НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

ЛЕЧЕБНАЯ ФИЗКУЛЬТУРА И СПОРТИВНАЯ МЕДИЦИНА

№2 (176)
2025

ISSN 2072-4136

• фитнес • массаж • лечебная физкультура • эрготерапия • спортивная медицина • реабилитация • профилактика

16+

Сенсорные комнаты


Сенсорная комната «Сноузелен»


Сенсорная комната «White»


Сенсорная комната «White»


Сенсорная тележка

Сенсорная комната - это особым образом организованная окружающая среда, наполненная различного рода стимуляторами, цель которых заключается в воздействии на органы чувств человека. Сенсорная комната может использоваться не только с целью оказания успокаивающего и расслабляющего действия, но и для достижения тонизирующего и стимулирующего эффекта. Секрет заключается в сочетании разных стимулов. К ним относятся: свет и цвет, звуки (музыка), запахи, а также тактильные ощущения. Наборы стимулов можно объединить в группы в зависимости от рецептора, на который они воздействуют.

Чем полезна сенсорная комната: достижение состояния релаксации и отдыха, психологической разгрузки; пробуждение интереса к познавательной деятельности; восстановление и развитие утраченных функций организма (мелкая моторика); социальная реабилитация и адаптация. Сенсорная комната прекрасно подойдет для установки в детских центрах, центрах направленных на реабилитацию инвалидов (детей и взрослых), учреждениях, направленных на реабилитацию людей, перенёсших психологические травмы и сильные эмоциональные потрясения.

Любую сенсорную комнату можно скомплектовать по вашим запросам. Научно-производственная компания «Аконит-М» уже много лет является одним из ведущих поставщиков оборудования для сенсорных комнат.

Multi Noble Rex-E

Аппаратный многофункциональный комплекс-капсула
для оздоровления, омоложения, коррекции фигуры,

«ЛЕЧЕБНАЯ ФИЗКУЛЬТУРА И СПОРТИВНАЯ МЕДИЦИНА»

НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

Включен ВАК в Перечень ведущих научных изданий

Учредитель и издатель –
ОБЩЕРОССИЙСКИЙ ОБЩЕСТВЕННЫЙ ФОНД «СОЦИАЛЬНОЕ РАЗВИТИЕ РОССИИ»

РОССИЙСКИЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР МЕДИЦИНСКОЙ РЕАБИЛИТАЦИИ И КУРОРТОЛОГИИ

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ МЕДИКО-СОЦИАЛЬНОЙ РЕАБИЛИТАЦИИ

РОССИЙСКАЯ АССОЦИАЦИЯ ПО СПОРТИВНОЙ МЕДИЦИНЕ И РЕАБИЛИТАЦИИ БОЛЬНЫХ И ИНВАЛИДОВ

МОСКОВСКИЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЙ ЦЕНТР МЕДИЦИНСКОЙ РЕАБИЛИТАЦИИ, ВОССТАНОВИТЕЛЬНОЙ И СПОРТИВНОЙ МЕДИЦИНЫ

МОСКВА
2025

СПОРТИВНАЯ МЕДИЦИНА

SPORTS MEDICINE

ГЕНДЕРНЫЕ РАЗЛИЧИЯ В СПОРТИВНОЙ ВЫНОСЛИВОСТИ

УДК 796.015.68:316.66:796

Т.А. Елизарова, А.П. Анищенко, Н.Е. Духовская, И.Г. Островская, А.В. Епифанов

ФГБОУ ВО «Российский университет медицины» Минздрава России, Москва, Россия

РЕЗЮМЕ

За фиксированные временные промежутки после забега, были зафиксированы изменения в физиологических показателях обоих полов, что подчеркивает многокомпонентную реакцию организма на физическое упражнение. У мужчин выявлено отсутствие значительных изменений в артериальном давлении, в то время как пульс и характеристики слюны испытали существенные модификации, указывающие на изменения в метаболических и вегетативных процессах. Женщины показали сходный физиологический ответ, однако изменения в диастолическом давлении и корреляция пульса с результатами забега подчеркивают половые особенности адаптаций.

Ключевые слова: *забег на 3 километра, систолическое и диастолическое давление, слюна, α-амилаза, pH слюны, скорость слюноотделения.*

GENDER DIFFERENCES IN ATHLETIC ENDURANCE

Elizarova T.A., Anishchenko A.P., Dukhovskaya N.E., Ostrovskaya I.G., Epifanov A.V.

FSBEI HE «Russian University of Medicine» Ministry of Health of Russia, Moscow, Russia

SUMMARY

For fixed time intervals after the race, changes in the physiological indicators of both sexes were recorded, which emphasizes the body's multicomponent response to physical exercise. In men, there were no significant changes in blood pressure, while the pulse and saliva characteristics experienced significant modifications indicating changes in metabolic and autonomic processes. Women showed a similar physiological response, but changes in diastolic pressure and the correlation of pulse with race results emphasize the sex characteristics of adaptations.

Keywords: *3 km race, systolic and diastolic pressure, saliva, α-amylase, saliva pH, salivation rate.*

Различия в спортивной выносливости между мужчинами и женщинами раскрываются как через призму физиологии, так и общественных влияний [7]. Лабораторные исследования открыли, что у мужчин уровень абсолютной и относительной пиковой аэробной производительности выше на 30–63 % и 10–27 % соответственно, нежели у женщин [6]. Впрочем, это не утверждает однозначного превосходства одного пола над другим во всех аспектах выносливости [5].

В видах спорта, где важны выносливость, сила мышц, скорость и мощность, мужчины зачастую опережают женщин на 10–30 %, что зависит от специфики спортивного состязания.

Различия такие начинаются с наступлением полового созревания, когда у мужчин заметно вырастают уровни эндогенных половых стероидов, в особенности тестостерона, который к зрелости увеличивается в 30 раз, оставаясь при этом низким у женщин [3].

Научные наблюдения показывают, что женщины могут дольше выдерживать нагрузки, демонстрируя большую стойкость к усталости при равномерных усилиях. Это частично объясняется

биологическими факторами: превосходной концентрацией мышечных волокон типа I, стойких к утомлению и более продуктивных в окислительном метаболизме. К тому же женщины обладают более выраженной долей подкожного жира, служащего энергетическим запасом, помогающим поддерживать терморегуляцию при продолжительных нагрузках [1].

Социальные и культурные факторы также весомо влияют на формирование гендерных различий в спортивной выносливости [2]. Важны физиологические различия в восстановлении после физических усилий: женский организм может демонстрировать более быстрое восстановление после продолжительных нагрузок благодаря гормональным и метаболическим особенностям [4].

Следовательно, признавая и задействуя физиологические и социальные черты каждого пола, возможен более инклюзивный и действенный подход к тренировкам и соревнованиям.

Цель исследования: выявить гендерные различия в спортивной выносливости по физиологическим показателям и активности α-амилазы в слюне.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Критериями участия в исследовании стали: состязания в соревнованиях, предоставление письменного согласия, половая принадлежность (мужчины и женщины), возраст в диапазоне от 17 до 20 лет и отсутствие сердечно-сосудистых и хронических заболеваний, а также диабета. В выборку вошли 97 спортсменов, из которых 59 женщин и 37 мужчин, относящихся к спортивной категории I–III юношеского разряда, средний возраст 18,8 года (±1,1). Все спортсмены участвовали в забеге на 3 км на время; средний результат составил 11,9 мин., а средняя скорость равнялась 4,2 м/с и 15,1 км/ч.

В исследовании измеряли показатели пульса (удары в минуту), артериальное давление (как систолическое [АДс], так и диастолическое [АДд] в мм рт. ст.) и содержимое слюны в двух временных точках: до начала забега и спустя полчаса после его завершения. Нестимулированная смешанная слюна собиралась в течение 5 минут в пластиковые пробирки и транспортировалась в лабораторию в охлаждённом контейнере. До помещения в холодильник, поддерживающий температуру -27 °C, образцы подвергались центрифугированию при 3000 об/мин в течение 15 минут, после чего измеряли pH слюны с использованием цифрового pH-метра «Hanna» и количество слюны (Vsal, мл/мин). Перед началом анализа образцы медленно размораживали при комнатной температуре, чтобы измерить активность α-амилазы (МЕ/л) с помощью анализатора BioChem SA (США). Статистическая обработка данных производилась с использованием программы Statistica версии10.0. Метрические данные представлены в виде средних значений и стандартных отклонений (SD), а для оценки значительных различий применялись непараметрические критерии Вилкоксона и Манна – Уитни. Был проведен корреляционный анализ по Спирмену (R&) между полученными параметрами. Достоверность полученных цифровых результатов подтверждалась при $p < 0,05$.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Данные по результатам забега на 3 километра у мужчин и женщин представлены в таблицах 1 и 2.

Мужчины-спортсмены после забега на 3 км показали средний результат 11,4 ± 0,21 минуты, который варьировал от 9,35 до 13,5 минуты. После забега у мужчин не выявлено достоверного ($p > 0,05$) повышения систолического и диастолического АД (табл. 1). Однако имелись достоверные ($p < 0,001$) значения увеличения пульса в 1,2 раза. Показатели слюны у мужчин после забега также существенно изменялись. Так, активность α-амилазы, pH и скорость слюноотделения достоверно ($p < 0,001$; $p < 0,05$) возрастали. Корреляционный анализ выявил прямую достоверную взаимосвязь у мужчин-спортсменов между параметрами АДс и АДд до ($R = 0,65$; $p = 0,01$) и после забега ($R = 0,48$; $p = 0,05$) и отрицательную между активностью амилазы слюны и диастолическим АД после забега ($R = -0,38$; $p = 0,01$).

Женщины после забега на трехкилометровой дистанции показали средний результат 11,5 ± 0,07 минуты, который в группе варьировал от 10,2 минуты до 13,5 минуты (табл. 2). После завершения пробега у женщин нет достоверного изменения систолического АД ($p > 0,5$), но изменения в

Таблица 1

Параметры у мужчин-спортсменов до и после забега

Параметры	Mean	Minimum	Maximum	Standard	p*
Возраст (лет)	19	17	22	0,20	
АДс до забега (мм рт. ст.)	126	90	165	2,77	0,49
АДс после забега (мм рт. ст.)	131	90	161	2,83	
АДд до забега (мм рт. ст.)	87,0	60	113	1,86	0,60
АДд после забега (мм рт. ст.)	83,4	60	115	2,34	
Пульс до забега (уд./мин)	91,5	53	171	4,32	**0,002**
Пульс после забега (уд./мин)	111	80	172	3,63	
Амилаза слюны до забега (МЕ/л)	1814	880	8585	308	**0,05**
Амилаза слюны после забега (МЕ/л)	2752	915	7945	371	
pH слюны до забега	7,03	6,25	7,53	0,05	**0,001**
pH слюны после забега	7,71	7,04	8,27	0,05	
Vsal до забега (мл/мин)	0,52	0,10	1,60	0,04	**0,001**
Vsal после забега (мл/мин)	0,33	0,10	0,70	0,03	
Результат забега (мин)	11,4	9,35	13,5	0,21	

*Достоверность различий рассчитана по критерию Вилкоксона

Таблица 2

Параметры у женщин-спортсменок до и после забега

Параметры	Mean	Minimum	Maximum	Standard	p*
Возраст (лет)	18,7	17	24	0,14	
АДс до забега (мм рт. ст.)	124	90	159	1,66	0,48
АДс после забега (мм рт. ст.)	126	85	160	2,18	
АДд до забега (мм рт. ст.)	83,5	40	111	1,71	0,001
АДд после забега (мм рт. ст.)	80,9	66	107	1,51	
Пульс до забега (уд./мин)	90,9	60	143	2,32	0,002
Пульс после забега (уд./мин)	115	70	286	4,0	
Амилаза слюны до забега (МЕ/л)	1596	910	9825	222	0,05
Амилаза слюны после забега (МЕ/л)	2294	915	6630	277	
pH слюны до забега	7,08	6,14	7,62	0,05	0,001
pH слюны после забега	7,82	7,0	8,27	0,04	
Vsal до забега (мл/мин)	0,60	0,20	1,60	0,04	0,001
Vsal после забега (мл/мин)	0,36	0,10	0,8	0,02	
Результат забега (мин)	11,5	10,2	13,5	0,07	

*Достоверность различий рассчитана по критерию Вилкоксона

диастолическом АД и пульсе были значительными ($p < 0,001$). Аналогично мужчинам, у женщин в слюне также увеличивается активность α-амилазы, pH и скорость слюноотделения ($p < 0,001$; $p < 0,05$). Корреляционный анализ показал прямую достоверную взаимосвязь у женщин-спортсменок между параметрами АДс и АДд до ($R = 0,59$; $p = 0,05$) и после забега ($R = 0,49$; $p = 0,05$), пульсом и результатом пробега ($R = 0,26$; $p = 0,01$) и отрицательную между pH слюны и скоростью слюноотделения ($R = -0,26$; $p = 0,05$).

Данное исследование не выявило наличие достоверных гендерных различий в исследуемых параметрах между мужчинами и женщинами в ответ на физическое напряжение в виде 3-километрового забега. При этом средние показатели времени забега между мужчинами и женщинами сходны, но их сердечно-сосудистая реакция и изменение слюны показывают некоторые расхождения.

У мужчин наблюдается значительное учащение пульса, в то время как показатели систолического и диастолического артериального давления остаются статистически неизменными, возможно, из-за адаптационных механизмов, позволяющих мужскому организму более эффективно справляться с нагрузкой, минимизируя увеличение давления. В противовес этому, у женщин диастолическое давление и пульс после пробежки значительно возросли, что говорит о более выраженном влиянии нагрузки на женскую сердечно-сосудистую систему и увеличении кардиореспираторного стресса. Это может быть объяснено гормональными различиями и уровнем физической подготовки.

Изменения в слюне, такие как усиление активности α-амилазы, свидетельствуют о возросшей активности симпатической нервной системы как ответе на физическую нагрузку. Увеличение pH и скорости слюноотделения предполагает утилизацию метаболических продуктов, накапливающихся во время бега. Корреляционный анализ предлагает ценное понимание физиологических изменений, происходящих в организмах спортсменов под влиянием физической нагрузки. Мужчины-спортсмены демонстрируют более высокую степень корреляции между систолическим и диастолическим давлением до начала забега, что может указывать на сложные адаптационные процессы сердечно-сосудистой системы. Активность амилазы слюны выступает в роли биомаркера, отражающего изменения метаболизма и самочувствия.

Среди женщин-спортсменок устойчивый уровень корреляции между артериальными показателями до и после забега указывает на схожие механизмы регулирования давления. Дополнительная корреляция между пульсом и результатом пробега свидетельствует о том, что частота сердечных сокращений может служить хорошим предиктором уровня физической подготовки и выносливости у женщин. Взаимосвязь между изменением pH слюны и сниженной скоростью слюноотделения может указывать на стресс, влияющий на работу слюнных желез и общее состояние спортсменок после нагрузки.

При этом стоит отметить, что у женщин пульс предоставляет ключевую информацию о физиологическом состоянии, а их адаптационные механизмы, возможно, менее связаны с изменением давления, больше отражая сердечную загруженность и метаболические изменения. Эти различия подчеркивают аспекты половой адаптации к физическим нагрузкам и открывают возможности для более тонкой настройки тренировочных программ. Отрицательная корреляция между pH слюны и скоростью слюноотделения у женщин вызывает интерес в контексте хронического стресса и его влияния на слюноотделение и метаболизм, что можно использовать для разработки стратегий поддержания здоровья спортсменок.

Таким образом, изучение этих зависимостей углубляет наше понимание интеграции систем организма и их реакций на нагрузки, что важно учитывать при разработке более эффективных тренировочных программ для мужчин и женщин, способствующих спортивным успехам и снижению риска травм.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Cheuvront S.N., Kenefick R.W. Personalized fluid and fuel intake for performance optimization in the heat, Journal of Science and Medicine in Sport,Volume 24, Issue 8, 2021, Pages 735–738.
2. Hallam L.C., Amorim F.T. Expanding the gap: An updated look into sex differences in running performance. Front Physiol. 2021;12:804149.
3. Hunter S.K., Angadi S., Bhargava A., Harper J., Hirschberg

A.L., Levine B., Moreau K., Nokoff N., Stachenfeld N.S, Bermon S. The Biological Basis of Sex Differences in Athletic Performance: Consensus Statement for the American College of Sports Medicine. Med Sci Sports Exerc. 2023; Dec 1;55(12):2328–2360.

4. Lanning A.C., Power G.A., Christie A.D., Dalton B.H. Influence of sex on performance fatigability of the plantar flexors following repeated maximal dynamic shortening contractions. Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism. 2017;42(10): 1118–1121.
5. Le Mat F, Géry M, Besson T, Ferdynus C, Bouscaren N, Millet GY. Running Endurance in Women Compared to Men: Retrospective Analysis of Matched Real-World Big Data. Sports Med. 2023 Apr;53(4):917–926.
6. Sandbakk Ø, Solli GS, Holmberg HC. Sex differences in world-record performance: The influence of sport discipline and competition duration. Int J Sports Physiol Perform. 2018;13(1):2–8.
7. Solli, G.S., Sandbakk, Ø. & McGawley, K. Sex Differences in Performance and Performance-Determining Factors in the Olympic Winter Endurance Sports. Sports Med. 2024; Open 10, 126.

РАЗРАБОТКА МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ РАСЧЕТА ИНДИВИДУАЛЬНОГО ГЕМАТОЛОГИЧЕСКОГО ОТВЕТА НА ВЫСОТНУЮ ГИПОКСИЮ У ВЫСОКОКВАЛИФИЦИРОВАННЫХ СПОРТСМЕНОВ

УДК 612.273.2:611

М.А. Виноградов[1], В.А. Бадтиева[1], И.Е. Зеленкова[2]

[1]Первый Московский государственный медицинский университет имени И.М. Сеченова (Сеченовский университет), Москва, Россия
[2]Автономная некоммерческая организация высшего образования «Международный Университет Восстановительной Медицины»

РЕЗЮМЕ

Цель: построение модели «доза – ответ», связывающей дозу гипоксии и массу общего гемоглобина.

