ИРИ (с 1,0±0,05 до 1,2±0,03, p≤0,01, при t=3,4).

Полученные нами данные свидетельствуют о повышении толерантности к физическим нагрузкам под действием курсов WBC и LBNP за счет повышения детоксикационного потенциала, наиболее выраженного под действием абдоминальной декомпрессии. При этом курс абдоминальной декомпрессии способствовал наиболее эффективному постнагрузочному восстановлению мышечной ткани и миокарда, а курс общей воздушной криотерапии оказал выраженное влияние на снижение провоспалительных тенденций и стимуляцию клеточного иммунитета (табл. 3).

2. Долгосрочные результаты применения WBC и LBNP

На экспериментальном этапе (2018–2019 гг.) в ранее отобранных группах спортсменов в тренировочный процесс были включены курсы WBC и LBNP. Данные методики применялись на тренировочных этапах подготовки к соревнованиям для активизации восстановительных процессов и повышения адаптационного потенциала.

В группе 1 «Абдоминальная декомпрессия» у гребцов было проведено три 10-дневных курса LBNP на следующих этапах тренировочного цикла: подготовка к зимним соревнованиям на

Таблица 2

Динамика уровня цитокинов и основных субпопуляций Т-лимфоцитов под действием 10-дневного курса WBC и LBNP

Table 2

Dynamics of the level of cytokines and the main subpopulations of T-lymphocytes under the influence of a 10-day course of WBC and LBNP

Показатели / Indicators	Абдоминальная декомпрессия / Abdominal decompression (n=39)		Криотерапия / Cryotherapy (n=28)	
	до курса / before the course	после курса / after the course	до курса / before the course	после курса / after the course
TNFα, пг/мл	127,3±64	114,7±52	136,3±60	87,5±38,6
IL-1, пг/мл	245,8±75	221±61,4	263,2±40,1	142±33,7*
IL-4, пг/мл	20,1±3,2	23,5±1,9	21,7±3,4	34,1±2,6**
IL-8, пг/мл	8,95±1,2	4,12±1,5*	7,42±1,5	8,1±1,2
CD3,%, 60–89	55,2±1,4	56,9±1,6	54,8±0,9	59,9±1,1***
CD4,%, 31–61	24,4±1,1	26,5±1,7	25,4±1,2	25,5±1,4
CD8,%, 14–36	22,0±1,7	23,2±1,3	24,2±1,0	21,0±1,2*
ИРИ, у.е. / IRI, c.u.	1,1±0,05	1,15±0,06	1,0±0,05	1,2±0,03**
CD16,%	28,1±1,0	25,9±1,2	23,4±1,1	25,7±0,9
CD95,%	28,8±1,2	27,1±1,3	25,1±1,2	24,8±1,1
CD25,%	27,0±1,6	24,4±1,5	26,0±1,5	24,1±1,3

Примечания. Различия относительно исследования до курса статистически значимы: * — p≤0,05; ** — p≤0,01; *** — p≤0,001. ИРИ — иммунорегуляторный индекс (CD4/CD8).

Note: the differences relative to the study before the course are statistically significant: * — p ≤ 0,05; **— p ≤ 0,01; ***— p ≤ 0,001. IRI — immunoregulatory index (CD4/CD8).

Таблица 3

Влияние курсов абдоминальной декомпрессии и общей воздушной криотерапии на маркеры перенапряжения и перетренированности

Table 3

Effect of courses of abdominal decompression and whole-body cryotherapy on markers of overstrain and overtraining

Маркеры перенапряжения и перетренированности / Markers of overstrain and overtraining	Влияние 10-дневного курса / The effect of a 10-day course	
	LBNP	WBC
Перенапряжение мышечной ткани / Overstrain of muscle tissue	снижение КФК / decrease in CPK	не установлено / is not established
Перенапряжение сердца / Overstrain of the heart	снижение КФК МВ, снижение RI / decrease in CPK-MV, decrease in RI	не установлено / is not established
Эндогенная интоксикация / Endogenous intoxication	снижение ИТ / decrease in TI	не установлено / has not been established
Оксидативный стресс / Oxidative stress	не установлено / has not been established	снижение oxLDL / reduction of oxLDL
Преобладание катаболитических процессов над анаболитическими: снижение ИА / Predominance of catabolic processes over anabolic ones: decrease in AI	повышение ИА / increase in AI	не установлено / has not been established
Дисбаланс цитокинов: повышение провоспалительных цитокинов / Cytokine imbalance: increased proinflammatory cytokines	снижение IL-8 / decreased in IL-8	снижение IL-1 /decreased in IL-1 повышение IL-4 / increased in IL-4
Нарушение клеточного иммунитета: снижение CD3, снижение ИРИ / Violation of cellular immunity: decrease in CD3, decrease in IRI	не установлено / has not been established	повышение CD3, снижение CD8 и CD25, повышение ИРИ / increase in CD3, decrease in CD8 and CD25, increase in IRI

Примечание: ИА — индекс анаболизма ((тестостерон/кортизол) · 100); ИРИ — иммунорегуляторный индекс (CD4/ CD8).
Note: AI — anabolism index ((testosterone/cortisol) · 100); IRI — immunoregulatory index (CD4/CD8).

гребных тренажерах (один курс), весенне-летний период на открытой воде (два курса).

В группе 2 «Общая воздушная криотерапия» у лыжников было проведено четыре 10-дневных курса WBC на следующих этапах тренировочного цикла: подготовка к зимним соревнованиям (два курса), подготовка к соревнованиям на лыжероллерах (два курса).

Исследования проводились в конце контрольного (2018 г.) и экспериментального этапа (2019 г.). Для установления эффективности курсов WBC и LBNP для профилактики перенапряжения и синдрома перетренированности проведен сравнительный анализ показателей, являющихся биохимическими маркерами перенапряжения и синдрома перетренированности у спортсменов.

В наших исследованиях перенапряжение сердца диагностировали по данным суточного ХМ ЭКГ при клинически значимых желудочковых и суправентрикулярных экстрасистолах на фоне отсутствия органических изменений сердца (по данным ЭхоКГ). Перенапряжение сердца в конце контрольного этапа установлено у 12 гребцов и 11 лыжников. Перенапряжение сердца в конце экспериментального этапа было установлено у 2 гребцов и 7 лыжников.

Таким образом, по результатам ХМ ЭКГ в группе 1 «Абдоминальная декомпрессия» признаки перенапряжения сердца на контрольном этапе выявлены у 31% гребцов, а на экспериментальном — только у 5% гребцов ($p \leq 0{,}01$, при $t = 3{,}17$). В группе 2 «Общая воздушная криотерапия» признаки перенапряжения сердца на контрольном этапе установлены у 39% спортсменов-лыжников, а на экспериментальном — у 25% ($p > 0{,}05$, при $t = 1{,}1$). Эффективность использования WBC и LBNP для профилактики перенапряжения сердца составила соответственно 83 и 35%.

Анализ заболеваемости спортсменов ОРВИ на контрольном и экспериментальном этапах показал, что в среднем на одного спортсмена по группам «Абдоминальная декомпрессия» и «Общая воздушная криотерапия» число случаев ОРВИ составило на контрольном этапе $2{,}6 \pm 0{,}12$ и $2{,}9 \pm 0{,}21$ соответственно. На экспериментальном этапе отмечено статистически значимое снижение числа случаев заболеваний ОРВИ на одного спортсмена только в

Таблица 4

Число случаев ОРВИ в среднем на одного спортсмена за год на контрольном и экспериментальном этапах

Table 4

The number of cases of ARVI on average per athlete per year at the control and experimental stages

Группы спортсменов / Groups of athletes	Контрольный этап / Control stage	Экспериментальный этап / Experimental stage
Группа 1 «Абдоминальная декомпрессия» / Group 1 "Abdominal decompression" (n = 39)	2,6 ± 0,12	2,2 ±0,14
Группа 2 «Общая воздушная криотерапия» / Group 2 "Whole-body cryotherapy"(n = 28)	2,9 ± 0,21	1,66 ± 0,25**

Примечание: различия относительно исследования до курса статистически значимы: *— $p \leq 0,01$.
Note: the differences relative to the study before the course are statistically significant: * — $p \leq 0,01$.