Материалы и методы: в проспективном наблюдательном исследовании были проанализированы данные, полученные от семи высококвалифицированных конькобежцев (6 мужчин, возраст 24 ± 1,8 г.; одна женщина, возраст 21 г.), проходивших основной период подготовки, в который были включены две высотные тренировки (длительность 16 и 21 день на высоте 1224 и 1850 м над уровнем моря соответственно). До и после нахождения на высоте у субъектов оценивали общую массу гемоглобина, объем крови, уровень насыщенности крови кислородом (сатурация), рассчитывали дозу гипоксии по показателям «километрочасы» и «сатурация – часы» с индексами 98 и 95. После этого оценивалось соответствие аналитических данных, полученных в соответствии с разработанной моделью с фактическим гематологическим ответом на воздействие гипоксии.

Результаты: наиболее выраженное изменение общей массы гемоглобина (на 3,25 %, $p < 0,005$) выявили после высотной тренировки на высоте 1850 м над уровнем моря ($p < 0,005$). При расчете показателя «доза – ответ» наиболее точные результаты выявили при использовании дозы гипоксии, рассчитанной по показателю «сатурация – часты» с индексом 95. Разработанная математическая модель позволила составить прогноз динамики общей гемоглобиновой массы у спортсменов с минимальными отклонениями от фактических значений.

Выводы: разработанная в настоящем исследовании модель описывает динамику изменения общей гемоглобиновой массы во время воздействия высоты и поствысотных эффектов у высококвалифицированных конькобежцев и может использоваться для планирования высотных нагрузок у спортсменов.

Ключевые слова: *математическое моделирование, высотные тренировки, прирост общей гемоглобиновой массы, доза гипоксии; высококвалифицированные спортсмены.*

MATHEMATICAL MODEL OF INDIVIDUAL HEMATOLOGICAL RESPONSE TO ALTITUDE HYPOXIA IN ELITE ENDURANCE ATHLETES

M.A. Vinogradov[1], V.A. Badeieva[1], I.E. Zelenkova[2]

[1]First Moscow State Medical University named after I.M. Sechenov (Sechenov University), Moscow, Russia
[2]Autonomous nonprofit organization of higher education «International University of Restorative Medicine»

ABSTRACT

Aim of the study: To develop a "dose-response" model that correlates the dose of hypoxia with the total hemoglobin mass.

Materials and Methods: A prospective observational study analyzed data from seven highly qualified speed skaters (6 males, aged 24 ± 1,8 years; 1 female, aged 21 years) during their main preparation period, which

included two altitude training camps (lasting 16 and 21 days at altitudes of 1 224 and 1 850 meters above sea level, respectively). Before and after exposure to altitude, total hemoglobin mass, blood volume, and oxygen saturation levels were assessed. Hypoxic doses were calculated based on the parameters "kilometer-hours" and "saturation-hours" with indices of 98 and 95. The correlation between the analytical data obtained from the developed model and the actual hematological response to hypoxic exposure was then evaluated.

Results: The most significant increase in total hemoglobin mass (3,25%, p<0.005) was observed after the altitude training camp at 1 850 meters above sea level (p<0,005). The most accurate «dose-response» calculation was obtained using the hypoxic dose based on the «saturation-hours» parameter with an index of 95. The developed mathematical model allowed for the prediction of total hemoglobin mass dynamics in athletes with minimal deviation from actual values.

Conclusions: The model developed in this study describes the dynamics of total hemoglobin mass changes during altitude exposure and post-altitude effects in highly qualified speed skaters. It can be used to plan altitude training loads for athletes.

Keywords: *mathematical model, altitude training, total hemoglobin mass response, hypoxic quantification, elite endurance athletes.*

ВВЕДЕНИЕ

Среди высококвалифицированных спортсменов в видах спорта на выносливость высотная тренировка является хорошо зарекомендовавшим себя методом. Данный вид тренировок является основной частью тренировочных программ во многих аэробных видах спорта. По результатам многочисленных исследований была подтверждена связь высотных тренировок с улучшением спортивных результатов как на высоте, так и на уровне моря [1–12]. Существуют различные протоколы гипоксических тренировок с кратко- или долгосрочным воздействием гипоксии в сочетании с физическими нагрузками различной интенсивности. Вследствие таких тренировок происходит гематологическая адаптация, усиливается гликолиз, увеличиваются буферная емкость мышц, окислительная способность крови, селективная вазодилатация волокон и активность других физиологических процессов [7, 8, 13–17]. Гематологическая адаптация на гипоксию высоковариабельна и зависит как от внешних (тип [гипобарическая или нормобарическая], высота над уровнем моря, продолжительность), так и от внутренних факторов (наличие травм, заболеваний; отсутствие дефицита железа; индивидуальная изменчивость) [11, 18, 19].

Измерение общей массы гемоглобина (ОМГ) стало «золотым стандартом» измерения индивидуальной гематологической адаптации (реакции) на воздействие высоты [20, 21]. Типичная ошибка измерения показателя методом возвратного дыхания монооксидом углерода составляет 1–2 %, однако и изменения после воздействия гипоксии могут находиться в этих пределах [22]. В соответствии с данными ряда публикаций, для прироста ОМГ рекомендовано пребывание в условиях гипоксии по 12–14 ч/сут на высоте 2000–2500 м в течение минимум 3 недель [15, 23]. Использование подхода «живи высоко – тренируйся низко» позволило добиться значительного прироста ОМГ (на 3,0 %) на небольших естественных высотах (1800 м над уровнем моря) [24]. Однако Chapman et al. (2014) отметили неоптимальность тренировок чуть меньшей высоте (1760 м над уровнем моря) в отношении улучшения показателей на уровне моря [25].

Начало дискуссий о количественной оценке гипоксической нагрузки и расчетах дозы гипоксии положили Garvican et al. (2012), отметив, что прирост ОМГ составляет ~1 % на 100 ч гипоксии [26]. Позднее Garvican-Lewis et al. (2016) предложили первую формулу расчета дозы гипоксии (параметр «километрочасы»). Millet et al. (2016) отметили сомнительность данного показателя и предложили использовать для оценки дозы гипоксии показатель «сатурация – часы» [27]. Практическая оценка данных параметров была проведена [28], по ее результатам исследователи предложили модифицированную формулу показателя «сатурация – часы» с индексом 95 вместо 98.

Таким образом, гипоксия является внешним стрессовым фактором, приводит к запуску стрессовых реакций в организме, соответственно, этот процесс может быть количественно описан моделью «доза – реакция».

Впервые модель «доза – реакция» в спорте была предложена Calvert et al. (1975) [29]. Авторы предложили использовать передаточные функции для установления связи между входными (тренировочная нагрузка) и выходными (производительность) данными. Передаточные функции состоят из двух компонентов, являющихся фильтрами первого порядка: отрицательного и положительного. Тренировочная нагрузка была описана как тренировочный импульс [30–32], а результаты соревнований – как показатели эффективности в различных видах спорта (бег на длинные дистанции [33], плавание [34, 35], метание молота [36], поднятие тяжестей [37, 38].

Были предприняты попытки связать несколько физиологических переменных (например, концентрацию тестостерона, кортизола, глобулина, связывающего половые гормоны; соотношение тестостерон : кортизол, уровень гемоглобина, количество эритроцитов, статус железа в организме) с компонентами физической подготовки или усталости в реакции на дозу [37–39]. Совсем недавно исследователи начали использовать физиологические переменные в качестве результатов моделирования [40].

Целью данного исследования было построение математической модели «доза – реакция», связывающей дозу гипоксии и ОМГ.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Данное исследование проводилось в соответствии с Хельсинкской декларацией (2013 г.) и одобрено комитетом по этике человека Санкт-Петербургского государственного университета.

В исследовании скринировали 15 высококвалифицированных спортсменов (7 мужчин, рост 183 ± 2,8 см, масса тела 84,1 ± 1,5 кг, 23 ± 1,1 г.; 8 женщин, рост 169 ± 1,7 см, масса тела 61,5 ± 1,9 кг), специализирующихся на конькобежном спорте и проходивших основной период подготовки. В связи со строгими критериями отбора группа сократилась до семи человек: 6 мужчин (возраст 24 ± 1,8 г., рост 182 ± 0,3 см, масса тела 84 ± 1,5 кг, индекс массы тела [ИМТ] 23,2 ± 0,6 кг/м2, максимальное потребление кислорода [МПК] 59,3 ± 1,5 мл/кг*мин) и 1 женщины (возраст 23 года, рост 164 см, масса тела 54 кг, ИМТ 17,1 кг/м2, МПК 59,9 мл/кг*мин).

Данный период включал четыре тренировочных сбора (два на высоте, два на уровне моря), которые проводили в следующем порядке с чередованиями с днями дома: 16-дневный сбор № 1 (Курмайёр, Италия; 1224 м над уровнем моря), 9 дней дома, 14-дневный сбор № 1 (Херенвен, Нидерланды; 0 м над уровнем моря), 6 дней дома; 14-дневный сбор № 2 (Минск, Россия, 281 м над уровнем моря), 8 дней дома, 21-дневный сбор № 2 (Фон-Ромё, Франция, 1850 м над уровнем моря).

В ходе исследования у спортсменов регулярно контролировали уровень сывороточного железа. Во время пребывания на высоте все участники исследования ежедневно получали препараты железа (в дозе 100 мг в пересчете на элементарное железо) и витамин С в дозе 500 мг. Уровень насыщенности крови кислородом (сатурацию) у субъектов изменяли напальчниковым пульсоксиметром Choicemmed MD 300 C318 (Beijing Choice Electronic Tech Co., Ltd, Пекин, КНР) каждые 2 ч в течение каждого тренировочного дня, после пробуждения и перед сном, а также во время тренировок, за исключением отдельных силовых упражнений, при выполнении которых измерение сатурации было технически невозможным. У всех субъектов рассчитали дозу гипоксии по показателям «километро-часы» и «сатурация-часы» (с индексом 98 и 95) в соответствии с формулами Garvican-Lewis et al. (2016) [24], Millet et al. (2016) [27] и Зеленкова И.Е. и др. (2024) [28] соответственно.

Также у всех спортсменов оценивали ОМГ оптимизированным методом возвратного дыхания монооксидом углерода по Schmidt et al. (2005) [21] до начала тренировочного цикла, перед и после каждой высотной тренировки, а также утром в день отдыха в лабораторных условиях во избежание влияния тренировочной нагрузки на показатели гемоглобина и гематокрита. У спортсменов и спортсменок использовали монооксид углерода в дозе 1,0 и 0,8 мл/кг соответственно. Саму процедуру проводили в течение 2 мин с использованием стеклянного спирометра (Blood tec GbR, Байройт, Германия). Перед процедурой и спустя 6 и 8 мин после процедуры

у субъектов отбирали образцы капиллярной крови из кончика пальца (200 мкл в безопасные капиллярные трубки Clinitubes с гепарином натрия [Siemens Healthcare Diagnostics Inc., Дирфилд, Иллинойс, США]) для определения процентного содержания карбоксигемоглобина (HbCO) анализатором ABL80 FLEX, версия CO-OX (Radiometer, Копенгаген, Дания). Все измерения ОМГ проводил один исследователь, погрешность измерений была стандартной (2,0 %). В образцах крови, отобранных перед процедурой возвратного дыхания монооксидом углерода, также оценивали уровень гемоглобина и гематокрита с использованием анализатора крови Hemo Control (EKF Diagnostics, Франкфурт, Германия).

Для оценки взаимосвязи между ОМГ и дозой гипоксии была разработана модель со следующими допущениями: 1) существует индивидуальный базальный уровень; 2) формирование ОМГ происходит не моментально, а с задержкой в течение времени t; 3) существует теоретический максимальный предел прироста ОМГ. Учитывая эти допущения, в исследовании была разработана модель, в соответствии с которой ОМГ равна сумме исходного уровня гемоглобина и накопленной дозы гипоксии:

$$HM_{au}(t) = HM_{au_0} + g(t) \quad (1) \qquad (1)$$

ОМГt (au) – ОМГ в день t (условные единицы [arbitrary unit]); $ОМГ_0$ (au) – исходная общая гемоглобиновая масса (условные единицы); *g (t)* – положительное влияние гипоксии на общую гемоглобиновую массу в день t.

В свою очередь, положительное влияние гипоксии на ОМГ в день t рассчитывали по формуле:

$$g(t) = k \cdot Hymp(t-d) + g(t-i) \cdot e^{-\frac{i}{\tau}} \qquad (2)$$

g (t) – положительное влияние гипоксии на $ОМГ_t$; *k* – параметр, отражающий силу влияния гипоксии на общую гемоглобиновую массу, *k > 0; Hymp (t)* – доза гипоксии в день *t; d* – задержка реакции общей гемоглобиновой массы на воздействие гипоксии (сутки); *τ* – константа времени (дни), *τ > 0*.

В контексте моделей «доза – ответ» по типу Busso et al. (1994) [36] главной отличительной чертой разработанной модели, кроме использования принципа «доза – ответ», было использование параметра задержки прироста ОМГ в связи с отложенным влиянием гипоксии на гемопоэз. Впервые такой подход был предложен и описан Morton et al. (1990) [30–32].

Таким образом, для расчета ОМГ прироста показателя:

$$\hat{HM}(t) = L + a \cdot e^{-\frac{HM_{au}(t)}{b}} \quad (3) \qquad (3)$$

$ОМГ_t$ – ОМГ в день t (граммы); *L* – максимальный предел общей гемоглобиновой массы у субъекта (граммы); *a* – параметр отрицательной амплитуды; $ОМ_{Гt}$ (au) – ОМГ в день t (условные единицы); *a* – параметр отрицательной амплитуды; *b* – положительный параметр.

Параметр a рассчитывали по формуле:

$$a = (y_1 - L) \cdot e^{\frac{x_1}{b}} \qquad (4)$$

a – параметр отрицательной амплитуды, *L* – максимальный предел общей гемоглобиновой массы у субъекта (граммы); x1 – значение ОМГ в произвольной точке 1; b – это положительный параметр.

Параметр b, в свою очередь, соответствует формуле:

$$b = \frac{x_1 - x_2}{lnln\frac{y_2 - L}{y_1 - L}} \qquad (5)$$

b – положительный параметр; x_1 *и* x_2 – произвольные точки двух уровней общей гемоглобиновой массы $(y_1 \, и \, y_2)$.

Семь параметров (*τ, d, k, L, ОМГ0, a, b*) были получены в результате подгонки значений ОМГ в соответствии с моделью к ее фактическим значениям. Для того чтобы избежать переобученности модели (overfitting), был введен подход минимизации остаточной суммы квадратов (residual sum of squares, RSS) между значениями гемоглобина; при моделировании использовали модифицированный метод наименьших квадратов в соответствии с формулами:

$$RSS = \sum_{n=1}^{N} [\Delta HM^n]^2 \qquad (6)$$

$$\Delta HM = \{0 if (1-\delta) HM_{act} \leq HM \leq (1+\delta) HM_{act} HM - HM_{act} \qquad (7)$$

RSS – остаточная сумма квадратов (residual sum of square); *ОМГ* – общая масса гемоглобина; *n* принимает значения *N*, соответствующих датам измерений фактических значений массы общего гемоглобина (HMact); *δ* – ошибка измерения.

Данная формула была разработана с целью предотвращения чрезмерной близкой подгонки модели, позволяя моделированным значениями оставаться в пределах интервала ошибок измерения фактических значений.

Критериями включения в анализируемую популяцию были: наличие более трех тестирований на определение ОМГ, отсутствие болезней, травм и железодефицитных состояний в течение всего периода наблюдения (4 мес.).

Дополнительно в рамках апробации модели для одного из участников исследования (субъект 1) было проведено моделирование нескольких сценариев гипоксических тренировок. Первый блок сценариев был направлен на изучение различных высотных воздействий с одинаковой накопленной гипоксической дозой (1512 километрочасов), но с использованием различных высот и продолжительности тренировки. Во втором блоке сценариев оценили эффект непрерывного или периодического воздействия гипоксии (накопленная доза гипоксии также была одинаковой).

Статистический анализ проводился с использованием Prism 8 для Mac (GraphPad, США). Данные представлены в виде «среднее ± стандартное отклонение». Типичную ошибку измерения ОМГ рассчитали в 10 повторных измерениях с 24-часовым перерывом между тестами, разделив стандартное отклонение оценки разницы на корень из 2. Для проверки существенных различий в фактической и моделированной ОМГ использовали парный t-критерий Стьюдента. Различия между показателями считали статистически значимыми при $p < 0,05$.

РЕЗУЛЬТАТЫ

На протяжении всего исследования уровень сывороточного железа у спортсменов не опускался ниже 20 мкмоль/л, а уровень ферритина был выше 20 мкмоль/л. Полученные значения ОМГ приведены в Таб. 1.

Таблица 1

Абсолютные значения общей массы гемоглобина (в граммах) у высококвалифицированных спортсменов на фоне высотных тренировок

Tab. 1

Absolute values of total hemoglobin mass (g) in elite endurance athletes during altitude training

Субъект	Исходное значение	Первая высотная тренировка		Вторая высотная тренировка	
		Перед	После	Перед	После
1	1129	1204	1241	1210	1256
2	1159	1140	1176	1153	1192
3	1087	1103	1138	1140	-
4	985	1024	1019	1021	1069
5	976	1005	993	1009	1033
6	897	-	-	914	935
7	570	-	564	-	582
Среднее	971,9	1095,2	1021,8	1074,5	1011,2
Стандартное отклонение	136,2	64,6	163,2	93,2	168,4

ОМГ у мужчин исходно составляла 1067 ± 83 г. До и после тренировочного сбора № 1 (первая высотная тренировка) данный показатель был равен 1095 ± 82 и 1113 ± 105 г соответственно, а до и после тренировочного сбора № 4 (вторая высотная тренировка) – 1107 ± 88 и 1138 ± 104 г соответственно. Увеличение ОМГ после второй высотной тренировки было статистически значимо выше исходного значения ($p < 0,005$). Для спортсменки средняя ОМГ составляла 570 г на исходном уровне, а после первой и второй высотной тренировки – 564 и 582 г соответственно.

При моделировании «доза – ответ» с использование дозы гипоксии, рассчитанной по показателю «километрочасы», у некоторых спортсменов отсутствовал прирост моделированной ОМГ по итогу тренировок. Аналогичные данные получили и при использовании показателя «сатурация – часы» с индексом 98. Выявленные различия при использовании данных показателей были в значениях индекса k. Так, у субъекта 1 параметр k при расчете, используя параметры «километрочасы» и «сатурация – часы» с индексом 98, значения статистически значимо не различались с фактическими данными и составили 0,185502341 и 0,075911079 соответственно ($p > 0,05$). Идеально соответствовала фактическим данным модель расчета дозы гипоксии с использованием параметра «сатурация – часы» с индексом 95 (Таб. 2).