группе 2 «Общая воздушная криотерапия» — 1,66±0,25 относительно 2,9±0,21 ($p \leq 0,01$, при $t = 3,87$) (табл. 4).

Одним из наиболее распространенных маркеров синдрома перетренированности у спортсменов-мужчин является индекс анаболизма [24]. Значения индекса анаболизма ниже 3% в конце контрольного этапа установлены у 4 гребцов и 2 лыжников. По результатам исследований, проведенных на экспериментальном этапе, индекс анаболизма менее 3% был установлен у одного гребца и одного лыжника.

Таким образом, снижение индекса анаболизма менее 3% в группе 1 «Абдоминальная декомпрессия» на контрольном этапе выявлено у 10% спортсменов-гребцов, а на экспериментальном — только у 2,5% ($p > 0,05$, при $t = 1,4$). В группе 2 «Общая воздушная криотерапия» снижение индекса анаболизма менее 3% в конце контрольного этапа выявлено у 7% спортсменов-лыжников, а на экспериментальном — у 3,6% ($p > 0,05$, при $t = 0,5$). Статистически значимого снижения числа спортсменов с индексом анаболизма менее 3% в экспериментальных группах не установлено, отмечена лишь тенденция в группе «Абдоминальная декомпрессия». Эффективность использования WBC и LBNP для профилактики нарушений метаболизма (преобладание катаболитических процессов), соответственно, 75 и 49%.

Срыв механизмов адаптации и развитие критических состояний под действием чрезмерных спортивных нагрузок может происходить на фоне эндогенной интоксикации. Индекс токсичности более 0,15, свидетельствующий о снижении детоксикационного потенциала и накоплении метаболитов в конце контрольного этапа, был установлен у 26 гребцов и 20 лыжников. В конце экспериментального этапа индекс токсичности более 0,15 был определен у 9 гребцов и 11 лыжников.

Таким образом, повышение индекса токсичности более 0,15 в группе 1 «Абдоминальная декомпрессия» на контрольном этапе выявлено у 66,7% спортсменов-гребцов, а на экспериментальном — только у 23% ($p \leq 0,001$, при $t = 4,3$). В группе 2 «Общая воздушная криотерапия» повышение индекса токсичности более 0,15 в конце контрольного этапа выявлено у 71% спортсменов-лыжников, а на экспериментальном — у 39% ($p \leq 0,05$, при $t = 2,5$). Эффективность использования WBC и LBNP для повышения детоксикационного потенциала составила, соответственно, 65,5 и 45%.

Чрезмерная активация процессов перекисного окисления липидов при высоких физических нагрузках, не соответствующих функциональным возможностям организма, является ведущим фактором в развитии перенапряжения основных лимитирующих систем организма. О повышении окислительного стресса может свидетельствовать увеличение уровня модифицированных окисленных липопротеинов (oxLDL) [2, 47]. Уровень oxLDL, превышающий референсный интервал (более 2261 нг/мл), в конце контрольного этапа установлен у 6 гребцов и 7 лыжников. В конце экспериментального этапа уровень oxLDL был повышен у 3 гребцов и 1 лыжника.

Таким образом, увеличение уровня модифицированных окисленных липопротеинов более 2261 нг/мл в группе 1 «Абдоминальная декомпрессия» на контрольном этапе выявлено у 15,3% гребцов, а на экспериментальном этапе — у 7,7% ($p > 0,05$ при $t = 1,1$). В группе 2 «Общая воздушная криотерапия» увеличение уровня модифицированных окисленных липопротеинов более 2261 нг/мл на контрольном этапе выявлено у 25% лыжников, а на экспериментальном этапе только у 3,5% ($p \leq 0,05$ при $t = 2,41$). Эффективность WBC и

LBNP при снижении оксидативного стресса составила соответственно 49 и 86%.

Синдром перетренированности сопровождается нарушением клеточного иммунитета на фоне снижения количества Т-лимфоцитов и их функциональной активности [20]. Снижение относительного числа CD3 (менее 50%) на контрольном этапе исследования в 2018 году было установлено у 18 гребцов и 16 лыжников. На экспериментальном этапе снижение относительного числа CD3 (менее 50%) — у 10 гребцов и 4 лыжников.

Таким образом, снижение относительного числа CD3 в группе 1 «Абдоминальная декомпрессия» на контрольном этапе выявлено у 46,2% гребцов, а на экспериментальном этапе — у 26% ($p>0,05$ при $t=1,8$). В группе 2 «Общая воздушная криотерапия» снижение относительного числа CD3 на контрольном этапе установлено у 57% лыжников, а на экспериментальном — у 14,2% ($p\leq0,01$ при $t=3,7$). Эффективность использования WBC и LBNP для профилактики иммунных нарушений составила, соответственно, 43,7 и 75%.

Для скрининга иммунного статуса спортсменов мы определяли индекс иммунорегуляции (ИРИ) CD4/CD8. Снижение ИРИ (менее 1) на контрольном этапе установлено у 10 (25,6%) гребцов и 14 лыжников (50%). На экспериментальном этапе ИРИ менее 1 был установлен у 5 гребцов (12,8%) и 2 лыжников (7,1%).

Таким образом, снижение ИРИ менее 1 в группе 1 «Абдоминальная декомпрессия» на контрольном этапе установлено у 25,6% гребцов, а на экспериментальном этапе — у 12,8% ($p>0,05$ при $t=1,45$). В группе 2 «Общая воздушная криотерапия» снижение ИРИ менее 1 на контрольном этапе установлено у 50% лыжников, а на экспериментальном — только у 7,1% ($p\leq0,001$ при $t=4,0$). Эффективность использования WBC и LBNP для предотвращения снижения ИРИ составила, соответственно, 50 и 85%.

В соответствии с полученными результатами установлено разнонаправленное действие абдоминальной декомпрессии и общей воздушной криотерапии на показатели адаптационного потенциала спортсменов на фоне высоких физических нагрузок. Если абдоминальная декомпрессия положительно влияет на адаптацию сердечно-сосудистой системы к высоким