Для субъекта 1 при моделировании 2 блоков различных сценариев воздействия гипоксии тенденция прироста ОМГ была сопоставимой во всех сценариях, но в пределах стандартной погрешности (не более 2 %) были выявлены различия, которые могут быть критичными в реальных

Таблица 2

Полученные абсолютные значения общей массы гемоглобина (граммы) в результате моделирования (МД) с использованием показателя «сатурация – часы» с индексом 95, фактические значения (ФД) и разница между ними в % у спортсменов на фоне высотных тренировок

Tab. 2

Comparison of the modelled (quantification method "saturation – hours", index 95) absolute total hemoglobin mass (g) and real data and % of difference in elite endurance athletes during altitude training

Субъект, №	Исходное значение		Первая высотная тренировка				Вторая высотная тренировка				
			Перед		После		Перед		После		
	МД	Разница с ФД, %	МД	Разница с ФД, %	МД	Разница с ФД, %	МД	Разница с ФД, %	ФД	МД	Разница с ФД, %
1	1152	2,0	1184	-1,7	1219	-1,8	1208	-0,2	1256	1280	1,9
2	1154	-0,5	1163	2,0	1172	-0,3	1169	1,4	1192	1194	0,2
3	1109	2,0	1122	1,7	1122	-1,4	1118	-1,9	-	-	-
4	1000	1,5	1021	-0,3	1033	1,4	1027	0,6	1069	1079	0,9
5	986	1,1	1000	-0,5	1001	0,8	997	-1,2	1033	1018	-1,5
6	901	0,4	-	-	-	-	908	-0,7	935	930	-0,5
7	559	-1,9	-	-	560	-0,6	-		582	575	-1,2

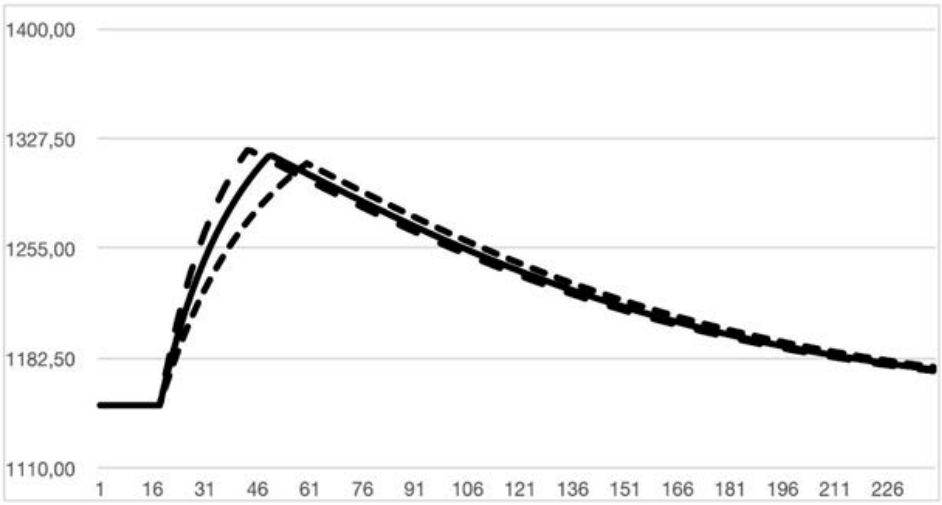

Рис. 1 – Моделирование, полученное на основе данных и параметров репрезентативного спортсмена: первый блок сценариев
Pic. 1 – Simulations obtained from data and model parameters of a representative athlete, first

Примечание: короткий пунктир – моделирование I (42 дня на высоте 1500 м); сплошная линия – моделирование II (31,5 сут на высоте 2000 м); длинный пунктир – моделирование III (25,2 сут на высоте 2500 м); по оси ординат – общая гемоглобиновая масса, г; по оси абсцисс – время от начала моделирования, дни.

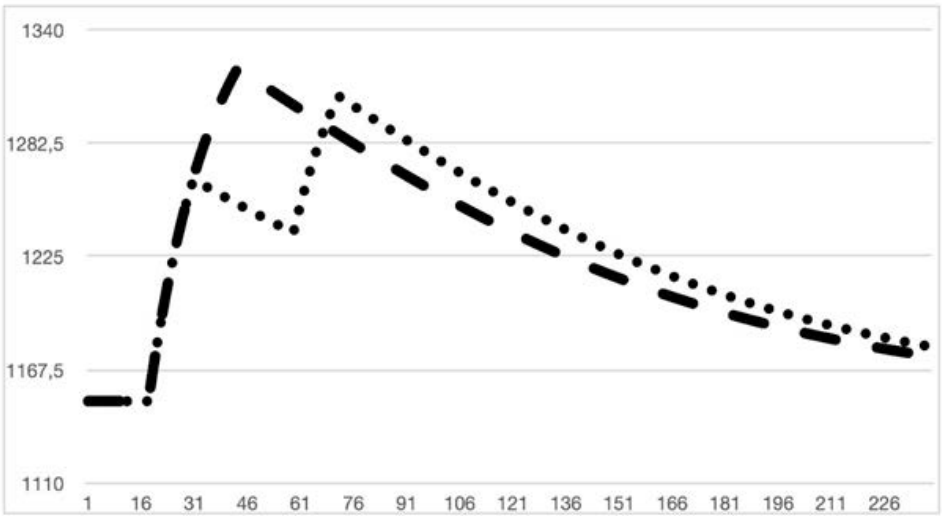

Рис. 2 – Моделирование, полученное на основе данных и параметров репрезентативного спортсмена: второй блок сценариев
Pic. 2 – Simulations obtained from data and model parameters of a representative athlete, second set

Примечание: линия из точек – моделирование I (12,6 сут на высоте 2000 м, 28,4 сут на уровне моря и 12,6 сут на высоте 2000 м); пунктирная линия – моделирование II (25,2 сут на высоте 2500 м); пиковая общая гемоглобиновая масса в каждом сценарии различалась (моделирование I – 1306,09 г; моделирование II – 1319,92 г).

условиях. В связи с этим целесообразнее использовать суммарную накопленную дозу гипоксии без учета перерывов ее воздействия (Рис. 1 и 2).

В данных сценариях воздействия гипоксии в результате моделирования «доза – эффект» отметили, что различные сроки получения дозы гипоксии приводили к разным трендам прироста ОМГ. Это может использоваться для ежегодного планирования нагрузки. Для субъекта 1 в зависимости от используемого сценария индивидуальная реакция на гипоксию была вариабельна, параметр k был равен 0,7 ± 0,3. Максимальная ОМГ у спортсменов-мужчин, в соответствии с результатами моделирования, составляет 1321,9 ± 78 г. Продолжительность жизни эритроцитов в соответствии с данными моделирования равна 72,8 ± 25,8 дня. При этом оптимальная работоспособность после тренировки на умеренной высоте составила 16,3 ± 2,0 дня.

Пиковый уровень ОМГ регистрировали 18 сут после прекращения воздействия гипоксии. Этот временной интервал определяется показателем d. Разработанная в настоящем исследовании модель описывает динамику изменения ОМГ во время воздействия высоты и поствысотных эффектов у высококвалифицированных конькобежцев.

ОБСУЖДЕНИЕ

Изменение сатурации кислорода является важным механизмом адаптации организма к высоте. Хотя высотные тренировки оказывают очень сложное воздействие на организм и приводят к активации многочисленных адаптационных механизмов, именно гематологическая адаптация является наиболее важной в концепции высотной подготовки [1,41]. Увеличение аэробных показателей, по-видимому, связано с сигнальным механизмом, связанным с тканезависимой активацией фактора, индуцируемого гипоксией (hypoxia inducible factor, HIF) 1a и HIF-2a, увеличением секреции эритропоэтина и последующим увеличением ОМГ и объема крови и, следовательно, увеличением МПК [21, 42], что позволяет доставлять больше кислорода к работающим мышцам [42]. Разработанная в данном исследовании математическая модель была основана на этом механизме. Проведение тренировок на умеренной высоте (1850–2400 м над уровнем моря) в данном исследовании было обосновано тем, что такой формат тренировок регулярно используется спортсменами для повышения производительности тренировок как на высоте, так и на уровне моря, а также хорошей изученностью результативности таких тренировок [43, 44].

Известно, что в условиях гипоксии первым триггером, запускающим процесс адаптации, является снижение сатурации крови, что приводит к увеличению продукции эритропоэтина [45]. Согласно Weil et al. (1968), для ускорения эритропоэза достаточно снижения парциального давления кислорода до ~70 мм рт. ст. [46]. Максимальный уровень эритропоэтина наблюдается у спортсменов на 1–3 сут после начала высотной тренировки [45, 47]. Известно, что эритропоэтический ответ на гипоксию является высоковариабельным параметром. В текущем исследовании не проводилась оценка уровня эритропоэтина и данный показатель не учитывался в математической модели [48].

Продолжительность жизни эритроцита равна 70–140 дней, в среднем 115 дней [49], что соответствует данным, полученным в данном исследовании. Значения ниже среднего, ближе к нижней границе диапазона, в нашем исследовании можно объяснить окислительным стрессом, который мог быть вызван несколькими факторами: интенсивные физические нагрузки, тренировки на высоте (1850 м) в течение 20 дней также значительно влияют на антиоксидантные резервы организма [50].

Согласно Płoszczyca et al. (2018), индивидуальные реакции на высотные тренировки могут быть разнонаправленными (как положительными, так и отрицательными) [51]. Из-за относительно небольшой высоты тренировочного сбора № 1 у спортсменов по результатам первой высотной тренировки не выявили статистически значимого увеличения гематологических показателей ($p > 0,05$), что соответствует ранее опубликованным данным Chapman et al. (2014) [25]. Наблюдаемая у конькобежцев динамика ОМГ соответствует данным исследования Garvican et al. (2013), в котором выявили превышающее стандартную ошибку увеличение ОМГ (прирост на 3 %) на 11-й день высотной тренировки [26]. В соответствии с разработанной моделью через 3 недели непрерывной высотной тренировки на высоте 1850 м над уровнем моря вследствие увеличения секреции эритропоэтина ОМГ должна увеличиваться на 3,7 % или 43,4 г (0,52 г/кг). По данным Schmidt et al. (2008), такой прирост ОМГ должен увеличить МПК у хорошо тренированных спортсменов на 17,2 мл/мин без активации факторов, которые могут способствовать снижению эритропоэза.

В текущем исследовании прирост ОМГ также соответствует сведениям Gore et al. (2013), установившим прирост данного показателя в 1 % на каждые 100 ч гипоксии на высоте более 2100 м [52]. Основным отличием между текущим исследованием и исследованием Gore et al. (2013) является высота проведения тренировки. В ходе 21-дневной тренировки в текущем исследовании спортсмены постоянно находились на высоте 1850 м, субъекты находились в состоянии гипоксии не менее

23 ч/сут. Соответственно, время гипоксического воздействия через 7 дней тренировки составило 161 ч, через 14 дней – 322 ч, а через 21 день – 483 ч. При использовании показателя «километрочасы» с использованием линейной модели прирост ОМГ должен составлять 3,4 %, а доза гипоксии должна быть в интервале 890–1400 км*ч. В текущем исследовании в соответствии с моделированными и фактическими данными прирост ОМГ составил 3,7 и 3,25 %. Оба значения превышают стандартную погрешность измерений.

Согласно Garvican et al. (2012), через 10 дней после возвращения спортсмена на уровень моря средняя ОМГ должна быть стабильно на уровне 31 дня, 2,3 (0,6–4,1) %, и, вероятно, была еще выше в сравнении с исходным уровнем [26]. В других исследованиях повышенный уровень ОМГ наблюдался более чем в течение 21 дня после возвращения на уровень моря [52, 53]. Разработанная в текущем исследовании модель описывает постепенное снижение данного показателя, что соответствует этим данным.

Кроме того, разработанная математическая модель «доза – реакция» позволяет моделировать и наблюдать эффекты различных сценариев дозы гипоксии и временных рамок гипоксического воздействия. Идея использования зависимости «доза – реакция» для моделирования в настоящее время является популярным объектом исследования. Так, Banister et al. (1999) в исследовании с участием биатлонистов выявили, что постепенное снижение нагрузки более эффективно, чем ступенчатое [54]. Thomas et al. (2009) отметил, что использование двухфазной схемы с нарастающим увеличением тяжести тренировок способствует получению еще лучшего результата [55]. При этом оптимальная продолжительность снижения дозы варьируется от 2 до 4 недель [56], но в случае использования перегрузок данный период должен быть более длительным [57]. При этом использование перегрузки является необходимым для достижения более высокой производительности [58]. Ряд авторов отметили возможность использования моделирования для определения порогов насыщения тренировочной нагрузки и прогнозирования явлений перетренированности [59, 60]. Также отмечена целесообразность применения моделей «доза – реакция» для прогнозирования эффекта конкретной тренировочной нагрузки или общей тренировочной программы в практике [61, 62]. Разработанная в текущем исследовании математическая модель может использоваться для данных целей.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Математическая модель расчета индивидуального гематологического ответа на высотную гипоксию, разработанная в текущем исследовании, описывает динамику изменения ОМГ во время высотных тренировок, а также в посттренировочном периоде. Данная модель может использоваться для разработки индивидуального тренировочного плана.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Zelenkova IE, Zotkin SV, Korneev PV, Koprov SV, Grushin AA. Relationship between total hemoglobin mass and competitive performance in endurance athletes. The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness. 2019;59(3):352–356. doi:10.23736/S0022-4707.18.07865-9.
2. Bonetti DL, Hopkins WG, Kilding AE. High-intensity kayak performance after adaptation to intermittent hypoxia. International Journal of Sports Physiology and Performance. 2006;1(3):246–260. doi:10.1123/ijspp.1.3.246.
3. Faiss R, Léger B, Vesin JM, et al. Significant molecular and systemic adaptations after repeated sprint training in hypoxia. PloS One. 2013;8(2):e56522. doi:10.1371/journal.pone.0056522.
4. Hahn AG, Gore CJ. The effect of altitude on cycling performance: a challenge to traditional concepts. Sports Medicine (Auckland, NZ). 2001;31(7):533–557. doi:10.2165/00007256-200131070-00008.
5. Katayama K, Matsuo H, Ishida K, Mori S, Miyamura M. Intermittent hypoxia improves endurance performance and submaximal exercise efficiency. High Altitude Medicine & Biology. 2003;4(3):291–304. doi:10.1089/152702903769192250.
6. Levine BD, Stray-Gundersen J. "Living high-training low": effect of moderate-altitude acclimatization with low-altitude training on performance. Journal of Applied Physiology (Bethesda, Md: 1985). 1997;83(1):102–112. doi:10.1152/jappl.1997.83.1.102
7. Millet GP, Roels B, Schmitt L, Woorons X, Richalet JP. Combining hypoxic methods for peak performance.

Sports Medicine (Auckland, NZ). 2010;40(1):1–25. doi:10.2165/11317920-000000000-00000
8. Morton JP, Cable NT. Effects of intermittent hypoxic training on aerobic and anaerobic performance. Ergonomics. 2005;48(11-14):1535–1546. doi:10.1080/00140130500100959
9. Mujika I, Sharma AP, Stellingwerff T. Contemporary Periodization of Altitude Training for Elite Endurance Athletes: A Narrative Review. Sports Medicine (Auckland, NZ). 2019;49(11):1651–1669. doi:10.1007/s40279-019-01165-y
10. Schmitt L, Millet G, Robach P, et al. Influence of "living high–training low" on aerobic performance and economy of work in elite athletes. European Journal of Applied Physiology. 2006;97(5):627-636. doi:10.1007/s00421-006-0228-3
11. Wilber RL, Stray-Gundersen J, Levine BD. Effect of hypoxic "dose" on physiological responses and sea-level performance. Medicine and Science in Sports and Exercise. 2007;39(9):1590–1599. doi:10.1249/mss.0b013e3180de49bd
12. Gore CJ, Clark SA, Saunders PU. Nonhematological mechanisms of improved sea-level performance after hypoxic exposure. Medicine and Science in Sports and Exercise. 2007;39(9):1600–1609. doi:10.1249/mss.0b013e3180de49d3
13. Girard O, Brocherie F, Millet GP. Effects of Altitude/Hypoxia on Single- and Multiple-Sprint Performance: A Comprehensive Review. Sports Medicine (Auckland, NZ). 2017;47(10):1931–1949. doi:10.1007/s40279-017-0733-z
14. Faiss R, Léger B, Vesin JM, et al. Significant molecular and systemic adaptations after repeated sprint training in hypoxia. PLoS One. 2013;8(2):e56522. doi:10.1371/journal.pone.0056522
15. Wilber RL, Stray-Gundersen J, Levine BD. Effect of hypoxic "dose" on physiological responses and sea-level performance. Medicine and Science in Sports and Exercise. 2007;39(9):1590–1599. doi:10.1249/mss.0b013e3180de49bd
16. Gore CJ, Hahn AG, Aughey RJ, et al. Live high:train low increases muscle buffer capacity and submaximal cycling efficiency. Acta Physiologica Scandinavica. 2001;173(3):275–286. doi:10.1046/j.1365-201X.2001.00906.x
17. Gore CJ, Rodríguez FA, Truijens MJ, Townsend NE, Stray-Gundersen J, Levine BD. Increased serum erythropoietin but not red cell production after 4 wk of intermittent hypobaric hypoxia (4,000-5,500 m). Journal of Applied Physiology (Bethesda, Md: 1985). 2006;101(5):1386–1393. doi:10.1152/japplphysiol.00342.2006
18. Friedmann B, Frese F, Menold E, Kauper F, Jost J, Bartsch P. Individual variation in the erythropoietic response to altitude training in elite junior swimmers. British Journal of Sports Medicine. 2005;39(3):148–153. doi:10.1136/bjsm.2003.011387
19. Mazzeo RS. Physiological responses to exercise at altitude : an update. Sports Medicine (Auckland, NZ). 2008;38(1):1–8. doi:10.2165/00007256-200838010-00001
20. Bergeron MF, Bahr R, Bärtsch P, et al. International Olympic Committee consensus statement on thermoregulatory and altitude challenges for high-level athletes. British Journal of Sports Medicine. 2012;46(11):770–779. doi:10.1136/bjsports-2012-091296
21. Schmidt W, Prommer N. The optimised CO-rebreathing method: a new tool to determine total haemoglobin mass routinely. European journal of applied physiology. 2005;95(5-6):486–495. doi:10.1007/s00421-005-0050-3
22. Plumb JOM, Kumar S, Otto J, et al. Replicating measurements of total hemoglobin mass (tHb-mass) within a single day: precision of measurement; feasibility and safety of using oxygen to expedite carbon monoxide clearance. Physiological Reports. 2018;6(17):e13829. doi:10.14814/phy2.13829
23. Rusko HK, Tikkanen HO, Peltonen JE. Altitude and endurance training. Journal of Sports Sciences. 2004;22(10):928–944; discussion 945. doi:10.1080/02640410400005933
24. Garvican-Lewis LA, Sharpe K, Gore CJ. Time for a new metric for hypoxic dose? Journal of Applied Physiology. 2016;121(1):352–355. doi:10.1152/japplphysiol.00579.2015
25. Chapman RF, Karlsen T, Resaland GK, et al. Defining the "dose" of altitude training: how high to live for optimal sea level performance enhancement. Journal of Applied Physiology. 2014;116(6):595–603. doi:10.1152/japplphysiol.00634.2013
26. Garvican L, Martin D, Quod M, Stephens B, Sassi A, Gore C. Time course of the hemoglobin mass response to natural altitude training in elite endurance cyclists. Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports. 2012;22(1):95–103. doi:10.1111/j.1600-0838.2010.01145.x
27. Millet GP, Wehrlin JP, Peltonen JE, et al. Commentaries on Viewpoint: Time for a new metric for hypoxic dose?

Journal of Applied Physiology. 2016;121(1):356–358. doi:10.1152/japplphysiol.00460.2016
28. Зеленкова И.Е., Виноградов М.А., Глазычев О.С., Бадтиева В.А. Сравнение различных методов количественного определения эффективной дозы высотной гипоксии. Лечебная физкультура и спортивная медицина. 2024;4(174):42–47.
29. Calvert TW, Banister EW, Savage MV, Bach T. A Systems Model of the Effects of Training on Physical Performance. IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics. 1976;SMC-6(2):94–102. doi:10.1109/TSMC.1976.5409179.
30. Millet GP, Candau RB, Barbier B, Busso T, Rouillon JD, Chatard JC. Modelling the transfers of training effects on performance in elite triathletes. International Journal of Sports Medicine. 2002;23(1):55–63. doi:10.1055/s-2002-19276.
31. Millet GP, Groslambert A, Barbier B, Rouillon JD, Candau RB. Modelling the relationships between training, anxiety, and fatigue in elite athletes. International Journal of Sports Medicine. 2005;26(6):492–498. doi:10.1055/s-2004-821137.
32. Morton RH, Fitz-Clarke JR, Banister EW. Modeling human performance in running. Journal of Applied Physiology (Bethesda, Md: 1985). 1990;69(3):1171–1177. doi:10.1152/jappl.1990.69.3.1171.
33. Wood RE, Hayter S, Rowbottom D, Stewart I. Applying a mathematical model to training adaptation in a distance runner. European Journal of Applied Physiology. 2005;94(3):310–316. doi:10.1007/s00421-005-1319-2.
34. Thomas L, Mujika I, Busso T. A model study of optimal training reduction during pre-event taper in elite swimmers. Journal of Sports Sciences. 2008;26(6):643-652. doi:10.1080/02640410701716782.
35. Mujika I, Busso T, Lacoste L, Barale F, Geyssant A, Chatard JC. Modeled responses to training and taper in competitive swimmers. Medicine and Science in Sports and Exercise. 1996;28(2):251–258. doi:10.1097/00005768-199602000-00015.
36. Busso T, Candau R, Lacour JR. Fatigue and fitness modelled from the effects of training on performance. European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology. 1994;69(1):50–54. doi:10.1007/BF00867927.
37. Busso T, Häkkinen K, Pakarinen A, Kauhanen H, Komi PV, Lacour JR. Hormonal adaptations and modelled responses in elite weightlifters during 6 weeks of training. European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology. 1992;64(4):381–386. doi:10.1007/BF00636228.
38. Busso T, Häkkinen K, Pakarinen A, et al. A systems model of training responses and its relationship to hormonal responses in elite weight-lifters. European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology. 1990;61(1-2):48–54. doi:10.1007/BF00236693.
39. Banister EW, Hamilton CL. Variations in iron status with fatigue modelled from training in female distance runners. European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology. 1985;54(1):16–23. doi:10.1007/BF00426292.
40. Williams S, West S, Howells D, Kemp SPT, Flatt AA, Stokes K. Modelling the HRV Response to Training Loads in Elite Rugby Sevens Players. Journal of Sports Science & Medicine. 2018;17(3):402–408.
41. Otto JM, Plumb JOM, Wakeham D, et al. Total haemoglobin mass, but not haemoglobin concentration, is associated with preoperative cardiopulmonary exercise testing-derived oxygen-consumption variables. British Journal of Anaesthesia. 2017;118(5):747–754. doi:10.1093/bja/aew445.
42. Lundby C, Calbet JAL, Robach P. The response of human skeletal muscle tissue to hypoxia. Cellular and molecular life sciences: CMLS. 2009;66(22):3615–3623. doi:10.1007/s00018-009-0146-8.
43. Flaherty G, O'Connor R, Johnston N. Altitude training for elite endurance athletes: A review for the travel medicine practitioner. Travel Medicine and Infectious Disease. 2016;14(3):200–211. doi:10.1016/j.tmaid.2016.03.015.
44. Chapman R, Levine BD. Altitude training for the marathon. Sports Medicine (Auckland, NZ). 2007;37(4–5):392–395. doi:10.2165/00007256-200737040-00031.
45. Jelkmann W. Regulation of erythropoietin production. The Journal of Physiology. 2011;589(Pt 6):1251–1258. doi:10.1113/jphysiol.2010.195057.
46. Weil JV, Jamieson G, Brown DW, Grover RF. The red cell mass--arterial oxygen relationship in normal man. Application to patients with chronic obstructive airway disease. The Journal of Clinical Investigation. 1968;47(7):1627–1639. doi:10.1172/JCI105854.
47. Clark SA, Quod MJ, Clark MA, Martin DT, Saunders PU, Gore CJ. Time course of haemoglobin mass during 21 days live high:train low simulated altitude. European Journal of Applied Physiology. 2009;106(3):399–406. doi:10.1007/s00421-009-1027-4.
48. Chapman RF, Stray-Gundersen J, Levine BD. Individual variation in response to altitude training. Journal of Applied

Physiology (Bethesda, Md: 1985). 1998;85(4):1448–1456. doi:10.1152/jappl.1998.85.4.1448.
49. Robach P, Schmitt L, Brugniaux JV, et al. Living high-training low: effect on erythropoiesis and maximal aerobic performance in elite Nordic skiers. European Journal of Applied Physiology. 2006;97(6):695–705. doi:10.1007/s00421-006-0240-7.
50. Płoszczyca K, Langfort J, Czuba M. The Effects of Altitude Training on Erythropoietic Response and Hematological Variables in Adult Athletes: A Narrative Review. Frontiers in Physiology. 2018;9:375. doi:10.3389/fphys.2018.00375.
51. Gore CJ, Sharpe K, Garvican-Lewis LA, et al. Altitude training and haemoglobin mass from the optimised carbon monoxide rebreathing method determined by a meta-analysis. British Journal of Sports Medicine. 2013;47 Suppl 1(Suppl 1):i31–39. doi:10.1136/bjsports-2013-092840.
52. Brocherie F, Millet GP, Hauser A, et al. "Live High-Train Low and High" Hypoxic Training Improves Team-Sport Performance. Medicine and Science in Sports and Exercise. 2015;47(10):2140–2149. doi:10.1249/MSS.0000000000000630.
53. Banister EW, Carter JB, Zarkadas PC. Training theory and taper: validation in triathlon athletes. European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology. 1999;79(2):182–191. doi:10.1007/s004210050493.
54. Thomas L, Mujika I, Busso T. Computer simulations assessing the potential performance benefit of a final increase in training during pre-event taper. Journal of Strength and Conditioning Research. 2009;23(6):1729–1736. doi:10.1519/JSC.0b013e3181b3dfa1.
55. Busso T, Thomas L. Using mathematical modeling in training planning. International Journal of Sports Physiology and Performance. 2006;1(4):400-405. doi:10.1123/ijspp.1.4.400.
56. Sanchez AMJ, Galbès O, Fabre-Guery F, et al. Modelling training response in elite female gymnasts and optimal strategies of overload training and taper. Journal of Sports Sciences. 2013;31(14):1510–1519. doi:10.1080/02640414.2013.786183.
57. Thomas L, Busso T. A theoretical study of taper characteristics to optimize performance. Medicine and Science in Sports and Exercise. 2005;37(9):1615–1621. doi:10.1249/01.mss.0000177461.94156.4b.
58. Turner JD, Mazzoleni MJ, Little JA, Sequeira D, Mann BP. A nonlinear model for the characterization and optimization of athletic training and performance. Biomedical Human Kinetics. 2017;9(1):82–93. doi:10.1515/bhk-2017-0013.
59. Morton RH. Modeling training and overtraining. Journal of Sports Sciences. 1997;15(3):335–340. doi:10.1080/026404197367344.
60. Méline T, Mathieu L, Borrani F, Candau R, Sanchez AM. Systems model and individual simulations of training strategies in elite short-track speed skaters. Journal of Sports Sciences. 2019;37(3):347–355. doi:10.1080/02640414.2018.1504375.
61. Busso T, Benoit H, Bonnefoy R, Feasson L, Lacour JR. Effects of training frequency on the dynamics of performance response to a single training bout. Journal of Applied Physiology (Bethesda, Md: 1985). 2002;92(2):572–580. doi:10.1152/japplphysiol.00429.2001.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

БЛАГОДАРНОСТИ

Авторы выражают глубокую признательность Общероссийской общественной организации конькобежного спорта «Союз конькобежцев России». Авторы благодарят всех спортсменов за участие в исследовании и специалистов команды Полтавца К., Гоготову В., Якушкина А. и Розину М. Авторы выражают благодарность сотрудникам команды за помощь и поддержку во время исследования. Кроме того, авторы хотели бы выразить признательность Иньиго Мухике, Майку Дэвидсону и Яннису Питсиладису за их ценную помощь в подготовке этой

ПОИСК ВОЗМОЖНЫХ ВЗАИМОСВЯЗЕЙ МЕЖДУ НАЛИЧИЕМ (ОТСУТСТВИЕМ) ДИАГНОЗОВ, ВЫЯВЛЕННЫХ ВРАЧАМИ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ УГЛУБЛЕННОГО МЕДИЦИНСКОГО ОБСЛЕДОВАНИЯ, И ПОКАЗАТЕЛЯМИ ФИЗИЧЕСКОЙ РАБОТОСПОСОБНОСТИ У СПОРТСМЕНОВ ВЫСОКОГО КЛАССА

УДК 61:796/799
УДК: 613.693

А.С. Самойлов[1], В.В. Петрова[1], А.В. Хан[1], А.А. Артамонов[2], Н.С. Богоявленских[1]

[1]Федеральное государственное бюджетное учреждение
«Государственный научный центр Российской Федерации –
Федеральный медицинский биофизический центр имени А.И. Бурназяна», Москва
[2]Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Государственный научный центр Российской Федерации
Институт медико-биологических проблем Российской академии наук, Москва

РЕЗЮМЕ

Исследование проводилось на базе ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России на основе анализа обезличенных данных медицинской документации спортсменов, прошедших углубленное медицинское обследование (УМО). В статье приведены данные исследования возможных взаимосвязей между наличием (отсутствием) диагнозов, выявленных врачами при проведении УМО, и показателями физической работоспособности у спортсменов высокого класса (на примере сложно-координационных видов спорта). На начальном этапе мы проанализировали данные в части, касающейся диагнозов, выставленных врачами-специалистами на УМО 761 спортсмену сложнокоординационных видов спорта мужского пола. Затем провели анализ данных функционального нагрузочного тестирования на велоэргометре по протоколу РАМП-30 у этих спортсменов. В заключение мы разделили спортсменов на группы по принципу наличия или отсутствия у них диагноза у врачей-специалистов, входящих в программу УМО, и выявили достоверные межгрупповые отличия, отражающие негативную тенденцию влияния наличия диагноза на снижение физической работоспособности.

Ключевые слова: *углубленное медицинское обследование, спортсмены высокого класса, диагноз, функциональное нагрузочное тестирование.*

POSSIBLE CORRELATIONS BETWEEN THE ESTABLISHED DIAGNOSIS DURING AN IN-DEPTH MEDICAL EXAMINATION AND PHYSICAL PERFORMANCE IN HIGH-CLASS ATHLETES

A.S. Samoilov[1], V.V. Petrova[1], A.V. Khan[1], A.A. Artamonov[2], N.S. Bogoyavlenskih[1]

[1]State Research Center – Burnasyan Federal Medical Biophysical Center
of Federal Medical Biological Agency, Moscow
[2]Institute for Biomedical Problems of the Russian Academy of Sciences, Moscow

SUMMARY

The study was conducted at the State Research Center – Burnasyan Federal Medical Biophysical Center of Federal Medical Biological Agency based on the analysis of anonymized data from medical records of athletes who underwent in-depth medical examination. The article presents possible correlations between the established diagnosis during an in-depth medical examination and physical performance in high-class athletes (using complex-coordination sports as an example). At first, we composed the data regarding diagnoses made

by medical specialists during the in-depth medical examination for 761 male athletes in complex-coordination sports. Then, we analyzed the data from functional stress testing (bicycle ergometer, RAMP-30 protocol) for these athletes. In conclusion, we divided the athletes into groups based on the presence or absence of a diagnosis from medical specialists included in the in-depth medical examination program. The paper draws conclusions about intergroup differences, reflecting the negative tendency of the influence of the presence of a diagnosis on the reduction of physical performance of athletes.

Key words: *in-depth medical examination, high-class athletes, diagnosis, functional stress testing.*

ВВЕДЕНИЕ

Для правильности и адекватности организации подготовки спортсменов высокого класса требуется обязательное медико-биологическое сопровождение, которое базируется на данных углубленных медицинских обследований (УМО) [1, 2]. Ежегодные циклы изменения объемов и интенсивности тренировочных нагрузок в любом виде спорта, особенно их увеличение при подготовке к рейтинговым соревнованиям, требует от спортсменов напряжения резервов для максимально возможного повышения как общей, так и специальной работоспособности [3, 5, 8, 9, 11]. Это обуславливает необходимость тщательного мониторинга уровня здоровья, текущего функционального и психологического состояния организма спортсмена на каждом этапе тренировочного процесса [4, 6, 7, 10]. При проведении УМО спортивные врачи получают значимые данные о наличии и тяжести протекания заболеваний различных органов и систем у спортсменов, большой набор данных лабораторных и инструментальных методов исследования, а также результаты нагрузочных тестов. Особо хотим обратить внимание, что включение в программу УМО функционального нагрузочного тестирования «до отказа» и выбор наиболее подходящего РАМП-протокола (с дифференцировкой мощностных характеристик) наилучшим образом позволяет выявить и проанализировать физиологические сдвиги в адаптационных процессах у спортсменов, а также проследить их взаимосвязь с ключевыми параметрами тренировочных и соревновательных нагрузок.

Таким образом, регулярный мониторинг уровня соматического здоровья, функционального и психологического состояния спортсмена способствует поддержанию высоких показателей физической работоспособности и увеличению эффективности тренировочного процесса, что, в свою очередь, помогает достигать выдающихся спортивных результатов.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Поиск возможных взаимосвязей между наличием (отсутствием) диагнозов, выявленных врачами при проведении углубленного медицинского обследования, и показателями физической работоспособности у спортсменов высокого класса проводился с участием 761 спортсмена высокого класса сложно-координационных видов спорта мужского пола. Уровень спортивного мастерства у участников исследования был не ниже мастера спорта, средний возраст составил 21,3 ± 3,7 года. Продолжительность спортивной карьеры в среднем составила 10,4 ± 6,5 лет. Все участники исследования прошли УМО на базе ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России по стандартной программе в соответствии с Приказом МЗ РФ от 23.10.2020 г. № 1144н «Об утверждении порядка организации оказания медицинской помощи лицам, занимающимся физической культурой и спортом (в том числе при подготовке и проведении физкультурных мероприятий и спортивных мероприятий), включая порядок медицинского осмотра лиц, желающих пройти спортивную подготовку, заниматься физической культурой и спортом в организациях и (или) выполнить нормативы испытаний (тестов) Всероссийского физкультурно-спортивного комплекса «Готов к труду и обороне» (ГТО)», в котором определяется перечень специалистов и набор методов исследования, обязательных для спортсменов спорта высших достижений. Исследование проводилось на основе анализа обезличенных данных медицинской документации. При отборе спортсменов в группу сложнокоординационных видов спорта мы исходили из общепринятой классификации,

Таблица 1

Распределение наличия (отсутствия) диагнозов, выявленных в ходе проведения углубленного медицинского обследования у спортсменов высокого класса сложнокоординационных видов спорта, в зависимости от профиля врача (мужчины, n = 761)

Специальность врача	Отсутствие или наличие диагноза	Спортсмены, n = 761	
		Количество человек	%
Кардиолог	отсутствие	534	70,2
	наличие	227	29,8
Гастроэнтеролог	отсутствие	739	97,1
	наличие	22	2,9
Дерматолог	отсутствие	690	90,7
	наличие	71	9,3
Невропатолог	отсутствие	628	82,5
	наличие	133	17,5
ЛОР (оториноларинголог)	отсутствие	265	34,8
	наличие	496	65,2
Стоматолог	отсутствие	326	42,8
	наличие	435	57,2
Офтальмолог	отсутствие	413	54,3
	наличие	348	45,7
Травматолог-ортопед	отсутствие	690	90,7
	наличие	71	9,3
Эндокринологг	отсутствие	732	96,2
	наличие	29	3,8

в соответствии с которой были отобраны данные спортсменов следующих видов спорта: прыжки на батуте, скалолазание, спортивная акробатика, танцевальный спорт, фехтование, фигурное катание на коньках, фристайл и эстетическая гимнастика. Статистический анализ проводился с использованием программы StatTech v.4.5.0 (разработчик – ООО «Статтех», Россия).