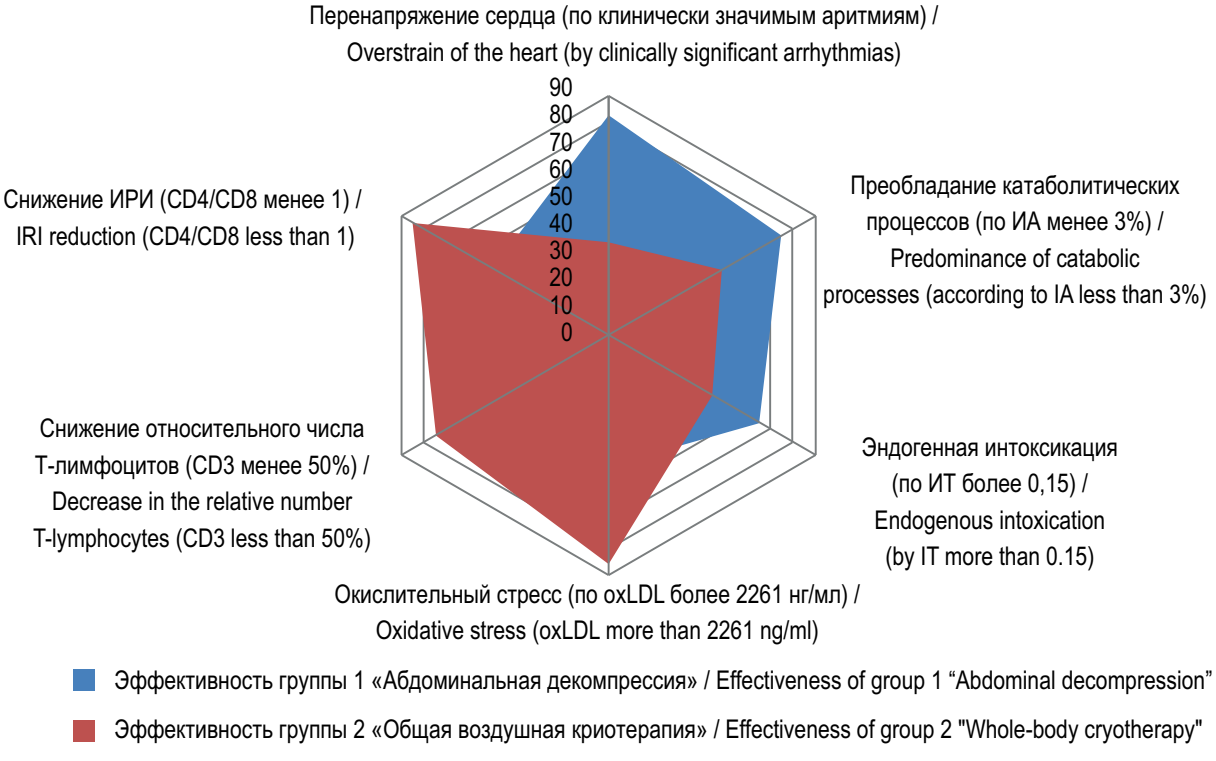


Рис. 1. Эффективность использования WBC и LBNP для профилактики перенапряжения и перетренированности по результатам определения маркеров перетренированности

Fig. 1. The effectiveness of using WBC and LBNP for the prevention of overstrain and overtraining based on the results of determining overtraining markers

физическим нагрузкам на фоне нормализации метаболизма и повышения детоксикационного потенциала, то общая воздушная криотерапия в основном оказывает нормализирующее влияние на клеточный иммунитет и снижает выраженность оксидативного стресса (рис. 1).

Синдром перетренированности может рассматриваться как психосоматическое расстройство, что обусловливает возможность его диагностики с использованием психологических опросников, в частности опросника самооценки качества жизни SF-36.

У спортсменов, прошедших 3 курса абдоминальной декомпрессии, установлена более высокая оценка качества жизни по шкалам: оценка своего здоровья в настоящий момент (GH); жизнеспособность (VT); оценка психического здоровья (MH) (рис. 2). У спортсменов, прошедших 4 курса криотерапии, установлена более высокая оценка качества жизни по шкалам: интенсивность боли (BP); жизнеспособность (VT); социальное функционирование (SF); влияние эмоционального состояния на ролевое функционирование (RE) (рис. 3).

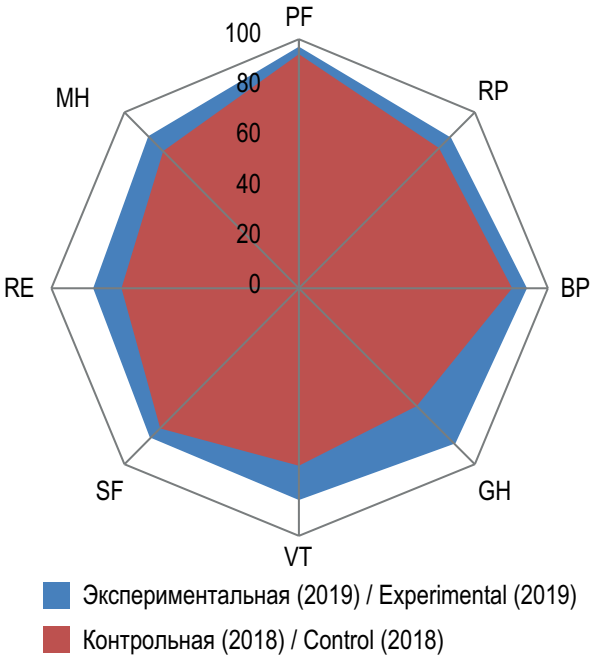


Рис. 2. Самооценка качества жизни спортсменами после трех курсов LBNP и в контроле

Fig. 2. Self-assessment of the quality of life by athletes after three courses of LBNP and in control

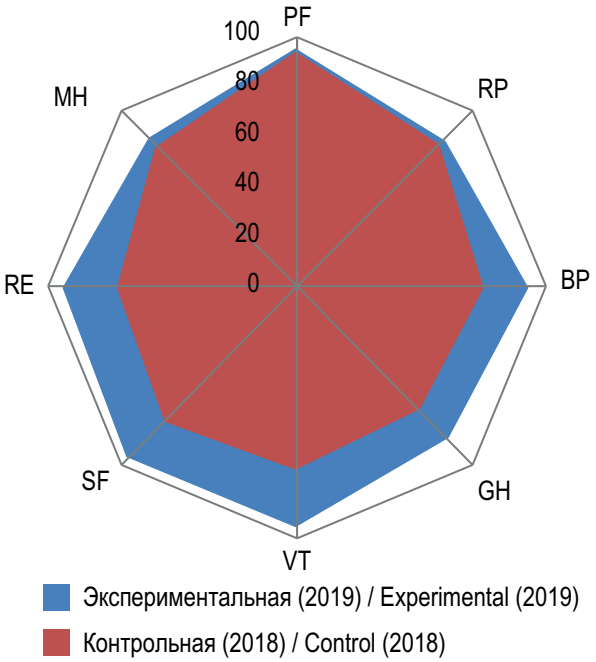


Рис. 3. Самооценка качества жизни спортсменами после четырех курсов WBC и в контроле

Fig. 3. Self-assessment of the quality of life by athletes after four WBC courses and in control

ОБСУЖДЕНИЕ

Длительные, повторяющиеся изнурительные упражнения могут вызывать патологические реакции, приводящие к развитию синдрома перетренированности, который характеризуется дезадаптацией к чрезмерным физическим нагрузкам при недостаточном отдыхе и вызывает нарушения во многих системах организма (неврологические, эндокринные, иммунологические) и изменения настроения [13, 17].

Меры профилактики признаны наиболее эффективным способом борьбы с состоянием перетренированности. Физические факторы могут существенно расширить арсенал эффективных средств восстановления и повышения работоспособности спортсменов. Однако работ, посвященных использованию абдоминальной декомпрессии и общей воздушной криотерапии у спортсменов, недостаточно, а долговременные наблюдения за эффективностью этих процедур для повышения адаптации к высоким нагрузкам циклического характера отсутствуют.

В настоящем исследовании в качестве испытуемых нами были отобраны 39 спортсменов-гребцов и 28 спортсменов-лыжников. Исследования проводились на протяжении двух лет. Первый год — контрольное исследование. Второй год — экспериментальное исследование — спортсменам после тренировки проводились восстановительные процедуры: 1) LBNP (гребцы); 2) WBC (лыжники).

Изучалось влияние 10-дневных курсов WBC и LBNP на показатели биомаркеров

перетренированности и перенапряжения в крови спортсменов. Для этого исследования в обеих группах проводились на первом специально-подготовительном периоде годового учебно-тренировочного цикла, в день отдыха. Перед началом и после завершения 10-дневного курса WBC и LBNP проводили забор крови для биохимических и иммунологических исследований.

Преобладание катаболических процессов над анаболическими диагностировали по соотношению уровня тестостерона и кортизола. Нарушения утилизации продуктов метаболизма и эндогенной интоксикации определяли по уровню общего и эффективного сывороточного альбумина. Разрушение клеточных мембран определяли по выходу в кровяное русло цитолитических ферментов, в частности КФК, широко применяемого для контроля и оценки процесса восстановления спортсменов в динамике. Оксидативный стресс определяли по уровню окислительной модификации основного холестерина, несущего липопротеины oxLDL, который является биомаркером и патологическим фактором сердечно-сосудистых заболеваний.

АБДОМИНАЛЬНАЯ ДЕКОМПРЕССИЯ

Абдоминальная декомпрессия, воздействие отрицательного давления в нижней части тела (low body negative pressure device — LBNP). В России воздействие отрицательного давления в нижней части тела (абдоминальная область) используется при абдоминальной декомпрессии, что дало нам основание представить абдоминальную декомпрессию также как LBNP.

Установлено, что 10-дневный курс LBNP вызывает снижение КФК и КФК МВ. Наши данные соответствуют результатам, полученным A.S. Maior и соавт. (2020), показавшим снижение КФК у спортсменов после высокоинтенсивных тренировок под действием сеанса LBNP [29]. Однако A.J. van Rensburg и соавт. (2017) утверждают, что LBNP не влияет на уровень КФК [42].

Срыв механизмов адаптации и развитие критических состояний под действием чрезмерных спортивных нагрузок может происходить на фоне эндогенной интоксикации [37]. В наших исследованиях показано, что под действием 10-дневного курса LBNP происходит восстановление транспортной функции альбумина и снижение индекса токсичности, характеризующего заполнение альбуминовых центров токсичными лигандами. Полученные данные соответствуют данным в исследованиях В.Г. Скопичева (2012), показавшего, что даже однократная процедура абдоминальной декомпрессии повышает возможности детоксикации на 8–12% за счет прямой элиминации токсического агента, а также активации процессов утилизации и перекисного окисления липидов [40].

Гормональные реакции, вызванные физическими упражнениями, контролируются гипоталамо-гипофизарно-надпочечниковой осью, ключевым регулятором гомеостаза, который реагирует на стресс, вызывая ряд эндокринных изменений, приводящих к высвобождению тестостерона и кортизола [25]. Повышение уровня кортизола и снижение соотношения тестостерон/кортизол (индекс анаболизма) менее 3 рассматриваются как маркеры перенапряжения и перетренированности у спортсменов [16, 30]. Литературные данные о динамике уровня кортизола и тестостерона под действием LBNP отсутствуют. Нами установлено, что 10-дневный курс LBNP вызывает снижение повышенного уровня кортизола и повышение индекса анаболизма, что положительно сказывается на балансе катаболических и анаболических процессов в организме, наряду со снижением провоспалительного интерлейкина IL-8, предотвращая развитие синдрома перетренированности.

ОБЩАЯ ВОЗДУШНАЯ КРИОТЕРАПИЯ

Whole-body cryotherapy (WBC) у спортсменов часто используется для улучшения восстановления после травм и для снижения провоспалительных эффектов при перенапряжении и перетренированности [19]. Опубликованные исследования были в основном сосредоточены на восстановлении после тренировок или соревновательного сезона. Только в ограниченном числе работ исследовалось влияние WBC на этапе подготовки к соревновательному сезону для улучшения формы и производительности или в периоды высокой интенсивности тренировок, для профилактики синдрома перетренированности [28].

WBC рекомендован для возможного повышения антиоксидантного потенциала. По данным обзора литературы, проведенного G. Lombardi и соавт. (2017), WBC оказывает дозозависимое улучшающее действие на окислительно-восстановительный баланс после физической нагрузки [28]. В нашем исследовании 10-дневный курс общей воздушной криотерапии уменьшает оксидативный стресс,

о чем свидетельствует снижение уровня окисленного липопротеина низкой плотности oxLDL. Это согласуется с данными V. Laza [26] и может быть обусловлено тем, что один сеанс WBC создает незначительный окислительный стресс, а повторные сеансы индуцируют адаптацию организма, повышая антиоксидантную защиту [32].

По данным литературного обзора C. Rose, K.M. Edwards (2017), рядом авторов отмечается снижение КФК под действием WBC [38]. Однако нами снижения КФК под действием курса WBC не выявлено. Это может быть связано с тем, что WBC ослабляет каскад восстановления, в результате чего она может оказывать неблагоприятный эффект за счет замедленной регенерации скелетных мышц [45]. Наши данные согласуются с исследованием (Hausswirth et al., 2011), по данным которого повышение активности КФК в сыворотке крови, типичное для интенсивных физических упражнений, не снизилось после сеансов WBC [21]. Нами также не установлено изменений КФК МВ после сеансов WBC, что согласуется с результатами, полученными G. Banfi и соавт. (2010), по данным которых сердечные маркеры, связанные с повреждением и некрозом сердечной мышцы, под действием WBC не изменяются [8].

Тестостерон и кортизол играют важную роль в обеспечении адаптации или производительности с участием ряда возможных механизмов, включая развитие мышц и двигательных единиц, эмоциональные и поведенческие изменения и мобилизацию энергетических ресурсов [43]. Литературные данные о динамике уровня кортизола и тестостерона под действием WBC противоречивы [36]. Так, по данным J.M. Russell и соавт. (2017), сеанс WBC у мужчин, проведенный в течение 20 минут после повторных спринтерских упражнений, повысил уровень свободного тестостерона на 28% в течение 24 часов, достигнув максимума через 2 часа после криотерапии по сравнению с контрольной группой [39]. В исследовании Ziemann и соавт. (2012) кортизол повышался у 6 профессиональных теннисистов, получавших WBC 2 раза в день в течение 5 дней (–120 °C, 3 минуты) после тренировок средней интенсивности во время контролируемого тренировочного лагеря, в то время как тестостерон оставался стабильным [46, 48]. В наших исследованиях не установлено изменения уровня тестостерона и кортизола и их соотношения под действием WBC, как и в исследованиях, проведенных Sutkowy и соавт. (2014) на группе байдарочников [41].

Установлено, что гиперпродукция провоспалительных цитокинов (TNF, IL-1, IL-6, IL-8) ассоциируется с нарушением функции левого желудочка и развитием кардиомиопатий. Уже на ранних стадиях формирования дисфункции левого желудочка иммунорегуляторный дисбаланс про- и противовоспалительных цитокинов коррелирует с уровнем гипоксичного стресса [35]. По данным, опубликованным в литературных обзорах, WBC оказывает противовоспалительное действие за счет изменения уровня провоспалительных и противовоспалительных цитокинов [36, 38]. Экспрессия провоспалительных цитокинов рассматривается как патогенетический фактор развития синдрома перетренированности [24], а увеличение IL-8 наряду с TNFα расценивается в качестве предиктора кардиоваскулярных событий [31]. В связи с этим нами проведено изучение динамики провоспалительных цитокинов TNFα, IL-1 и IL-8 и противовоспалительного IL-4 под влиянием 10-дневного курса WBC.

Установлено, что под действием WBC отмечается снижение уровня провоспалительного IL-1, что соответствует данным G. Lombardi и соавт. [28], и повышение противовоспалительного IL-4. Статистически значимой динамики провоспалительного TNFα нами не установлено, что согласуется с данными A. Zembron-Lacny и соавт. (2020), не получивших изменения TNFα после 7-дневного курса WBC [43]. Однако это противоречит выводам, представленным ранее Ziemann и соавт. (2012), которые показали, что 5-дневный курс WBC, применяемый у высококвалифицированных теннисистов после сезона турниров, вызвал снижение TNFα на 60% [44].

Влияние курсов криотерапии на клеточный иммунитет у спортсменов изучено недостаточно. Есть данные, что под действием WBC происходит активация врожденного и адаптивного иммунитета у спортсменов [33]. В наших исследованиях установлено увеличение после курса криотерапии относительного числа Т-лимфоцитов CD3 на фоне снижения CD8 и повышения иммунорегуляторного индекса, что также свидетельствует об активации клеточного иммунитета.

ОТДАЛЕННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ВВЕДЕНИЯ КУРСОВ WBC И LBNP В ТРЕНИРОВОЧНЫЙ ПРОЦЕСС СПОРТСМЕНОВ

Работы зарубежных авторов в основном посвящены краткосрочному использованию WBC и LBNP [42].

В нашем исследовании для определения эффективности введения курсов WBC и LBNP в тренировочный процесс спортсменов, наряду с определением уровня общепризнанных биохимических маркеров перенапряжения и перетренированности, проводилось выявление признаков перенапряжения сердца, заболеваемости ОРВИ и оценка качества жизни спортсменов по опроснику SF-36 в конце контрольного и экспериментального этапов исследования.