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Анализируя распределение наличия (отсутствия) диагнозов, выявленных в ходе проведения УМО, у спортсменов высокого класса сложно-координационных видов спорта в зависимости от профиля врача, мы обратили внимание, что гастроэнтерологические, дерматологические, эндокринологические и травматологические диагнозы встречаются достаточно редко (менее 10 % от группы). Диагнозы, относящиеся к кардиологической и неврологической нозологическим группам, встречаются чаще и составляют 29,8 и 17,5 % соответственно. С наибольшей частотой в данной группе спортсменов фиксируются заболевания ЛОР-органов (у 65,2 % спортсменов), стоматологические проблемы (у 57,2 %) и офтальмологические диагнозы (у 45,7 %).

Подробно сведения о распределении наличия (отсутствия) диагнозов, выявленных в ходе проведения углубленного медицинского обследования у спортсменов высокого класса сложнокоординационных видов спорта, в зависимости от профиля врача (мужчины, n = 761) представлены в таблице 1.

Для анализа данных нагрузочного тестирования спортсменов из полного перечня стандартных показателей, определяемых при велоэргоспирометрии, были отобраны наиболее информативные, а именно: потребление кислорода на аэробном

Таблица 2

Значения основных оцениваемых показателей, полученных у спортсменов сложнокоординационных видов спорта при тестировании на велоэргометре с использованием РАМП-30 протокола (n = 761)

Показатели нагрузочного тестирования	Me	Q_1–Q_3	min	max
VO2ПАНО, мл/мин/кг	34,29	28,29 – 42,05	22,18	61,46
VO2 ПИК, мл/мин/кг	42,13	31,37 – 46,38	29,57	78,13
R, усл. ед.	1,09	1,03 – 1,11	0,99	1,14
ЧСС до нагрузки, уд/мин	78,0	70,0 – 87,0	41,00	124,00
ЧСС АП, уд/мин	114,0	104,0 – 127,0	115,00	154,00
ЧСС ПАНО, уд/мин	148,0	136,0 – 160,0	128,00	169,00
ЧСС ПИК, уд/мин	157,0	146,0 – 167,0	139,00	174,00
ЧСС на 3 мин восст., уд/мин	95,0	85,0 – 104,0	59,00	147,00
Мощность на ПАНО, Вт	200,0	165,0 – 245,0	155,00	285,00

пороге и на пике нагрузки, дыхательный коэффициент, частота сердечных сокращений в покое, на порогах обмена, пике нагрузки и 3 минуте восстановления, а также мощность нагрузки на анаэробном пороге. В таблице 2 приведены данные статистического анализа данных функционального нагрузочного тестирования в исследуемой группе. В связи с тем, что у спортсменов сложно-координационных видов спорта (мужчин) не было получено нормального распределения количественных показателей, то они описывались с помощью медианы (Me), нижнего и верхнего квартилей (Q1–Q3).

Выявлено, что значение ЧСС до нагрузки в группе составило 78,0 [70,0; 87,0] уд/мин; на уровне аэробного порога показатель ЧСС был 114,0 [104,0; 127,0] уд/мин; дыхательный коэффициент – 1,09 [1,03; 1,11]; на уровне анаэробного порога потребление кислорода составило 34,29 [28,19; 42,05] мл/мин/кг при ЧСС ПАНО 148,0 [136,0; 160,0] уд/мин и мощности на ПАНО 200,0 [165,0; 245,0] Вт; на пике нагрузки потребление кислорода составило 42,13 [31,37; 46,38] мл/мин/кг при ЧСС 157,0 [146,0; 167,0]. Основываясь на полученных данных, можно сказать, что спортсмены сложно-координационных видов спорта (761), участвующие в данном исследовании, продемонстрировали достаточный среднегрупповой уровень показателей нагрузочного тестирования по РАМП-30 протоколу на велоэргометре.

На заключительном этапе работы мы разделили спортсменов на группы по принципу наличия или отсутствия у них диагноза у врачей-специалистов, входящих в программу УМО, и выявили достоверные межгрупповые отличия.

Особое внимание хотим обратить на то, что на этом этапе мы пришли к бинарной системе в оценке диагнозов, поставленных врачами-специалистами на УМО, то есть простое наличие диагноза у спортсмена без введения дополнительных условий или взвешенных коэффициентов для конкретных нозологий было достаточным условием для определения спортсмена у группу 1, а отсутствие диагноза – в группу 2.

Бинарная система оценки в данном случае является правомочной в связи с тем, что по итогам УМО все эти спортсмены были допущены к занятиям спортом и выступлению на соревнованиях. Таким образом, уровень их соматического здоровья позволяет спортсменам достигать максимально возможного спортивного результата.

На этом этапе в качестве экспертов были привлечены врачи функциональной диагностики, которые «слепым» методом выбрали лучшие результаты нагрузочного тестирования при попарном сравнении в двух группах.

В таблице 3 приведены только данные достоверных межгрупповых отличий в показателях функционального нагрузочного тестирования при

Таблица 3

Среднегрупповые значения показателей нагрузочного тестирования по протоколу РАМП-30 у спортсменов сложнокоординационных видов спорта (разделение на группы проведено по признаку наличия или отсутствия диагноза)

Специальность врача	Показатель	Отсутствие или наличие диагноза	Медиана (Me) / M ± SD	Нижний и верхний квартили (Q1 – Q3) / 95 % ДИ
Гастроэнтеролог	VO2 ПАНО*, мл/мин/кг	отсутствие	34,39	28,33 – 42,16
		наличие	32,67	25,54 – 37,41
	VO2 на пике*, мл/мин/кг	отсутствие	37,39	31,50 – 46,63
		наличие	34,07	27,23 – 38,08
	ЧСС на пике*, уд/мин	отсутствие	157,00	148,00 – 167,00
		наличие	150,00	144,50 – 162,00
Кардиолог	ЧСС АП*, уд/мин	отсутствие	116,00	105,00 – 128,00
		наличие	112,00	101,00 – 125,00
	ЧСС ПАНО**, уд/мин	отсутствие	149,00	137,00 – 161,00
		наличие	145,00	133,00 – 156,00
	ЧСС на пике**, уд/мин	отсутствие	157,00	148,00 – 169,00
		наличие	154,00	146,00 – 164,00
Невропатолог	ЧСС ПАНО*, уд/мин	отсутствие	149,00	136,00 – 160,00
		наличие	145,00	134,00 – 156,00
	ЧСС на пике*, уд/мин	отсутствие	157,00	148,00 – 168,00
		наличие	154,00	147,00 – 164,00
Оториноларинголог (ЛОР)	VO2 ПАНО**, мл/мин/кг	отсутствие	36,05	29,79 – 43,92
		наличие	33,19	27,43 – 41,12
	VO2 на пике**, мл/мин/кг	отсутствие	38,34	32,12 – 48,97
		наличие	36,92	31,08 – 45,01
	ЧСС до нагрузки*, уд/мин	отсутствие	79,49 ± 11,76	78,45 – 80,52
		наличие	77,38 ± 12,99	76,50 – 78,26
	ЧСС АП*, уд/мин	отсутствие	117,00	105,00 – 128,25
		наличие	113,00	102,00 – 126,00
	ЧСС ПАНО**, уд/мин	отсутствие	151,00	139,00 – 161,00
		наличие	146,00	135,00 – 158,00
	ЧСС на пике*, уд/мин	отсутствие	159,00	149,00 – 170,00
		наличие	155,00	147,00 – 166,00
	Мощность на ПАНО*, Вт	отсутствие	210,00	165,00 – 260,00
		наличие	195,00	165,00 – 235,00
	Мощность на ПАНО/вес**, Вт/кг	отсутствие	3,10	2,50 – 3,82
		наличие	2,87	2,33 – 3,57

Специальность врача	Показатель	Отсутствие или наличие диагноза	Медиана (Me) / M ± SD	Нижний и верхний квартили (Q1 – Q3) / 95 % ДИ
Офтальмолог	VO2 ПАНО**, мл/мин/кг	отсутствие	35,59	28,91 – 43,52
		наличие	32,99	27,80 – 40,74
	VO2 на пике*, мл/мин/кг	отсутствие	38,06	31,92 – 47,56
		наличие	36,38	30,82 – 44,98
	ЧСС до нагрузки**, уд/мин	отсутствие	80,00	72,00 – 88,00
		наличие	76,00	67,00 – 86,00
	ЧСС ПАНО*, уд/мин	отсутствие	149,00	137,00 – 161,00
		наличие	147,00	134,00 – 158,00
	Мощность на ПАНО**, Вт	отсутствие	210,00	167,50 – 260,00
		наличие	190,00	160,00 – 235,00
	Мощность на ПАНО/вес**, Вт/кг	отсутствие	3,07	2,44 – 3,80
		наличие	2,84	2,35 – 3,52

* – достоверные межгрупповые отличия при сравнении групп спортсменов, имеющих и не имеющих диагноза у врача соответствующей специальности ($p < 0,05$);
** – достоверные межгрупповые отличия при сравнении групп спортсменов, имеющих и не имеющих диагноза у врача соответствующей специальности ($p < 0,001$).

сравнении групп спортсменов, имеющих и не имеющих диагноза у врача соответствующей специальности (у ряда показателей $p < 0,05$, у других – $p < 0,001$). Группы с лучшими результатами по отобранным показателям выделены подчеркиванием.

Например, показатель VO2 ПАНО в группе спортсменов без ЛОР-диагноза составил 36,05 [29,79; 43,92] мл/мин/кг, а у спортсменов с наличием такого диагноза – 33,19 [27,43; 41,12] мл/мин/кг, что однозначно трактуется как превосходство первой группы. Аналогичная закономерность выявлена у подавляющего большинства показателей. Исключение составил показатель ЧСС до нагрузки в двух группах, так, у спортсменов с ЛОР- и офтальмологическим диагнозами этот показатель был лучше, чем в группе без диагнозов.

По количеству показателей нагрузочного тестирования, с которыми выявлена взаимосвязь наличия диагноза, лидируют нозологии, относящиеся к оториноларингологическим и офтальмологическим диагнозам (8 и 6 показателей соответственно). Меньшее количество взаимосвязей обнаружено между данными эргоспирометрии и кардиологическими, гастроэнтерологическими и неврологическими диагнозами (3, 3 и 2 соответственно).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Основываясь на данных, полученных в настоящем исследовании, можно сделать вывод, что существует взаимосвязь между наличием (отсутствием) диагнозов, поставленных врачами-специалистами при проведении УМО спортсменов высокого класса и показателями физической работоспособности, полученными при проведении эргоспирометрического тестирования. Проанализированы данные 761 спортсмена высокого класса сложнокоординационных видов спорта мужского пола с уровнем спортивного мастерства не ниже мастера спорта, средним возрастом 21,3 ± 3,7 года и спортивным стажем 10,4 ± 6,5 лет. У некоторых спортсменов данной группы была выявлена тенденция к снижению физической работоспособности при наличии установленных нозологий, относящихся к ЛОР- и офтальмологическим заболеваниям.

Предполагаем, что реализованный в данной работе подход может быть использован и для анализа данных медицинского обследования летчиков и космонавтов в силу сопоставимости испытываемых ими экстремальных нагрузок с деятельностью спортсменов спорта высших достижений.

На последующих этапах мы планируем на основании выявленных взаимосвязей разработать прогностические математические модели взаимозависимости показателей физической работоспособности от наличия (отсутствия) у спортсмена клинически подтвержденной нозологической единицы (диагноза).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бадтиева, В.А. Анализ динамики и структуры заболеваемости спортсменов сборных команд Москвы по результатам углубленного медицинского обследования / Бадтиева В.А., Теняева Е.А., Сичинава Н.В., Турова Е.А., Трухачева Н.В., Афонина В.И., Бабеян И.Г., Верещагина Д.А., Востриков Ю.Д., Горячева О.И., Деревянко С.Н., Дьячкова А.А., Костина Н.А., Макунин Н.В., Петросян А.А., Савин Э.А., Суманеева Е.И., Токарев Ф.В., Усманов Д.М., Югай С.В., Рожкова Е.А., Артикулова И.Н., Папина Н.А. // Спортивная медицина: наука и практика. 2022;12(2):22–31.
2. Вершинин, Е.Г. Сравнительный анализ структуры заболеваемости спортсменов и лиц, занимающихся спортом, в г. Волгограде за 2010–2016 гг. / Вершинин Е.Г., Гуро О.А., Гончарова А.А. // Вестник Волгоградского государственного медицинского университета. 2017;64(4):58–62. Елисеев, М.С. Определение группы риска по белковому и пуриновому дисбалансу у высококвалифицированных спортсменов в различных видах спорта / Елисеев М.С., Чикина М.Н., Кобелькова И.В., Выходец И.Т., Желябина О.В., Никитюк Д.Б., Лила А.М., Насонов Е.Л., Юнусов Ф.А. // Лечебная физкультура и спортивная медицина. 2019. № 2 (152). С. 6–13.
3. Елисеев, М.С. Факторы риска развития гиперурикемии у профессиональных спортсменов различных видов спорта по результатам многолетнего ретроспективного наблюдения / Елисеев М.С., Выходец И.Т., Юнусов Ф.А., Круглова И.В., Чикина М.Н., Желябина О.В., Жолинский А.В., Додонов С.В., Федоров А.Н., Лила А.М., Насонов Е.Л. // Лечебная физкультура и спортивная медицина. 2019. № 1 (149). С. 12–20.
4. Корюкин, Д.А. Причины возникновения травматизма в различных видах спорта / Д.А. Корюкин, О.Н. Косолапов. // Проблемы и перспективы развития физической культуры и спорта в Зауралье: сборник трудов Региональной научно-практической конференции. – 2013. – С. 12–16.
5. Петрова, В.В. Прогноз физической работоспособности по показателям комплексной оценки состояния спортсменов / Петрова В.В., Киш А.А., Брагин М.А. // Медицинская наука и образование Урала. 2019. Т. 20. № 1 (97). С. 155–159.
6. Петрова, В.В. Суточная динамика показателей периферической крови высококвалифицированных спортсменов / Петрова В.В., Кретова Е.Ю., Петров А.А., Брагин М.А., Прудников И.А. // Медицинская наука и образование Урала. 2017. Т. 18. № 3 (91). С. 14–18.
7. Спортивная медицина: национальное руководство / под ред. акад. РАН и РАМН С.П. Миронова, проф. Б.А. Поляева, проф. Г.А. Макаровой. – М. : ГЭОТАР-Медиа, 2012. – 1184 с.
8. Mateus N, Abade E, Coutinho D, Gómez M-Á, Peñas CL, Sampaio J. Empowering the Sports Scientist with Artificial Intelligence in Training, Performance, and Health Management // Sensors. – 2025. – № 25(1):139. https://doi.org/10.3390/s25010139.
9. Sá Filho AS, Inacio PA, Aprigliano V, Leonardo PS, Oliveira-Silva I, Cunha RM, Chiappa GR, Fajemiroye JO, Vieira RP, Lopes-Martins RAB, et al. Predictive and Cross-Validation Analysis of Aerobic and Anaerobic Performance Based on Maximum Strength // Applied Sciences. – 2025. – № 15(2):693. – https://doi.org/10.3390/app15020693.
10. Tan J, Chen J. Generating context-specific sports training plans by combining generative adversarial networks // PLOS ONE. – 2025. – № 20(1): e0318321. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0318321.

ВЛИЯНИЕ ВЫРАЖЕННЫХ НАРУШЕНИЙ СНА, ОБУСЛОВЛЕННЫХ ВЫСОКИМ ПСИХОЭМОЦИОНАЛЬНЫМ НАПРЯЖЕНИЕМ, НА СОСТОЯНИЕ МИОКАРДА

УДК 612.179:616.12-073.43

Д.А. Андреев, А.А. Киш, Н.З. Орлова

Федеральное государственное бюджетное учреждение
«Государственный научный центр Российской Федерации –
Федеральный медицинский биофизический центр имени А.И. Бурназяна
Федерального медико-биологического агентства», Москва, Россия

РЕЗЮМЕ

Выраженные хронические нарушения сна на фоне высокого психоэмоционального напряжения ассоциированы с доклиническими изменениями миокарда. В исследовании у спортсменов с синдромом перетренированности и специалистов Крайнего Севера выявлено снижение глобальной продольной деформации (GLS) при сохранной фракции выброса. Наиболее выраженные изменения отмечены у работников Крайнего Севера, что, вероятно, связано с совокупностью стрессовых и внешнесредовых факторов. Полученные данные указывают на важность контроля качества сна как фактора профилактики сердечно-сосудистых заболеваний и необходимость включения оценки GLS в скрининг групп риска.

Ключевые слова: *сон, стресс, миокард, глобальная продольная деформация, эхокардиография, перетренированность, Крайний Север.*

THE IMPACT OF SEVERE SLEEP DISORDERS CAUSED BY HIGH PSYCHOEMOTIONAL STRESS ON MYOCARDIAL FUNCTION

Andreev D.A., Kish A.A., Orlova N.Z.

State Research Center of the Russian Federation – A.I. Burnazyan Federal Medical Biophysical Center,
Federal Medical-Biological Agency, Moscow, Russia

ABSTRACT

Severe chronic sleep disturbances under high psychoemotional stress are associated with subclinical myocardial alterations. In this study, athletes with overtraining symptoms and professionals working in the Extreme North demonstrated reduced global longitudinal strain (GLS) despite preserved ejection fraction. The most pronounced changes were found in Northern workers, likely due to the combined impact of stress and environmental factors. These findings emphasize the importance of sleep quality monitoring for cardiovascular disease prevention and support the inclusion of GLS evaluation in risk group screening.

Keywords: *sleep, stress, myocardium, global longitudinal strain, echocardiography, overtraining, Extreme North.*

ВВЕДЕНИЕ

Расстройства сна, особенно хроническая бессонница, широко распространены и признаны важным фактором риска для сердечно-сосудистой системы. Эпидемиологические исследования показывают, что люди, страдающие бессонницей, имеют значительно более высокий риск развития сердечно-сосудистых событий. В частности, у пациентов с бессонницей риск инфаркта миокарда примерно на 69 % выше, чем у лиц без нарушений сна. В связи с этим эксперты призывают рассматривать хронические нарушения сна как самостоятельный фактор риска сердечно-сосудистых заболеваний [1, 2].