Одним из проявлений хронического перенапряжения сердца, кроме изменений процессов реполяризации на ЭКГ, являются нарушения ритма [44]. По данным A. Biffi и соавт. (2011), синдром перетренированности у спортсменов может включать желудочковую экстрасистолию [12]. Холтеровское мониторирование является ключевым тестом для оценки «аритмической нагрузки», то есть количества желудочковых экстрасистол в течение 24 часов и их тенденции к образованию парных, тройных комплексов или неустойчивой желудочковой тахикардии (ЖТ). Более 500 желудочковых экстрасистол за 24 часа при холтеровском мониторировании могут сигнализировать о риске внезапной сердечной смерти и являются диагностическим критерием аритмогенной кардиомиопатии [4, 5, 34]. Перенапряжение сердца мы выявляли по данным суточного ХМ ЭКГ, учитывая клинически значимые желудочковые и суправентрикулярные экстрасистолы при отсутствии органических изменений по данным ЭхоКГ.

В группе 1 «Абдоминальная декомпрессия» клинически значимые желудочковые и суправентрикулярные экстрасистолы в конце контрольного этапа нами были установлены у 12 (31%) спортсменов, на экспериментальном этапе — только у 2 (5%) гребцов, что свидетельствует о высокой эффективности использования курсов абдоминальной декомпрессии для повышения адаптационного потенциала сердца и профилактики перетренированности. В группе 2 «Общая воздушная криотерапия» результаты были менее впечатляющие — 11 (39%) относительно 7 (25%). Полученные данные свидетельствуют о превосходстве LBNP над WBC при их использовании для профилактики перенапряжения сердца — эффективность 83% относительно 35%. Это может быть обусловлено более выраженным влиянием LBNP на повышение детоксикационного потенциала и снижение уровня кортизола на фоне повышения индекса анаболизма.

Анализ заболеваемости спортсменов ОРВИ на контрольном и экспериментальном этапах, напротив, показал преимущество WBC: отмечено статистически значимое снижение числа случаев заболеваний ОРВИ в группе 2 «Общая воздушная криотерапия» на фоне снижения провоспалительных тенденций в системе провоспалительных и противовоспалительных цитокинов. Это может быть обусловлено повышением антиоксидантного потенциала за счет активации антиоксидантной защиты [32, 49] и стимуляцией Т-клеточного иммунитета.

Проведенное нами на протяжении учебно-тренировочного года исследование влияния введения в период наиболее интенсивных физических нагрузок курсов WBC и LBNP в тренировочный процесс спортсменов показало более выраженное положительное влияние WBC на самооценку качества жизни спортсменами по опроснику SF-36. Наши данные подтверждаются использованием WBC для снятия стрессовых состояний [28]. По данным L. Bettoni и соавт. (2013), сеансы WBC дают существенное улучшение по всем исследованным параметрам, отражающим качество жизни и способность выполнять повседневную деятельность (боль по визуальной аналоговой шкале (ВАШ), глобальное состояние здоровья (GH), шкала тяжести усталости (FSS) и короткая форма (SH)-36)) [9].

Для ускорения восстановительных процессов проводить курсы WBC и LBNP мы рекомендуем непосредственно после тренировки (не позже чем через 1 час) на этапах тренировочного цикла перед наиболее ответственными соревнованиями. При проведении WBC необходимо учитывать, что из-за кратковременного снижения результатов спортивной деятельности процедуру следует проводить только в восстановительный и подготовительный периоды годового тренировочного цикла. Необходимо также понимать, что WBC может вызвать неблагоприятный эффект за счет ослабления каскада восстановления–регенерации скелетных мышц. Именно поэтому, если рекомендуется сочетание WBC и физических упражнений, следует учитывать степень повреждения мышц, вызванную физическими упражнениями, и возможное нарушение анаболической сигнализации [45].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результаты настоящего исследования показывают, что курсы WBC и LBNP оказывают влияние на разные факторы, приводящие к

перетренированности у спортсменов циклических видов спорта.

LBNP имеет наиболее выраженный потенциал для использования у спортсменов с целью: 1) усиления детоксикационного процесса (повышение функциональной активности альбуминов и снижения индекса токсичности); 2) повышения адаптации сердечно-сосудистой системы к физическим нагрузкам (снижение КФК, КФК МВ, RI); 3) нормализации соотношения катаболических и анаболических процессов в организме (снижение повышенного уровня кортизола и повышение ИА).

WBC может использоваться у спортсменов с целью: 1) снижения оксидативного стресса (уменьшение oxLDL); 2) устранения дисбаланса цитокинов (снижение провоспалительных и повышение противовоспалительных цитокинов); 3) снижения заболеваемости спортсменов ОРВИ за счет иммуномодулирующего эффекта (повышение CD3, снижение CD8 и CD25, повышение ИРИ).

По полученным нами данным курсы WBC и LBNP оказывают комплексное общестимулирующее и модулирующее действие, повышают самооценку качества жизни и могут использоваться для постнагрузочного восстановления у спортсменов.

Наиболее выраженное положительное влияние на качество жизни по SF-36 и снижение заболеваемости ОРВИ оказывает WBC, на снижение частоты перенапряжения сердца — LBNP. При введении курсов WBC и LBNP в начале тренировочного процесса их положительные эффекты сохраняются и в конце учебно-тренировочного года.

В связи с разнонаправленностью действия абдоминальная декомпрессия и общая воздушная криотерапия могут быть использованы при решении конкретных задач восстановления в качестве самостоятельного терапевтического метода или в комплексе.

В дальнейшем планируется проведение исследований по разработке методик сопряженного применения WBC и LBNP в тренировочном процессе у спортсменов циклических видов спорта.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Вклад авторов. Все авторы внесли существенный вклад в разработку концепции, проведение исследования и подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией.

Конфликт интересов. Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

Источник финансирования. Авторы заявляют об отсутствии внешнего финансирования при проведении исследования.

Информированное согласие на публикацию. Авторы получили письменное согласие пациентов на публикацию медицинских данных.

ADDITIONAL INFORMATION

Author contribution. Thereby, all authors made a substantial contribution to the conception of the study, acquisition, analysis, interpretation of data for the work, drafting and revising the article, final approval of the version to be published and agree to be accountable for all aspects of the study.

Competing interests. The authors declare that they have no competing interests.

Funding source. This study was not supported by any external sources of funding.

Consent for publication. Written consent was obtained from the patient for publication of relevant medical information within the manuscript.

ЛИТЕРАТУРА

1. Абросимова Л.И., Архангельская И.А., Аулик И.В. и др. Детская спортивная медицина. М.: Медицина; 1991.
2. Алексеев В.В., Алипов А.Н., Андреев В.А. и др. Медицинские лабораторные технологии. Том 2. М.: ГЭОТАР-Медиа; 2013.
3. Василенко В.С., Мамиев Н.Д., Семенова Ю.Б., Карповская Е.Б. Использование криотерапии для повышения стрессоустойчивости спортсменок в групповых видах гимнастики. Педиатр. 2021; 12(2): 43–52. DOI: 10.17816/PED12243-52.
4. Василенко В.С., Семенова Ю.Б. Патогенетические механизмы развития стрессорной кардиомиопатии у высококвалифицированных спортсменов. Педиатр. 2013; 4(2): 57–61. DOI: 10.17816/PED4257-61.
5. Мамиев Н.Д., Василенко В.С., Семенова Ю.Б. Распространенность и структура нарушения ритма сердца у спортсменов в циклических видах спорта. Медицина: теория и практика. 2023; 8(1): 35–40. DOI: 10.56871/MTP.2023.59.63.004.
6. Потапова Е.А., Земляной Д.А., Антонов А.А. и др. Влияние самоизоляции на режим дня и тренировок спортсменов подростков. Медицина и организация здравоохранения. 2020; 5(4): 34–43.
7. Abaïdia A., Dupont G. Recovery strategies for football players. Swiss Sports & Exercise Medicine. 2018; 66(4): 28–36.

8. Banfi G., Lombardi G., Colombini A., Melegati G. Whole-body cryotherapy in athletes. Sports Med. 2010; 40(6): 509–17. DOI: 10.2165/11531940-000000000-00000.
9. Bell L., Ruddock A., Maden-Wilkinson T. et al. "Is It Overtraining or Just Work Ethic?": Coaches' Perceptions of Overtraining in High-Performance Strength Sports. Sports (Basel). 2021; 9(6): 85. DOI: 10.3390/sports9060085.
10. Bell L., Ruddock A., Maden-Wilkinson T., Rogerson D.J. Overreaching and overtraining in strength sports and resistance training: A scoping review. Sports Sci. 2020; 38(16): 1897–1912. DOI: 10.1080/02640414.2020.1763077.
11. Bettoni L., Bonomi F.G., Zani V. et al. Effects of 15 consecutive cryotherapy sessions on the clinical output of fibromyalgic patients. Clin. Rheumatol. 2013; 32: 1337–45. DOI: 10.1007/s10067-013-2280-9.
12. Biffi A., Maron B., Culasso F. et al. Patterns of ventricular tachyarrhythmias associated with training, deconditioning and retraining in elite athletes without cardiovascular abnormalities. Am. J. Cardiol. 2011; 107: 697–703. DOI: 10.1016/j.amjcard.2010.10.049.
13. Chang C., Putukian M., Aerni G. et al. Mental health issues and psychological factors in athletes: detection, management, effect on performance and prevention: American Medical Society for Sports Medicine Position Statement-Executive Summary. Br J Sports Med. 2020; 54(4): 216–20. DOI: 10.1136/bjsports-2019-101583.
14. Chena M., Rodríguez M.L., Bores A.J., Ramos-Campo D.J. Effects of a multifactorial injuries prevention program in young Spanish football players. J Sports Med Phys Fitness. 2019; 59(8): 1353–62. DOI: 10.23736/S0022-4707.19.09219-3.
15. Chung Y., Hsiao Y.-T., Huang W.C. Physiological and Psychological Effects of Treadmill Overtraining Implementation. Biology (Basel). 2021; 10(6): 515. DOI: 10.3390/biology10060515.
16. DeBlauw J.A., Crawford D.A., Kurtz B.K. et al. Evaluating the Clinical Utility of Daily Heart Rate Variability Assessment for Classifying Meaningful Change in Testosterone-to-Cortisol Ratio: A Preliminary Study. Int J Exerc Sci. 2021; 14(3): 260–73.
17. Flavio A. Cadegiani, Claudio E. Kater. Basal Hormones and Biochemical Markers as Predictors of Overtraining Syndrome in Male Athletes: The EROS-BASAL Study. Journal of Athletic Training. 2019; 54(8): 906–14. DOI: 10.4085/1062-6050-148-18.
18. Fonda B., Sarabon N. Effects of Intermittent Lower-Body Negative Pressure on Recovery After Exercise-Induced Muscle Damage. Int J Sports Physiol Perform. 2015; 10(5): 581–6. DOI: 10.1123/ijspp.2014-0311.
19. Furmanek M.P., Slomka K., Juras G. The effects of cryotherapy on proprioception system. Biomed. Res. Int. 2014; 2014: 696397. DOI: 10.1155/2014/696397.
20. Guimarães T.T., Terra R., Dutra P.M.L. Chronic effects of exhausting exercise and overtraining on the immune response: Th1 and Th2 profile. Motricidade. 2017; 13(3): 69–78. DOI: 10.6063/motricidade.10049.
21. Hausswirth C., Louis J., Bieuzen F. et al. Effects of whole-body cryotherapy vs. far-infrared vs. passive modalities on recovery from exercise-induced muscle damage in highly-trained runners. PLoS ONE. 2011; 6(12): e27749. DOI: 10.1371/journal.pone.0027749.
22. Hohenauer E., Taeymans J., Baeyens J-P. et al. The Effect of Post-Exercise Cryotherapy on Recovery Characteristics: A Systematic Review and Meta-Analysis. Plos One. 2015; 10(9): e0139028. DOI: 10.1371/journal.pone.0139028.
23. Hui-hui D., Bing-hong G., Huan Z., Sheng-tao Y. The effects of lower limb intermittent negative pressure therapy on the skin microcirculation perfusion of quadriceps in male rowers. CJAP. 2019; 35(2): 126–9. DOI: 10.12047/j.cjap.5727.2019.028.
24. Joro R., Uusitalo A., DeRuisseau K.C., Atalay M. Changes in cytokines, leptin, and IGF-1 levels in overtrained athletes during a prolonged recovery phase: A case-control study. J Sports Sci. 2017; 35(23): 2342–9. DOI: 10.1080/02640414.2016.1266379.
25. Kim H-G., Cheon E-J., Bai D-S. et al. Stress and heart rate variability: A meta-analysis and review of the literature. Psychiatry Investig. 2018; 15(3): 235–45. DOI: 10.30773/pi.2017.08.17.
26. Laza V. Cryotherapy in athletes. Health, Sports & Rehabilitation Medicine. 2019; 20(2): 85–91. DOI: 10.26659/pm3.2019.20.2.85.
27. Lee E.C., Fragala M.S., Kavouras S.A. et al. Biomarkers in sports and exercise: tracking health, performance, and recovery in athletes. J Strength Cond Res. 2017; 31(10): 2920–37. DOI: 10.1519/JSC.0000000000002122.
28. Lombardi G., Ziemann E., Banfi G. Whole-Body Cryotherapy in Athletes: From Therapy to Stimulation. An Updated Review of the Literature. Front Physiol. 2017; 8: 258. DOI: 10.3389/fphys.2017.00258.
29. Maior A.S., Tannure M., Eiras F., de Sá Ferreira A. Effects of intermittent negative pressure and active recovery therapies in the post-match period in elite soccer players: A randomized, parallel arm, comparative study. Biomedical Human Kinetics. 2020; 12: 59–68, DOI: 10.2478/bhk-2020-0008.
30. Mangine G.T., Van Dusseldorp T.A., Feito Y., et al. Testosterone and Cortisol Responses to Five High-Intensity Functional Training Competition Workouts in Recreationally Active Adults. Sports (Basel). 2018; 6(3): 62. DOI: 10.3390/sports6030062.
31. Medina-Leyte D.J., Zepeda-García O., Domínguez-Pérez M. et al. Endothelial Dysfunction, Inflammation and Coronary Artery Disease: Potential Biomarkers and Promising Therapeutical Approach-