Одной из ключевых причин хронической бессонницы является длительный психоэмоциональный стресс, связанный с профессиональной деятельностью. Наглядными примерами служат ночные смены и экстремальные условия труда. Исследования показывают, что хроническое нарушение циркадного ритма у лиц, работающих в сменном режиме, способно приводить к ухудшению функции сердца. В частности, у мужчин, работающих в ночные смены, обнаружено снижение глобального продольного деформационного напряжения миокарда (GLS) по сравнению с работниками дневного режима. Авторы отмечают, что хроническое нарушение

режима сна и бодрствования (циркадного ритма) приводит к развитию дисфункции сердца [3, 4]. Другая форма профессионального стресса – работа в экстремальных климатических условиях Крайнего Севера – также сопряжена с хроническими нарушениями сна (например, из-за полярной ночи) и, как следствие, с повышением риска сердечно-сосудистых нарушений. По данным исследований в арктических регионах, в зимний период часто отмечается увеличение распространенности бессонницы, что связывают с нарушением биоритмов на фоне полярной ночи [5, 6].

Не менее значима проблема нарушений сна в спорте высоких достижений. Избыточные физические нагрузки и синдром перетренированности сопровождаются активацией стрессовых реакций организма, включая дисбаланс вегетативной нервной системы и изменение гормонального фона. Одним из симптомов перетренированности часто является ухудшение качества сна. Так, в клинических рекомендациях и обзорах указывается, что бессонница или беспокойный, неглубокий сон – частый признак чрезмерной тренированности спортсмена [7]. В частности, на симпатикотонической стадии синдрома перетренированности нередко развивается стойкая бессонница. Хронический дефицит сна в сочетании с физическим перенапряжением может негативно сказываться на сердечно-сосудистой системе спортсменов, несмотря на их высокий уровень тренированности [8].

Как острый, так и хронический недосып способны вызывать субклинические изменения сердечной функции. Показательно исследование, продемонстрировавшее, что уже острое лишение сна (в течение ~24 часов) приводит к измеримому ухудшению функции миокарда. У здоровых людей после 24 часов без сна с помощью эхокардиографии обнаружено достоверное снижение глобальной продольной деформации левого желудочка и правого желудочка, а также ухудшение показателей функции левого предсердия. Авторы сделали вывод, что острое лишение сна вызывает ухудшение функции обеих желудочков и левого предсердия; при этом применение спекл-трекинг эхокардиографии позволяет выявить субклиническое снижение насосной функции сердца [9].

Вместе с тем данные о влиянии хронической бессонницы на состояние сердца до сих пор противоречивы. Так, в популяционном исследовании с участием 788 практически здоровых людей не была обнаружена какая-либо четкая связь между наличием симптомов инсомнии и показателями систолической или диастолической функции левого желудочка. Авторы использовали современные эхокардиографические методики (в том числе тканевой допплер и оценку деформации миокарда) для выявления доклинической дисфункции, и отсутствие различий позволило им сделать вывод об отсутствии прямого неблагоприятного влияния бессонницы на сердце у здоровых лиц без других отягчающих факторов. Возможно, однако, что в общей популяции влияние одиночной бессонницы сглажено, тогда как в группах с экстремальным воздействием (высокий стресс, сверхнагрузки) эффекты становятся заметными [10].

Цель исследования: оценить влияние выраженных нарушений сна, связанных с профессиональным стрессом (психоэмоциональным и физическим перенапряжением), на функциональное состояние миокарда левого желудочка. Для достижения этой цели были поставлены следующие задачи: провести эхокардиографическую оценку основных показателей систолической и диастолической функции сердца у групп испытуемых с разным качеством сна; сравнить эти показатели между группами с нарушением сна и группами без такового; выявить специфические изменения миокарда, ассоциированные с хроническим дефицитом сна в условиях высокого стрессового напряжения.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Дизайн исследования: сравнительное кросс-секционное (поперечное) исследование четырех групп обследуемых.

Контингент обследуемых: в исследование включены 154 человека трудоспособного возраста, распределённые на 4 группы:

1-я группа (n = 51) – спортсмены с установленным синдромом перетренированности, испытывающие хронические нарушения сна (высокий показатель индекса качества сна по Питтсбургскому опроснику [PSQI ≥ 9]), указывает на выраженное

ухудшение качества сна. Все спортсмены 1-й группы продолжали тренировки, находясь в состоянии перенапряжения, и предъявляли жалобы на хроническую бессонницу или серьёзные проблемы с засыпанием/поддержанием сна.

2-я группа (n = 37) – специалисты, работающие в экстремальных условиях Крайнего Севера (вахтовый метод, полярные экспедиции и пр.), также с выраженными нарушениями сна. Поскольку условия Крайнего Севера негативно влияют на сон (перманентный световой день летом, полярная ночь зимой, а также высокий уровень профессиональных стрессовых факторов), для включения в эту группу требовалось снижение качества сна по PSQI не менее чем до 8 баллов (PSQI ≥ 8). Испытуемые 2-й группы периодически работают в условиях сдвинутого светового режима и экстремальных условиях, что сопровождалось жалобами на бессонницу, поверхностный и неэффективный сон.

3-я группа (n = 52) – элитные спортсмены (не ниже мастера международного класса) в период межсезонного отдыха, с удовлетворительным качеством сна. Данная группа сформирована для контроля влияния именно качества сна у лиц, похожих на 1-ю группу по профессиональной принадлежности (спортсмены), но не испытывающих на момент обследования ни перетренированности, ни значимых проблем со сном. Критерий включения: PSQI ≤ 5 (хорошее/удовлетворительное качество сна). Все спортсмены 3-й группы находились в фазе восстановления после соревновательного сезона, не имели значимых жалоб, спали в привычном режиме не менее 7–8 часов в сутки.

4-я группа (контроль, n = 14) – практически здоровые лица сходного возраста, не занимающиеся спортом профессионально и не работающие в экстремальных условиях. У них отсутствовал хронический стресс, связанный с режимом труда, и отмечался относительно стабильный режим сна-бодрствования. Критерий: PSQI ≤ 3 (отличное качество сна). Данная группа служит контрольной для сравнения как с профессиональными спортсменами, так и с работниками экстремальных профессий. Испытуемые 4-й группы не имели хронических заболеваний сердечно-сосудистой системы и других соматических патологий, потенциально влияющих на сон или сердце.

Эхокардиографическое исследование: всем участникам проведена трансторакальная эхокардиография (Эхо-КГ) на аппарате экспертного класса. Оценивались следующие ключевые показатели работы сердца [11]:

Фракция выброса левого желудочка (ЛВФВ, LVEF) – показатель систолической функции ЛЖ, выраженный в процентах (%). Рассчитывался с помощью модифицированного бипланового метода Симпсона. Нормальное значение для здоровых взрослых: ~52–72 %.

Глобальная продольная деформация миокарда левого желудочка (GLS) – чувствительный показатель сократимости миокарда, измеренный методом двумерной спекл-трекинг эхокардиографии. Выражается в процентах укорочения миокарда по длине; нормальные значения составляют –21 % у здоровых лиц (отрицательное значение означает сократимость, и чем более отрицательно, тем лучше сокращается сердце). Снижение абсолютного значения GLS (т. е. менее негативное, ближе к 0) указывает на ухудшение глобальной систолической функции, зачастую доклиническое, при сохранной фракции выброса.

Сердечный выброс (СВ, CO) – объем крови, выбрасываемый сердцем в минуту, в литрах в минуту (л/мин). Данный показатель рассчитывался как произведение ударного объема на частоту сердечных сокращений. СВ отражает гемодинамическую продуктивность сердца. Нормальные значения варьируют в зависимости от пола, размера тела и тренированности; у здоровых взрослых в покое обычно ~4–6 л/мин.

Соотношение E/A – диастолический допплеровский индекс трансмитрального кровотока, равный отношению амплитуды раннего диастолического наполнения левого желудочка (волна E) к амплитуде систолы предсердия (волна A). E/A является показателем диастолической функции ЛЖ: у молодых людей обычно E/A 0,8–2.0 (преобладание раннего наполнения), с возрастом соотношение снижается (< 0,8 указывает на нарушение релаксации), а при выраженной диастолической дисфункции может вновь повышаться (> 0,8, так называемый псевдонормальный вариант, отражающий повышение давления наполнения).

Скорость раннего диастолического движения митрального кольца (e') – получена методом тканевой допплерографии (TDI) на уровне фиброзного кольца митрального клапана. Измеряли отдельно медиальную (септальную) компоненту e' (обозначена как em) и латеральную компоненту (el) в см/с. Показатель e' характеризует активность расслабления миокарда в диастолу: снижение e' свидетельствует о нарушении диастолической функции (ухудшение расслабления ЛЖ). У здоровых лиц молодого возраста типичные значения: e' латеральное более 10 см/с, септальное более 7 см/с; с возрастом они снижаются. Особое диагностическое значение имеет отношение E/e' (непосредственно отражает давление наполнения ЛЖ), однако в рамках данной работы анализировались только абсолютные значения e' для характеристики релаксации.

Статистический анализ: для каждого количественного показателя рассчитаны среднее значение (M) и стандартное отклонение (SD) по группам. Проверка распределения показателей на нормальность осуществлялась критерием Шапиро –Уилка; все изученные параметры имели распределение, не значительно отличающееся от нормального. Для сравнения средних величин между четырьмя группами использовали дисперсионный анализ (ANOVA). Значение $p < 0,05$ считали статистически значимым. В случае выявления общей значимости различий (ANOVA $p < 0,05$) дополнительно выполняли парные сравнения групп с помощью t-теста в модификации для неравных дисперсий (критерий Стьюдента с поправкой Уэлча) либо тест Тьюки для множественных сравнений; при множественных сравнениях учитывали уровень значимости с поправкой Бонферрони. Основные результаты представлены в виде таблиц и графиков (ящиковых диаграмм), иллюстрирующих различия между группами.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Характеристика групп. Средний возраст участников исследования, мужчин, составил 32 ± 6 лет. Артериальное давление и частота сердечных сокращений (ЧСС) в покое у всех участников находились в пределах возрастной нормы; у спортсменов отмечалась тенденция к более низкой ЧСС в покое (брадикардия до 55–60 уд/мин у тренированных атлетов групп 1 и 3). Существенных хронических заболеваний, способных повлиять на состояние сердца, ни у одного испытуемого не выявлено (критерием включения было практическое здоровье, помимо собственно исследуемых факторов нагрузки и сна).

Сравнительная эхокардиографическая характеристика. В таблице 1 приведены основные показатели эхокардиографии (средние ± SD) в четырех группах, а также уровень значимости различий между группами по данным дисперсионного анализа (ANOVA).

Из таблицы 1 видно, что между группами наблюдаются статистически значимые различия по большинству изученных показателей (кроме сердечного выброса, $p = 0,071$). Прежде всего обращает на себя внимание различие глобальной систолической

Таблица 1

Средние значения ключевых показателей эхокардиографии (M ± SD) в исследуемых группах, n = 154

Параметр	Группа 1 (n = 51)	Группа 2 (n = 37)	Группа 3 (n = 52)	Группа 4 (n = 14)	p (ANOVA)
LVEF (%)	63,9 ± 5,1	63,9 ± 7,5	58,4 ± 4,1	63,9 ± 5,1	< 0,001
GLS (%)	–17,8 ± 1,1	–16,0 ± 1,7	–21,6 ± 0,4	–22,1 ± 0,5	< 0,001
CO (л/мин)	5,4 ± 1,1	5,9 ± 1,4	5,7 ± 0,8	5,6 ± 1,2	0,071
E/A	1,3 ± 0,3	1,1 ± 0,4	1,0 ± 0,4	1,2 ± 0,3	< 0,001
e`m (см/с)	9,8 ± 1,6	9,1 ± 2,6	9,6 ± 1,1	10,6 ± 2,0	0,047
e`l (см/с)	12,2 ± 1,7	12,4 ± 3,2	11,3 ± 1,0	13,2 ± 2,6	0,005

Примечание: (группа 1 – спортсмены с перетренированностью, плохой сон; группа 2 – специалисты Крайнего Севера, плохой сон; группа 3 – спортсмены в период отдыха, хороший сон; группа 4 – контроль, хороший сон).

функции: глобальная продольная деформация (GLS) левого желудочка существенно ослаблена у лиц с хроническим нарушением сна на фоне стресса. В группах 1 и 2 (плохой сон) значения GLS заметно менее отрицательны, чем в группах с хорошим сном. Так, в группе 2 (специалисты Крайнего Севера) средняя GLS составила всего –16,0 ± 1,7 %, что значительно хуже, чем –22,1 ± 0,5% в контрольной группе 4 (разница ≈6 процентных пунктов; $p < 0,001$). У спортсменов с перетренированностью (группа 1) GLS также снижена (–17,8 ± 1,1%), статистически значимо отличаясь от контроля ($p < 0,001$). Для сравнения: у спортсменов в период отдыха (группа 3) показатель GLS находился на уровне –21,6 ± 0,4 %, близком к контрольному и достоверно более негативном (лучше), чем у группы 1 ($p \leq 0,001$) и особенно группы 2 ($p \leq 0,001$). Иными словами, у групп с нормальным сном (3 и 4) глобальная сократимость миокарда ЛЖ была высокой и сопоставимой между собой (различие между группой 3 и контролем невелико, хотя формально значимо, $p = 0,003$), тогда как в группах с нарушением сна наблюдается субклиническое снижение систолической функции – наиболее выраженное у группы 2 (экстремальные условия труда) и в несколько меньшей степени у перетренированных спортсменов (группа 1).

Показатель фракции выброса ЛЖ (LVEF) при этом не демонстрировал аналогичной картины. Во всех группах средняя ЛВФВ оставалась в пределах нормальных значений (> 55 %). Более того, в группах с нарушением сна средняя фракция выброса оказалась даже чуть выше, чем у спортсменов на отдыхе: так, в группе 3 LVEF была наименьшей и равнялась 58,4 ± 4,1 %, тогда как в группах 1, 2 и 4 – около 63–64 % (табл. 1). Статистически LVEF в группе 3 достоверно ниже, чем в группе 1 ($p < 0,001$), группе 2 ($p < 0,001$) и контроле ($p = 0,0015$). Различия между группами 1, 2 и 4 по LVEF, напротив, незначимы ($p > 0,1$). Данный на первый взгляд неожиданный результат отражает феномен, характерный для спортсменов: у тренированных атлетов в состоянии покоя фракция выброса может быть слегка сниженной (в пределах нормы) за счёт увеличения конечного диастолического объёма. В нашем случае элитные спортсмены в период отдыха (группа 3) демонстрируют именно такую картину: несколько пониженная LVEF на фоне отличного GLS. Таким образом, по LVEF нельзя было выявить ухудшение сократимости у групп с плохим сном – напротив, у неспящих групп 1 и 2 LVEF сохранилась на уровне контроля. Это подчёркивает важность использования продольного стрейна как более чувствительного индикатора: даже при сохранной LVEF хронический стресс и недосып приводят к снижению глобальной деформации миокарда (GLS), что указывает на начало субклинической систолической дисфункции.

Сердечный выброс (СВ) в покое имел тенденцию к различиям между группами, однако формальный критерий значимости не достигнут ($p = 0,07$). Тем не менее при попарном сравнении выявлено, что у группы 1 (перетренированность) средний СВ несколько ниже, чем у группы 2 и 3 (оба $p < 0,05$). В группе 1 средний минутный объём крови составлял 5,35 ± 1,09 л/мин, тогда как в группе 2 – 5,95 ± 1,36 л/мин, в группе 3 – 5,74 ± 0,75 л/мин (см. табл. 1). Контрольная группа имела промежуточное значение 5,60 ± 1,18 л/мин. Таким образом, можно отметить склонность к более низкому сердечному выбросу у перетренированных спортсменов с недосыпанием. Это может быть связано с брадикардией в покое у тренированных лиц вместе с некоторым снижением сократимости (GLS) вследствие переутомления. Группа же экстремальных специалистов (группа 2), напротив, имела, казалось бы, повышенный СВ (5,95 л/мин, наибольший среди групп), что может отражать повышенный симпатический тонус и стрессовую гипердинамию кровообращения.

Диастолическая функция. Параметры диастолической релаксации миокарда также заметно различались между группами (табл. 1). Наиболее показательными являются изменения скоростей e' и соотношения E/A.

В группе 3 (спортсмены на отдыхе, хороший сон) отмечены признаки замедленной релаксации ЛЖ: соотношение E/A = 1,00 ± 0,40, что ниже, чем в контроле (1,21 ± 0,30, $p = 0,034$). У половины спортсменов 3-й группы фиксировалось соотношение E/A ≤ 1,0, тогда как в контроле подобных низких значений встречалось меньше. Кроме того, у группы 3 зарегистрирована самая низкая скорость латерального e': 11,3 ± 1,0 см/с против

13,2 ± 2,6 см/с в контроле (различие статистически значимо, p = 0,014). Септальная скорость e' у группы 3 также несколько снижена относительно контроля (9,6 против 10,6 см/с), но разница не достигла значимости (p ≈ 0,08). Подобный диастолический профиль у спортсменов высоких достижений может объясняться особенностями «спортивного сердца»– у тренированных лиц часто наблюдается умеренная гипертрофия миокарда и увеличение полостей, что может приводить к незначительному снижению показателей релаксации в покое. В то же время у данной группы отсутствуют какие-либо жалобы или признаки сердечной недостаточности; снижение e' и E/A сочетается с отличной систолической функцией (высокий GLS), поэтому, скорее всего, отражает адаптивные изменения сердца спортсменов в сочетании с, возможно, несколько повышенным тонусом парасимпатической системы (высокий вагус при отдыхе может уменьшать E/A за счёт сниженной ЧСС).

В группе 1 (перетренированные спортсмены с нарушением сна) картина диастолической функции иная. Для них оказалось характерным повышение E/A: среднее значение E/A = 1,34 ± 0,31, что выше, чем в контроле (1,21), и значительно выше, чем у спортсменов на отдыхе (1,00, p = 5,1×10^–6). Более чем у половины испытуемых 1-й группы E/A превышало 1,3, тогда как в группе 3 ни у кого E/A > 1,3 не отмечалось. Повышенное E/A в группе 1 на фоне тенденции к сниженным e' (септальное 9,8 против 10,6 см/с в контроле; латеральное 12,2 против 13,2 см/с) теоретически может указывать на так называемый псевдонормализованный тип диастолического наполнения.