es. Int J Mol Sci. 2021; 22(8): 3850. DOI: 10.3390/ijms22083850.
32. Mila-Kierzenkowska C., Jurecka A., Woźniak A. et al. The effect of submaximal exercise preceded by single whole-body cryotherapy on the markers of oxidative stress and inflammation in blood of volleyball players. Oxid Med Cell Longev. 2013; 2013: 409567. DOI: 10.1155/2013/409567.
33. Nasi M., Bianchini E., Lo Tartaro D. et al. Effects of whole-body cryotherapy on the innate and adaptive immune response in cyclists and runners. Immunol Res. 2020; 68(6): 422–35. DOI: 10.1007/s12026-020-09165-1.
34. Novak J., Zorzi A., Castelletti S. et al. Electrocardiographic differentiation of idiopathic right ventricular outflow tract ectopy from early arrhythmogenic right ventricular cardiomyopathy. Europace. 2017; 19: 622–8. DOI: 10.1093/europace/euw018.
35. Osadchaya O.I., Futorny S.M., Shmatova E.A. Features of changes in the cytokine status in athletes depending on the level of physical activity. Sports Medicine. 2016; 1: 57–63 (in Russian).
36. Partridge E.M., Cooke J., McKune A., Pyne D.B. Whole-Body Cryotherapy: Potential to Enhance Athlete Preparation for Competition? Front Physiol. 2019; 10: 1007. DOI: 10.3389/fphys.2019.01007.
37. Rakhmanov R.S., Bogomolova E.S., Khayrov R.Sh. Estimation of the diet and metabolic status of hokkey players with different body mass. Voprosy pitaniia [Problems of Nutrition]. 2019; 88(4): 57–65. DOI: 10.24411/0042-8833-2019-10042. (in Russian).
38. Rose C., Edwards K.M., Siegler J. et al. Whole-body Cryotherapy as a Recovery Technique after Exercise: A Review of the Literature. Int J Sports Med. 2017; 38(14): 1049–60. DOI: 10.1055/s-0043-114861.
39. Russell J.M., Birch M.J., Love P.T. et al. The effects of a single whole-body cryotherapy exposure on physiological, performance, and perceptual responses of professional academy soccer players after repeated sprint exercise. J. Strength Cond. Res. 2017; 31: 415–21. DOI: 10.1519/JSC.0000000000001505.
40. Скопичев В.Г., Жичкина Л.В. Физиологические основы детоксикации. СПб.; 2012: 460.
41. Sutkowy P., Augustynska B., Wozniak A., Rakowski A. Physical exercise combined with whole-body cryotherapy in evaluating the level of lipid peroxidation products and other oxidant stress indicators in kayakers. Oxid. Med. Cell. Longev. 2014; 2014: 402631. DOI: 10.1155/2014/402631.
42. van Rensburg A.J., Janse van Rensburg D.C., van Buuren H.E. et al. The use of negative pressure wave treatment in athlete recovery. South African Sports Medicine Association. 2017; 29: 1–7. DOI: 10.17159/2078-516X/2017/v29i0a1544.
43. Varghese D.S., Ali B.R. Pathological Crosstalk Between Oxidized LDL and ER Stress in Human Diseases: A Comprehensive Review. Front Cell Dev Biol. 2021; 9: 674103. DOI: 10.3389/fcell.2021.674103.
44. Vasilenko V.S., Mamiev N.D. Prevention of cardiovascular system adaptation failure in athletes with the method of abdominal decompression. Sechenov medical journal. 2017; 3(29): 25–31.
45. Vasilenko V.S., Mamiev N.D. Semenova Y.B. Prevention of cardiovascular system adaptation failure in athletes with the method of cryotherapy. Pediatrician. 2018; 9(6): 83–92. DOI: 10.17816/PED9683-92.
46. Wehrens X.H., Chiang D.Y., Li N. Chronic exercise: a contributing factor to atrial fibrillation? J. Am. Coll. Cardiol. 2013; 62(1): 78–80. DOI: 10.1016/j.jacc.2013.02.070.
47. Zembron-Lacny A., Morawin B., Wawrzyniak-Gramacka E. et al. Multiple Cryotherapy Attenuates Oxi-Inflammatory Response Following Skeletal Muscle Injury. Int J Environ Res Public Health. 2020; 17(21): 7855. DOI: 10.3390/ijerph17217855.
48. Ziemann E., Olek R.A., Kujach S. et al. Five-day whole-body cryostimulation, blood inflammatory markers, and performance in high-ranking professional tennis players. J. Athl. Train. 2012; 47: 664–72. DOI: 10.4085/1062-6050-47.6.13.
49. Zingg J.M., Vlad A., Ricciarelli R. Oxidized LDLs as Signaling Molecules. Antioxidants (Basel). 2021; 10(8): 1184. DOI: 10.3390/antiox10081184.

REFERENCES

1. Abrosimova L.I., Arhangel'skaya I.A., Aulik I.V. i dr. Detskaya sportivnaya medicina. [Children's sports medicine]. Moskva: Medicina Publ.; 1991. (in Russian).
2. Alekseev V.V., Alipov A.N., Andreev V.A. i dr. Medicinskie laboratornye tekhnologii. [Medical laboratory technologies]. Tom 2. Moskva: GEOTAR-Media Publ.; 2013. (in Russian).
3. Vasilenko V.S., Mamiev N.D., Semenova Ju.B., Karpovskaja E.B. Ispol'zovanie krioterapii dlja povyshenija stressoustojchivosti sportsmenok v gruppovyh vidah gimnastiki. [The use of cryotherapy to increase the stress resistance of female athletes in group gymnastics]. Pediatr. 2021; 12(2): 43–52. DOI: 10.17816/PED12243-52. (in Russian).
4. Vasilenko V.S., Semenova Yu.B. Patogeneticheskie mekhanizmy razvitiya stressornoj kardiomiopatii u vysokokvalificirovannyh sportsmenov. [Pathogenetic mechanisms of stress cardiomyopathy development in highly qualified athletes]. Pediatr. 2013; 4(2): 57–61. DOI: 10.17816/PED4257-61. (in Russian).
5. Mamiev N.D., Vasilenko V.S., Semenova Ju.B. Rasprostranennost' i struktura narushenija ritma serdca u sportsmenov v ciklicheskih vidah sporta. Medicina: teorija i praktika. 2023; 8(1): 35–40. DOI: 10.56871/MTP.2023.59.63.004. (in Russian).
6. Potapova E.A., Zemlyanoj D.A., Antonov A.A. i dr. Vliyanie samoizolyacii na rezhim dnya i trenirovok sports-

menov podrostkov. [The influence of self-isolation on the daily routine and training of adolescent athletes]. Medicina i organizaciya zdravoohraneniya. 2020; 5(4): 34–43. (in Russian).
7. Abaïdia A., Dupont G. Recovery strategies for football players. Swiss Sports & Exercise Medicine. 2018; 66(4): 28–36.
8. Banfi G., Lombardi G., Colombini A., Melegati G. Whole-body cryotherapy in athletes. Sports Med. 2010; 40(6): 509–17. DOI: 10.2165/11531940-000000000-00000.
9. Bell L., Ruddock A., Maden-Wilkinson T. et al. "Is It Overtraining or Just Work Ethic?": Coaches' Perceptions of Overtraining in High-Performance Strength Sports. Sports (Basel). 2021; 9(6): 85. DOI: 10.3390/sports9060085.
10. Bell L., Ruddock A., Maden-Wilkinson T., Rogerson D.J. Overreaching and overtraining in strength sports and resistance training: A scoping review. Sports Sci. 2020; 38(16): 1897–1912. DOI: 10.1080/02640414.2020.1763077.
11. Bettoni L., Bonomi F.G., Zani V. et al. Effects of 15 consecutive cryotherapy sessions on the clinical output of fibromyalgic patients. Clin. Rheumatol. 2013; 32: 1337–45. DOI: 10.1007/s10067-013-2280-9.
12. Biffi A., Maron B., Culasso F. et al. Patterns of ventricular tachyarrhythmias associated with training, deconditioning and retraining in elite athletes without cardiovascular abnormalities. Am. J. Cardiol. 2011; 107: 697–703. DOI: 10.1016/j.amjcard.2010.10.049.
13. Chang C., Putukian M., Aerni G. et al. Mental health issues and psychological factors in athletes: detection, management, effect on performance and prevention: American Medical Society for Sports Medicine Position Statement-Executive Summary. Br J Sports Med. 2020; 54(4): 216–20. DOI: 10.1136/bjsports-2019-101583.
14. Chena M., Rodríguez M.L., Bores A.J., Ramos-Campo D.J. Effects of a multifactorial injuries prevention program in young Spanish football players. J Sports Med Phys Fitness. 2019; 59(8): 1353–62. DOI: 10.23736/S0022-4707.19.09219-3.
15. Chung Y., Hsiao Y.-T., Huang W.C. Physiological and Psychological Effects of Treadmill Overtraining Implementation. Biology (Basel). 2021; 10(6): 515. DOI: 10.3390/biology10060515.
16. DeBlauw J.A., Crawford D.A., Kurtz B.K. et al. Evaluating the Clinical Utility of Daily Heart Rate Variability Assessment for Classifying Meaningful Change in Testosterone-to-Cortisol Ratio: A Preliminary Study. Int J Exerc Sci. 2021; 14(3): 260–73.
17. Flavio A. Cadegiani, Claudio E. Kater. Basal Hormones and Biochemical Markers as Predictors of Overtraining Syndrome in Male Athletes: The EROS-BASAL Study. Journal of Athletic Training. 2019; 54(8): 906–14. DOI: 10.4085/1062-6050-148-18.
18. Fonda B., Sarabon N. Effects of Intermittent Lower-Body Negative Pressure on Recovery After Exercise-Induced Muscle Damage. Int J Sports Physiol Perform. 2015; 10(5): 581–6. DOI: 10.1123/ijspp.2014-0311.
19. Furmanek M.P., Slomka K., Juras G. The effects of cryotherapy on proprioception system. Biomed. Res. Int. 2014; 2014: 696397. DOI: 10.1155/2014/696397.
20. Guimarães T.T., Terra R., Dutra P.M.L. Chronic effects of exhausting exercise and overtraining on the immune response: Th1 and Th2 profile. Motricidade. 2017; 13(3): 69–78. DOI: 10.6063/motricidade.10049.
21. Hausswirth C., Louis J., Bieuzen F. et al. Effects of whole-body cryotherapy vs. far-infrared vs. passive modalities on recovery from exercise-induced muscle damage in highly-trained runners. PLoS ONE. 2011; 6(12): e27749. DOI: 10.1371/journal.pone.0027749.
22. Hohenauer E., Taeymans J., Baeyens J-P. et al. The Effect of Post-Exercise Cryotherapy on Recovery Characteristics: A Systematic Review and Meta-Analysis. Plos One. 2015; 10(9): e0139028. DOI: 10.1371/journal.pone.0139028.
23. Hui-hui D., Bing-hong G., Huan Z., Sheng-tao Y. The effects of lower limb intermittent negative pressure therapy on the skin microcirculation perfusion of quadriceps in male rowers. CJAP. 2019; 35(2): 126–9. DOI: 10.12047/j.cjap.5727.2019.028.
24. Joro R., Uusitalo A., DeRuisseau K.C., Atalay M. Changes in cytokines, leptin, and IGF-1 levels in overtrained athletes during a prolonged recovery phase: A case-control study. J Sports Sci. 2017; 35(23): 2342–9. DOI: 10.1080/02640414.2016.1266379.
25. Kim H-G., Cheon E-J., Bai D-S. et al. Stress and heart rate variability: A meta-analysis and review of the literature. Psychiatry Investig. 2018; 15(3): 235–45. DOI: 10.30773/pi.2017.08.17.
26. Laza V. Cryotherapy in athletes. Health, Sports & Rehabilitation Medicine. 2019; 20(2): 85–91. DOI: 10.26659/pm3.2019.20.2.85.
27. Lee E.C., Fragala M.S., Kavouras S.A. et al. Biomarkers in sports and exercise: tracking health, performance, and recovery in athletes. J Strength Cond Res. 2017; 31(10): 2920–37. DOI: 10.1519/JSC.0000000000002122.
28. Lombardi G., Ziemann E., Banfi G. Whole-Body Cryotherapy in Athletes: From Therapy to Stimulation. An Updated Review of the Literature. Front Physiol. 2017; 8: 258. DOI: 10.3389/fphys.2017.00258.
29. Maior A.S., Tannure M., Eiras F., de Sá Ferreira A. Effects of intermittent negative pressure and active recovery therapies in the post-match period in elite soccer players: A randomized, parallel arm, comparative study. Biomedical Human Kinetics. 2020; 12: 59–68, DOI: 10.2478/bhk-2020-0008.
30. Mangine G.T., Van Dusseldorp T.A., Feito Y., et al. Testosterone and Cortisol Responses to Five High-Intensity Functional Training Competition Workouts in