Псевдонормализация характеризует скрытое нарушение релаксации, маскируемое возросшим давлением наполнения ЛЖ (при повышенном диастолическом давлении E/A парадоксально возрастает до ложной нормы или выше). Однако в нашем случае различия e' у группы 1 не столь велики и не достигли статистической значимости по сравнению с контролем, поэтому однозначно интерпретировать повышенное E/A трудно. Альтернативным объяснением может быть влияние тренированности и стрессовых гормонов: у переутомленных спортсменов, испытывающих высокий симпатический тонус, раннее диастолическое наполнение (волна E) может усиливаться из-за тахикардии и повышенного возврата крови, тогда как сокращение предсердий (волна A) не увеличивается столь значительно – отсюда и более высокое отношение E/A. Таким образом, группа 1 демонстрирует противоречивые признаки диастолической функции: с одной стороны, несколько сниженные скорости e' (указывает на нарушение релаксации), с другой – повышенное E/A (указывает на нормальное или даже лучшее наполнение). Полученные изменения отражают начальные стадии (скрытые признаки) диастолических изменений, пока не сформировавшихся полностью.

Группа 2 (работники Крайнего Севера с недосыпанием) показала наиболее отчётливые отклонения диастолической функции, схожие с типичным нарушением релаксации. У этой группы среднее E/A = 1,11 ± 0,38, то есть немного ниже контроля (1,21), хотя разница статистически незначима. Однако на фоне этого у группы 2 достоверно снижена септальная скорость e' (9,1 ± 2,6 см/с против 10,6 ± 2,0 см/с у контроля, p = 0,033), что свидетельствует о замедленном расслаблении миокарда. Латеральный e' также несколько снижен (12,4 ± 3,2 см/с против 13,2 см/с у контроля), хотя разница на уровне тенденции. Таким образом, у лиц, работающих в суровых условиях и хронически недосыпающих (2-я группа), также выявляются ранние признаки диастолической дисфункции: снижение скорости расслабления ЛЖ. Вероятно, постоянный стресс и нарушение сна у этих испытуемых приводят к повышению жесткости миокарда (например, через гиперактивность симпатической нервной системы, повышение артериального давления ночью, оксидативный стресс и др.), что отражается на диастолических показателях.

Распределения значений показателей в группах приведены на рисунке 1 и рисунке 2.

Диаграмма размаха показывает распределение значений глобальной продольной деформации (GLS) в четырех исследуемых группах. Серой пунктирной линией отмечен диагностический порог нормы (–22 %). У групп с нарушениями сна (1 и 2) медианные значения GLS выше (менее отрицательные), что свидетельствует о снижении

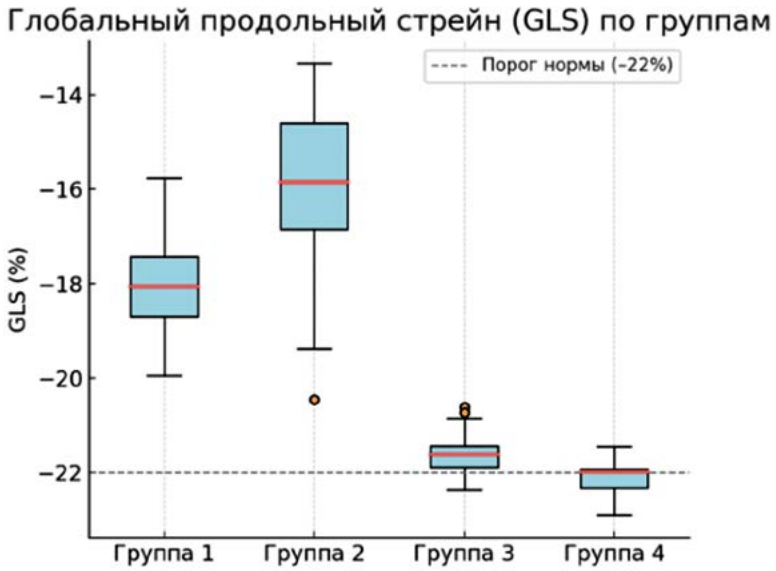

Рис. 1 – Показатель глобальной продольной деформации (GLS) в исследуемых группах

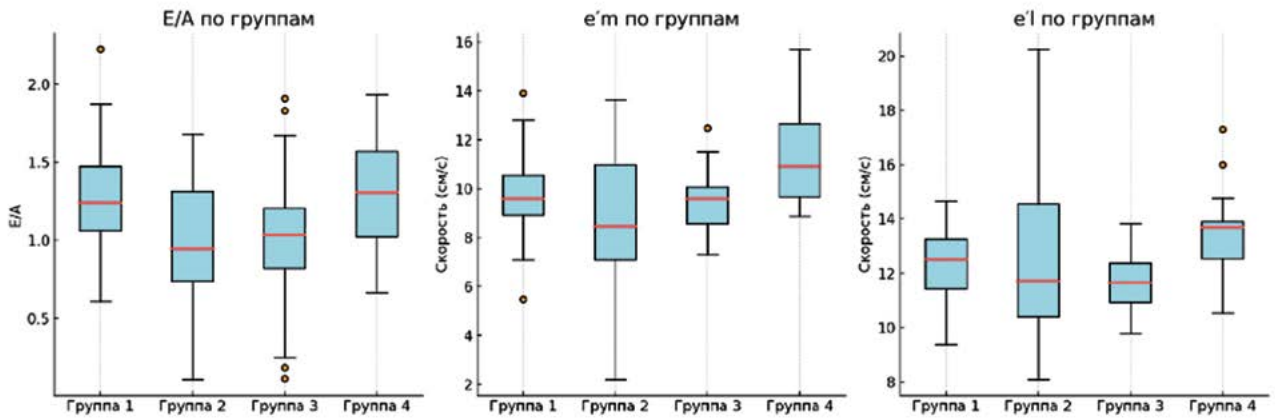

Рис. 2 – Диаграммы размаха диастолических показателей E/A, e'm и e'l по группам

сократительной функции миокарда по сравнению с группами с нормальным сном (3 и 4). Наиболее выраженное снижение наблюдается у специалистов Крайнего Севера (группа 2).

Распределение значений диастолических показателей (отношение E/A, скорость e' медиальная и латеральная) в исследуемых группах представлено на рисунке 2.

На рисунке 2 представлено распределение трёх ключевых диастолических показателей: отношения E/A (слева), скорости раннего диастолического движения медиального сегмента митрального кольца e'm (в центре) и латерального сегмента e'l (справа). У групп с нарушениями сна (особенно группа 2) отмечено снижение скоростей e', что указывает на замедление релаксации миокарда. У спортсменов с перетренированностью (группа 1) наблюдается повышенное E/A, а у спортсменов на отдыхе (группа 3) – снижение E/A по сравнению с контролем.

Видно, что у группы 1 (перетренированность, плохой сон) отношение E/A имеет тенденцию к более высоким значениям. Наоборот, у спортсменов группы 3 (хороший сон) E/A смещён вниз (многие значения около 1,0 или ниже). По скорости раннего диастолического движения e' заметно снижение у групп 2 и 3 по сравнению с контролем: у группы 2 в большей степени снижен медиальный e' (что согласуется с начальным нарушением релаксации), а у группы 3 – латеральный e' (возможно, из-за влияния спортивной сердечной адаптации). Группа 1

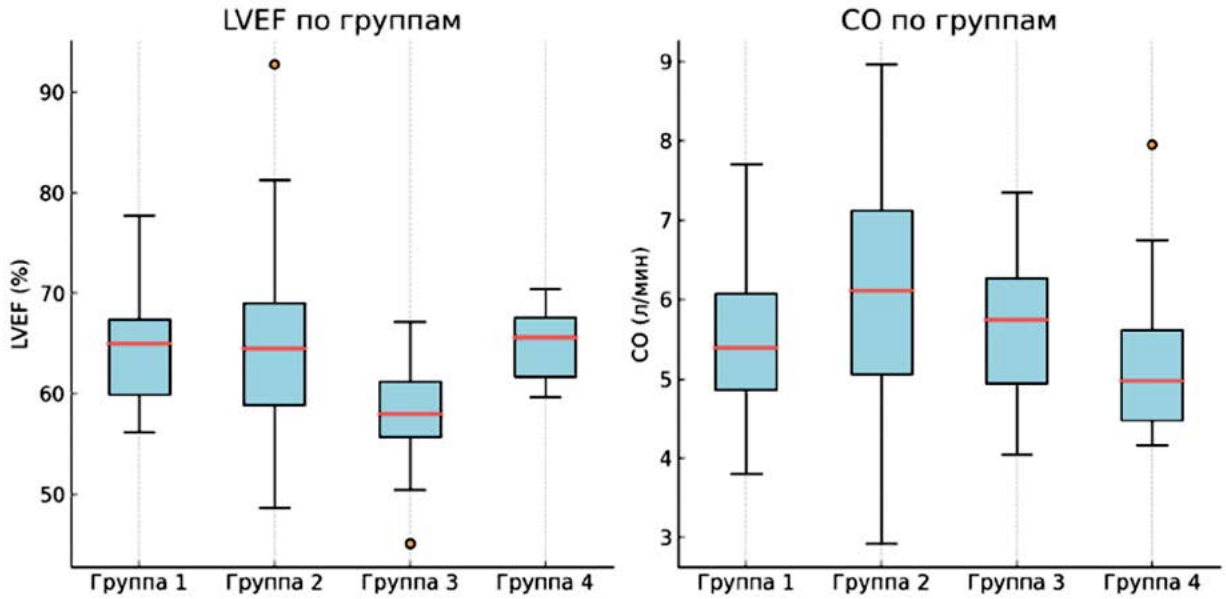

Рис. 3 – Диаграммы размаха LVEF и CO по группам

занимает промежуточное положение: её значения e' близки к контролю, что согласуется с компенсированной стадией диастолической функции, несмотря на возросшее E/A.

На рисунке 3 слева представлено распределение фракции выброса левого желудочка (LVEF), справа – сердечного выброса (CO) в четырех группах. LVEF находится в пределах нормы у всех участников, однако у спортсменов в период отдыха (группа 3) медианное значение ниже, что связано с физиологическими особенностями «спортивного сердца». Показатели CO имеют схожий диапазон в группах, без выраженных различий.

Таким образом, обобщая полученные результаты, у лиц, испытывающих хронический стресс и нарушенный сон (группы 1 и 2), выявлены признаки субклинического снижения сократительной способности миокарда (по уменьшению GLS) при сохранной фракции выброса. Кроме того, отмечены начальные признаки диастолической дисфункции левого желудочка – в особенности у группы 2 (снижение скорости e' септальной стенки). У спортсменов, находящихся в восстановительном периоде без стрессов (группа 3, сон в норме), напротив, показатели GLS и e' близки к контрольным или лишь минимально отличаются, что свидетельствует о сохранном состоянии миокарда.

Некоторые отличия группы 3 от контроля (чуть более низкие LVEF, E/A, e' l), вероятно, обусловлены эффектом тренированности и не являются следствием проблем со сном. В целом наиболее неблагоприятный профиль показателей наблюдается у группы 2 – специалистов, работающих в экстремальных условиях с нарушением сна (у них и наихудший GLS, и отчетливое снижение e'). Группа 1 (спортсмены с перетренированностью и бессонницей) также демонстрирует отклонения, хотя менее выраженные, чем группа 2, и частично компенсированные (нормальная LVEF, относительно сохранные e').

ОБСУЖДЕНИЕ

Наше исследование показало, что хронический недосып в условиях высокого стресса вызывает доклинические нарушения функции миокарда. У спортсменов с перетренированностью и специалистов Крайнего Севера выявлено снижение глобальной продольной деформации (GLS), что указывает на субклиническое ухудшение сократимости. Эти данные согласуются с результатами об остром лишении сна [12] и подтверждают, что длительный дефицит сна при стрессовой деятельности усиливает перегрузку сердца.

При этом традиционные показатели, такие как фракция выброса, оставались в норме, что согласуется с наблюдениями в исследовании Strand et al. [10]. Однако комбинация хронического недосыпа и стресса выявляется с помощью методики

расширенной ЭХО-КГ, что делает их более ценными в ранней диагностике.

Снижение GLS рассматривается как предиктор неблагоприятных исходов: хронический стресс и бессонница у работников Крайнего Севера ассоциированы с повышенной смертностью от сердечно-сосудистых заболеваний [13]. Возможные механизмы включают симпатическую гиперактивацию при перетренированности, а также микровоспаление, высокое давление и неблагоприятные факторы среды у северян [14].

Сравнение групп показало, что у спортсменов при отдыхе показатели близки к норме, тогда как у специалистов, работающих в экстремальных условиях на Крайнем Севере, снижение GLS было выраженным (~ до –16 %). Это подтверждает, что именно сочетание «стресс + бессонница» ведёт к наиболее неблагоприятным изменениям. Сон играет ключевую роль в восстановлении организма, его ухудшение – ранний маркер перетренированности [15].

Практически это означает необходимость регулярной оценки сна (например, PSQI), контроля нагрузки и раннего кардиоскрининга с использованием GLS и диастолических индексов, оцениваемых в покое и под нагрузкой. Выявление отклонений у формально здоровых лиц должно вести к коррекции образа жизни. Ограничения исследования (малый объём выборки, поперечный дизайн) не снижают значимости выводов.

Наконец, наши результаты согласуются с известными данными об обструктивном апноэ сна, где хроническая фрагментация сна и гипоксия приводят к ремоделированию сердца [16]. Таким образом, даже психогенная бессонница без дыхательных нарушений способна вызывать неблагоприятные изменения, подчёркивая важность полноценного сна для профилактики сердечно-сосудистых заболеваний.

ВЫВОДЫ

1. Хронические выраженные нарушения сна, связанные с высоким психоэмоциональным напряжением, приводят к субклиническому ухудшению функций миокарда. У спортсменов с перетренированностью и у специалистов, работающих в экстремальных условиях (при наличии стойкой бессонницы), выявлено достоверное снижение глобальной продольной деформации миокарда левого желудочка (GLS) по сравнению с лицами, имеющими адекватный сон. Это указывает на начальное снижение сократительной способности сердца, которое не отражается на фракции выброса, но определяется при проведении расширенной эхокардиографии.

2. Нарушения сна на фоне стресса ассоциированы с ранними признаками диастолической дисфункции левого желудочка. У групп с недосыпанием наблюдается снижение скорости раннего диастолического расслабления миокарда (e'), особенно выраженное у лиц, работающих в условиях Крайнего Севера. Также отмечены изменения соотношения E/A: у перетренированных спортсменов E/A повышено (возможно, признак повышенного давления наполнения или влияния симпатической активации), а у спортсменов без нарушений сна – наоборот, несколько снижено (что можно связать с эффектом «спортивного сердца» и высокой вагусной активностью). Эти изменения свидетельствуют о влиянии хронического стресса и бессонницы на способность миокарда полноценно расслабляться в диастолу.

3. Полноценный сон и отдых способствуют сохранению нормальной функции сердца даже при высоких нагрузках. Элитные спортсмены в восстановительном периоде с хорошим качеством сна демонстрируют показатели систолической и диастолической функции, близкие к контрольным. Несмотря на предыдущие интенсивные нагрузки, их миокард успешно восстановился, о чём говорят нормальный GLS (~ –21…–22 %) и удовлетворительные диастолические индексы. В отличие от этого, у спортсменов, продолжавших нагрузки без достаточного сна, появились отклонения в сердце. Данный вывод подчёркивает необходимость соблюдения баланса между работой/тренировками и сном для профилактики кардиологических проблем.

4. Расширенный протокол эхокардиографии (в покое и под нагрузкой) – ценный метод выявления скрытой кардиодисфункции при бессоннице. В нашем исследовании именно измерение глобального продольного стрейна выявило различия между группами, тогда как стандартная эхокарди-

ография (LVEF) была недостаточно чувствительна. Рекомендуется использовать данный метод при обследовании лиц из группы риска (спортсменов с признаками перетренированности, работников ночных смен и др.), жалующихся на хронический недосып. Выявление снижения GLS или замедления релаксации (низкий e') у таких пациентов должно рассматриваться как повод к вмешательству – коррекции режима сна, снижению стрессовых нагрузок – во избежание прогрессирования до явной сердечной патологии.

5. Профилактика и коррекция нарушений сна – важное направление сохранения сердечного здоровья в группах высокого риска. Необходимо повышать осведомлённость спортсменов и специалистов экстремальных профессий о вреде хронического недосыпания. Меры, направленные на улучшение гигиены сна (строгий режим, оптимизация условий отдыха, немедикаментозная коррекция), а также управление стрессом (психологическая поддержка, техники расслабления), могут иметь существенный положительный эффект на состояние сердечно-сосудистой системы [17]. Полученные нами результаты подтверждают, что нормализация сна должна рассматриваться как компонент профилактики синдрома перетренированности и других стресс-индуцированных состояний, чтобы предотвратить развитие кардиомиопатий и сохранить высокое качество жизни, спортивной профессиональной результативности [18].

В заключение: наше исследование показало, что сердце чутко реагирует на хронический психофизический стресс и дефицит сна. Выявленные субклинические изменения – это предупреждающий сигнал. Адекватный сон – не менее важная составляющая здорового образа жизни, чем регулярные физические нагрузки и правильное питание. Особенно это актуально для тех, чья деятельность связана с экстремальными нагрузками. Забота о сне сегодня – это вклад в здоровье сердца завтра [19].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Dean YE, Shebl MA, Rouzan SS, Bamousa BAA, Talat NE, Ansari SA, Tanas Y, Aslam M, Gebril S, Sbitli T, Eweis R, Shahid R, Salem A, Abdelaziz HA, Shah J, Hasan W, Hakim D, Aiash H. Association between insomnia and the incidence of myocardial infarction: A systematic review and meta-analysis. Clin Cardiol. 2023 Apr;46(4):376-385. doi: 10.1002/clc.23984. Epub 2023 Feb 25. PMID: 36841256; PMCID: PMC10106668.
2. 2. Драпкина Оксана Михайловна, Шепель Руслан Николаевич. Продолжительность сна: современный взгляд на проблему с позиций кардиолога // РФК. 2015. № 4.
3. 3. Zhou M, Zhang J, Zhao J, Liao M, Wang S, Xu D, Zhao B, Yang C, Hou G, Tan J, Liu J, Zhang W, Yin L. Sex difference in cardiac performance in individuals with irregular shift work. Int J Cardiol Cardiovasc Risk Prev. 2023 Oct 7;19:200219. doi: 10.1016/j.ijcrp.2023.200219. PMID: 37841448; PMCID: PMC10569979.
4. 4. Будневский А. В. и соавт. Влияние нарушения сна на течение артериальной гипертензии/ А. В. Будневский, Е. С. Дробышева, Р. Е. Токмачев, Н. В. Резова. // Лечащий врач № 7/2019; Номера страниц в выпуске: 28–30.
5. 5. Young TK, Broderstad AR, Sumarokov YA, Bjerregaard P. Disparities amidst plenty: a health portrait of Indigenous peoples in circumpolar regions. Int J Circumpolar Health. 2020 Dec;79(1):1805254. doi: 10.1080/22423982.2020.1805254. PMID: 32865150; PMCID: PMC7480410.
6. 6. Бочкарев, М. В. Продолжительность и качество сна – есть ли связь с сердечно-сосудистыми заболеваниями? / М. В. Бочкарев, Л. С. Коростовцева, Ю. В. Свиряев // Артериальная гипертензия. – 2014. – Т. 20, № 5. – С. 450–461. – EDN TAIGYH.
7. 7. Meeusen R., Duclos M., Foster C., Fry A., Gleeson M., Nieman D., Raglin J., Rietjens G., Steinacker J., Urhausen A. Prevention, diagnosis, and treatment of the overtraining syndrome: joint consensus statement of the European College of Sport Science and the American College of Sports Medicine. Medicine & Science in Sports & Exercise. 2013;45(1):186–205. https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e318279a10a.
8. 8. Fiala O., Hanzlova M., Borska L., Fiala Z., Holmannova D. Beyond physical exhaustion: Understanding overtraining syndrome through the lens of molecular mechanisms and clinical manifestation. Sports Medicine and Health Science. 2025;7(4):237–248. https://doi.org/10.1016/j.smhs.2025.01.006.
9. 9. Bingöl G., Demir F.A., Özmen E., Ünlü S., Özden Ö., Böyük F., Tüner H., Nasifov M., Çamkıran V., Sarı İ. Acute

sleep deprivation: impairment of biventricular function assessed by speckle tracking echocardiography in healthy subjects. Sleep and Breathing. 2023;27(6):2241–2247. https://doi.org/10.1007/s11325-023-02837-w.