Recreationally Active Adults. Sports (Basel). 2018; 6(3): 62. DOI: 10.3390/sports6030062.
31. Medina-Leyte D.J., Zepeda-García O., Domínguez-Pérez M. et al. Endothelial Dysfunction, Inflammation and Coronary Artery Disease: Potential Biomarkers and Promising Therapeutical Approaches. Int J Mol Sci. 2021; 22(8): 3850. DOI: 10.3390/ijms22083850.
32. Mila-Kierzenkowska C., Jurecka A., Woźniak A. et al. The effect of submaximal exercise preceded by single whole-body cryotherapy on the markers of oxidative stress and inflammation in blood of volleyball players. Oxid Med Cell Longev. 2013; 2013: 409567. DOI: 10.1155/2013/409567.
33. Nasi M., Bianchini E., Lo Tartaro D. et al. Effects of whole-body cryotherapy on the innate and adaptive immune response in cyclists and runners. Immunol Res. 2020; 68(6): 422–35. DOI: 10.1007/s12026-020-09165-1.
34. Novak J., Zorzi A., Castelletti S. et al. Electrocardiographic differentiation of idiopathic right ventricular outflow tract ectopy from early arrhythmogenic right ventricular cardiomyopathy. Europace. 2017; 19: 622–8. DOI: 10.1093/europace/euw018.
35. Osadchaya O.I., Futorny S.M., Shmatova E.A. Features of changes in the cytokine status in athletes depending on the level of physical activity. Sports Medicine. 2016; 1: 57–63 (in Russian).
36. Partridge E.M., Cooke J., McKune A., Pyne D.B. Whole-Body Cryotherapy: Potential to Enhance Athlete Preparation for Competition? Front Physiol. 2019; 10: 1007. DOI: 10.3389/fphys.2019.01007.
37. Rakhmanov R.S., Bogomolova E.S., Khayrov R.Sh. Estimation of the diet and metabolic status of hokkey players with different body mass. Voprosy pitaniia [Problems of Nutrition]. 2019; 88(4): 57–65. DOI: 10.24411/0042-8833-2019-10042. (in Russian).
38. Rose C., Edwards K.M., Siegler J. et al. Whole-body Cryotherapy as a Recovery Technique after Exercise: A Review of the Literature. Int J Sports Med. 2017; 38(14): 1049–60. DOI: 10.1055/s-0043-114861.
39. Russell J.M., Birch M.J., Love P.T. et al. The effects of a single whole-body cryotherapy exposure on physiological, performance, and perceptual responses of professional academy soccer players after repeated sprint exercise. J. Strength Cond. Res. 2017; 31: 415–21. DOI: 10.1519/JSC.0000000000001505.
40. Skopichev V.G., Zhichkina L.V. Fiziologicheskiye osnovy detoksikatsii. [Physiological basis of detoxification]. Sankt-Peterburg; 2012: 460. (in Russian).
41. Sutkowy P., Augustynska B., Wozniak A., Rakowski A. Physical exercise combined with whole-body cryotherapy in evaluating the level of lipid peroxidation products and other oxidant stress indicators in kayakers. Oxid. Med. Cell. Longev. 2014; 2014: 402631. DOI: 10.1155/2014/402631.
42. van Rensburg A.J., Janse van Rensburg D.C., van Buuren H.E. et al. The use of negative pressure wave treatment in athlete recovery. South African Sports Medicine Association. 2017; 29: 1–7. DOI: 10.17159/2078-516X/2017/v29i0a1544.
43. Varghese D.S., Ali B.R. Pathological Crosstalk Between Oxidized LDL and ER Stress in Human Diseases: A Comprehensive Review. Front Cell Dev Biol. 2021; 9: 674103. DOI: 10.3389/fcell.2021.674103.
44. Vasilenko V.S., Mamiev N.D. Prevention of cardiovascular system adaptation failure in athletes with the method of abdominal decompression. Sechenov medical journal. 2017; 3(29): 25–31.
45. Vasilenko V.S., Mamiev N.D. Semenova Y.B. Prevention of cardiovascular system adaptation failure in athletes with the method of cryotherapy. Pediatrician. 2018; 9(6): 83–92. DOI: 10.17816/PED9683-92.
46. Wehrens X.H., Chiang D.Y., Li N. Chronic exercise: a contributing factor to atrial fibrillation? J. Am. Coll. Cardiol. 2013; 62(1): 78–80. DOI: 10.1016/j.jacc.2013.02.070.
47. Zembron-Lacny A., Morawin B., Wawrzyniak-Gramacka E. et al. Multiple Cryotherapy Attenuates Oxi-Inflammatory Response Following Skeletal Muscle Injury. Int J Environ Res Public Health. 2020; 17(21): 7855. DOI: 10.3390/ijerph17217855.
48. Ziemann E., Olek R.A., Kujach S. et al. Five-day whole-body cryostimulation, blood inflammatory markers, and performance in high-ranking professional tennis players. J. Athl. Train. 2012; 47: 664–72. DOI: 10.4085/1062-6050-47.6.13.
49. Zingg J.M., Vlad A., Ricciarelli R. Oxidized LDLs as Signaling Molecules. Antioxidants (Basel). 2021; 10(8): 1184. DOI: 10.3390/antiox10081184.