10. 10. Strand L.B., Laugsand L.E., Dalen H., Vatten L., Janszky I. Insomnia and left ventricular function – an echocardiography study. Scandinavian Cardiovascular Journal. 2016;50(3):187–192. https://doi.org/10.3109/14017431.2016.1157205.
11. 11. Саидова М.А., Мироненко М.Ю., Сафарова А. Ф., Павлюкова Е. Н., Бощенко А.А., Ярославская Е. И., Ахунова С.Ю., Скидан В. И., Иртюга О.Б., Козленок А.В., Федорова Д. Н. Выполнение стандартной трансторакальной эхокардиографии. Методические рекомендации 2024. Российский кардиологический журнал. 2025;30(2):6271. doi: 10.15829/1560-4071-2025-6271.
12. 12. Pattyn N., Mairesse O., Cortoos A., et al. Sleep during an Antarctic summer expedition: new light on 'polar insomnia' // Journal of Applied Physiology. 2017. Vol. 122, No. 4. P. 788–794. doi: 10.1152/japplphysiol.00606.2016.
13. 13. Солонин Ю.Г., Бойко Е.Р. Медико-физиологические аспекты жизнедеятельности в Арктике // Арктика: экология и экономика. 2015. № 1 (17). С. 70–75.
14. 14. Новиков В.С., Сороко С.И., Шустов Е.Б. Дезадаптационные состояния человека при экстремальных воздействиях и их коррекция. СПб.: Политехника-принт; 2018.
15. 15. Lastella M, Vincent GE, Duffield R, Roach GD, Halson SL, Heales LJ, Sargent C. Can Sleep Be Used as an Indicator of Overreaching and Overtraining in Athletes? Front Physiol. 2018 Apr 24;9:436. doi: 10.3389/fphys.2018.00436. PMID: 29740346; PMCID: PMC5928142.
16. 16. D'Andrea, A., Canora, A., Sperlongano, S. et al. Subclinical impairment of dynamic left ventricular systolic and diastolic function in patients with obstructive sleep apnea and preserved left ventricular ejection fraction. BMC Pulm Med 20, 76 (2020). https://doi.org/10.1186/s12890-020-1099-9.
17. 17. Муртазина Е.П., Коробейникова И.И., Поскотинова Л.В., Каратыгин Н.А., Перцов С.С. Анализ когнитивных функций и нейрофизиологических процессов при адаптации человека к условиям Арктики // Российский медико-биологический вестник имени академика И. П. Павлова. 2023. Т. 31, № 2. С. 293–304. DOI: https://doi.org/10.17816/PAVLOVJ109581.
18. 18. Mairesse O, MacDonald-Nethercott E, Neu D, Tellez HF, Dessy E, Neyt X, Meeusen R, Pattyn N. Preparing for Mars: human sleep and performance during a 13 month stay in Antarctica. Sleep. 2019 Jan 1;42(1). doi: 10.1093/sleep/zsy206.
19. 19. Караяни А.Г., Утлик Э.П. Психофизиология боевой деятельности в Арктике // Психопедагогика в Правоохранительных Органах. 2019. Т. 24, № 3 (78). С. 246–254. doi: 10.24411/1999-6241-2019-13001.

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ МЕТОДИКИ РАННЕГО ВЫЯВЛЕНИЯ И КОРРЕКЦИИ СКРЫТОЙ ДИСФУНКЦИИ СЕРДЦА У ПЕРСОНАЛА, РАБОТАЮЩЕГО В УСЛОВИЯХ КРАЙНЕГО СЕВЕРА ВАХТОВЫМ МЕТОДОМ

УДК 612.179:616.12-073.43

Д.А. Андреев[1], А.А. Киш[1], А.С. Самойлов[2], А.А. Спасский[3]

[1]Федеральное государственное бюджетное учреждение
«Государственный научный центр Российской Федерации – Федеральный медицинский биофизический центр
имени А.И. Бурназяна Федерального медико-биологического агентства», Москва, Россия
[2]Федеральное государственное бюджетное научное учреждение
«Научно-исследовательский институт медицины труда имени академика Н.Ф. Измерова», Москва, Россия
[3]Российский Университет Дружбы Народов им. Патриса Лумумбы

РЕЗЮМЕ

В статье представлена методика раннего выявления и немедикаментозной коррекции скрытой дисфункции сердца у специалистов, работающих вахтовым методом в условиях Крайнего Севера. Обследование проводилось с использованием расширенного протокола эхокардиографии (ЭХО-КГ) с оценкой глобальной продольной деформации миокарда (GLS). В исследовании приняли участие 52 человека, из которых у 37 специалистов опасных профессий были выявлены признаки скрытой систолической и диастолической дисфункции левого желудочка, развивавшейся в первые 7–10 дней работы в экспедиционных условиях. Назначенные персонализированные программы аэробной физической активности показали высокую эффективность, обеспечивая восстановление показателей GLS и нормализацию систолической и диастолической функции миокарда у работников, подвергающихся экстремальным физическим и психоэмоциональным нагрузкам. Полученные результаты подтверждают необходимость динамического мониторинга состояния сердечно-сосудистой системы и внедрения разработанной методики в практику медицинского сопровождения работников экстремальных профессий.

Ключевые слова: *скрытая дисфункция сердца, эхокардиография, глобальная продольная деформация миокарда (GLS), немедикаментозная коррекция, аэробная физическая активность, Крайний Север, вахтовый метод.*

EVALUATION OF THE EFFECTIVENESS OF A METHOD FOR EARLY DETECTION AND CORRECTION OF LATENT CARDIAC DYSFUNCTION IN PERSONNEL WORKING IN THE FAR NORTH UNDER ROTATIONAL SHIFT CONDITIONS

Andreev[1] D.A., Kish[1] A.A., Samoilov[2] A.S., Spasskiy A.A.[3]

[1]State Research Center of the Russian Federation – A.I. Burnazyan Federal Medical Biophysical Center,
Federal Medical-Biological Agency, Moscow, Russia
[2]Federal State Budgetary Scientific Institution Research Institute of Occupational Medicine
named after Academician N.F. Izmerov, Moscow, Russia
[3]Peoples' Friendship University of Russia named after Patrice Lumumba

SUMMARY

The article presents a method for early detection and non-pharmacological correction of latent cardiac dysfunction in shift workers operating in the Extreme North. The study involved an extended echocardiography (ECHO-CG) protocol with an assessment of global longitudinal strain (GLS). A total of 52 male participants were examined, including 37 workers of hazardous professions, among whom early signs of systolic and diastolic left ventricular

dysfunction were revealed within the first 7–10 days of work under expeditionary conditions. Personalized aerobic exercise programs demonstrated high efficiency, leading to the recovery of GLS values and normalization of systolic and diastolic function. The findings highlight the necessity of dynamic cardiovascular monitoring and the integration of this methodology into occupational health programs for workers in extreme environments.

Keywords: *latent cardiac dysfunction, echocardiography, global longitudinal strain (GLS), non-pharmacological correction, aerobic exercise, Extreme North, shift work.*

ВВЕДЕНИЕ

Профессиональная деятельность персонала, работающего на Крайнем Севере, сопряжена с множественными неблагоприятными условиями: экстремальным холодом, высокой влажностью и сильными ветрами, ярко выраженными полярными днями и ночами, что приводит к гипоксии, ускоренному метаболизму, нарушению сна, изменению эмоционального состояния и повышенному риску сердечно-сосудистых заболеваний [1; 2].

Решение проблем сохранения и укрепления здоровья работников в этих условиях не всегда возможно в рамках только периодических медицинских осмотров. Требуется применение донозологической диагностики сердечно-сосудистой системы и методов раннего выявления скрытой дисфункции и ремоделирования сердца, а также контроль текущего психоэмоционального состояния и психофизиологической адаптации к экстремальным условиям жизнедеятельности [3; 4; 5; 6].

В современной медицине термин «ремоделирование сердца» определяется как совокупность молекулярных, клеточных и интерстициальных изменений, которые клинически проявляются изменением размеров, формы и функции сердца в ответ на повреждение. Ряд авторов рассматривают дисфункцию сердца как часть функционального ремоделирования при различных патологических состояниях [7; 8; 10].

Дисфункция левого желудочка – это изменение его функции, приводящее к недостаточной доставке крови к органам и тканям. Она подразделяется на сердечную недостаточность со сниженной фракцией выброса, умеренно сниженной и сохранной фракцией выброса. Эта градация учитывает систолическую функцию в покое, но не отражает значение показателя глобальной продольной деформации миокарда (GLS), который в последние годы рассматривается как значимый диагностический критерий раннего выявления скрытой дисфункции миокарда, наряду с LVEF [9].

Целью настоящего исследования явилась оценка эффективности методики раннего выявления и немедикаментозной коррекции скрытой дисфункции сердца у специалистов, работающих в условиях Крайнего Севера вахтовым методом.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В исследовании приняли участие 52 человека мужского пола, средний возраст 42 ± 7 лет, в том числе 37 специалистов опасных профессий, работающих вахтовым методом и 14 человек обслуживающего персонала (повара, медперсонал), постоянно находящиеся в условиях Крайнего Севера.

Исследование проводилось в несколько этапов и включало в себя:

1. Анализ медицинской документации (результаты периодического медицинского осмотра и психофизиологического обследования по приказам Минздрава 29н и 749 соответственно).
2. Первичное ЭХО-КГ (37 чел.).
3. Повторное ЭХО-КГ через 7–10 дней работы на вахте (37 чел.).
4. ЭХО-КГ обслуживающего персонала (14 чел.).
5. Назначение персонализированных программ аэробной физической активности для выявленных случаев скрытой дисфункции миокарда (37 чел.).
6. Повторное ЭХО-КГ через 4 недели у подгруппы, выполнявшей рекомендации (n = 16).

Методика проведения ЭХО-КГ для раннего выявления и коррекции скрытой дисфункции сердца включала в себя использование расширенного протокола обследования сердца, где, помимо стандартных геометрических, объёмных и функциональных показателей, проводилась оценка глобальной продольной деформации миокарда (показатель GLS). Обследование проводилось на

УЗИ-сканере «GE LOGIQ E10» в состоянии покоя и сразу после нагрузки на велоэргометре, выполняемой до достижения лактатного порога в 2 ммоль/л.

В случае выявления скрытых дисфункциональных нарушений миокарда назначалась персонализированная программа аэробной физической активности (бег или велосипед), не менее 4 раза в неделю в течение 60 минут при интенсивности нагрузки, соответствующей индивидуальной частоте сердечных сокращений.

Обработка данных исследования велась с использованием стандартных методов описательной и сравнительной статистики. Данные по результатам исследования представлены в форме средних значений и стандартного отклонения (M ± SD). Для выявления различий применялись методы параметрической и непараметрической статистики с уровнем значимости $p < 0,05$.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Анализ медицинской документации позволил выявить: ожирение у 20 % (I ст. — 18,7 %; II ст. – 1,3 %); курение у 24 %, из них у 5,3 % – обструктивные изменения по данным спирометрии; заболевания ЖКТ: по анамнезу – 33,3 %, по ФГДС и УЗИ – у 92 % (хронический гастрит, гастродуоденит и др.).

Результаты психофизиологического обследования перед экспедицией с использованием методики ММИЛ (таблица 1) не выходили за рамки допустимых значений.

Таким образом, по результатам периодических медицинских и психофизиологических обследований специалистов, противопоказаний к осуществлению профессиональной деятельности выявлено не было.

Всем 37 членам экспедиции до отправки на Крайний Север было проведено первичное эхокардиографическое (ЭХО КГ) обследования согласно разработанной методике для выявления скрытой дисфункции и ремоделирования сердца. У всех 37 специалистов отклонений геометрических, объёмных и функциональных показателей ультразвукового обследования сердца в покое выявлено не было. В то же время при повторном ЭХО-КГ в условиях Крайнего Севера сравнительный анализ полученных данных показал ряд значимых изменений (таблица 2).

Обращает на себя внимание достоверное ($p < 0,05$) снижение показателя GLS с -21,79 ± 0,08 до -16,05 ± 0,28, что свидетельствует о систолической дисфункции левого желудочка и диастолической дисфункции левого желудочка (показатели E/A, e'm и e'l), а также увеличение частоты сердечных сокращений (HR) в сравнении с исходными значениями в условиях Крайнего севера.

Таблица 1

Результаты оценки тестирования ММИЛ специалистов, n = 37

Шкала	Значение (баллы, M ± m)
L (ложь)	54,80 ± 1,4
F (надёжность)	39,49 ± 0,7
K (коррекция)	64,01 ± 1,0
1-я: Соматизация тревоги	49,70 ± 0,6
2-я: Тревога и депрессивные тенденции	46,54 ± 0,6
3-я: Вытеснение тревоги	54,39 ± 0,9
4-я: Реализация эмоциональной напряжённости	48,81 ± 0,9
5-я: Выраженность гендерных черт	45,71 ± 1,0
6-я: Ригидность аффекта	44,10 ± 0,9
7-я: Фиксация тревоги	51,76 ± 0,7
8-я: Аутизация	45,38 ± 0,8
9-я: Отрицание тревоги	55,54 ± 0,9
0-я: Социальные контакты	41,13 ± 1,3

Учитывая особенности профессиональной деятельности специалистов и степень возможного неблагоприятного воздействия различных вредных и опасных факторов на состояние сердечно-сосудистой системы в экспедиционных условиях, связанных с повышенной физической и психоэмоциональной нагрузкой, на следующем этапе настоящего исследования с целью немедикаментозной коррекции скрытой дисфункции сердца специалистам были даны персонализированные рекомендации по выполнению аэробной физической активности (бег, велосипед) не менее 4 раз в неделю, продолжительностью 60 минут.

Назначенные рекомендации по использованию персонализированных программ аэробной физической активности в течение 4 недель выполнили только 16 из 37 человек с выявленной скрытой сердечной дисфункцией. Сравнительные результаты повторного ЭХО-КГ (в покое) у специалистов в группе «Коррекция» и в группе «Без коррекции» представлены в таблице 3.

Как видно из представленных данных, в группе специалистов, где не использовалась коррекционная программа, получено достоверное ($p < 0,05$) изменение основных оцениваемых показателей ($p < 0,05$), а именно: снижение показателя GLS -15,76 ± 0,31 ниже референсных значений (≥ -21), свидетельствующее о наличии систолической дисфункции левого желудочка. На наличие диастолической дисфункции левого желудочка указывает достоверное снижение показателей E/A, e'm, e'l. Отмечается уменьшение конечно диастолического объема (LVEDV) в сравнении с исходными значениями данного показателя; увеличение

Таблица 2

Основные показатели ЭХО-КГ (в покое) специалистов до экспедиции и в условиях Крайнего Севера, n = 37

Показатель	До экспедиции (M ± m)	Крайний Север (M ± m)
LVEDV	119,62 ± 3,75	120,32 ± 4,25
LVSV	74,59 ± 2,45	76,22 ± 2,48
GLS	–21,79 ± 0,08	–16,05 ± 0,28**
HR	67,89 ± 1,01	79,19 ± 1,84**
CO	5,05 ± 0,17	5,95 ± 0,22**
E/A	1,21 ± 0,03	1,11 ± 0,06
e'm	10,22 ± 0,23	9,14 ± 0,42**
e'l	12,68 ± 0,31	12,38 ± 0,53

Примечание: ** – $p < 0,05$ (критерий Стьюдента для парных выборок).

Таблица 3

Повторное ЭХО-КГ (в покое) у специалистов в группах «Коррекция» и «Без коррекции» (M ± m)

Показатель	До экспедиции (M ± m)	Крайний Север (M ± m)
LVEDV	130,81 ± 5,74	114,00 ± 6,13*
LVSV	77,19 ± 3,20	86,50 ± 5,51
GLS	–21,53 ± 0,10	–15,76 ± 0,31**
HR	64,44 ± 1,61	80,25 ± 3,44**
CO	4,95 ± 0,19	6,88 ± 0,39**
E/A	1,15 ± 0,02	0,63 ± 0,03**
e'm	9,81 ± 0,31	5,63 ± 0,18**
e'l	11,63 ± 0,20	7,75 ± 0,37**

Примечание: ** – $p < 0,05$; * – $p < 0,1$.

частоты сердечных сокращений (HR) в сравнении с исходными значениями – у некоторых значения пульса были даже выше, чем при прибытии в условия Крайнего Севера. Важно отметить, что реализация сердечного выброса (CO) осуществлялась не за счет ударного объема, а за счет частоты сердечных сокращений, что носит неблагоприятный прогностический характер.

Учитывая, что одной из задач настоящего исследования была не только оценка эффективности методики раннего выявления скрытой дисфункции, но и оценка степени влияния комплекса факторов среды на здоровье специалистов (в частности, на состояние сердечно-сосудистой системы), работающих в опасных условиях, нами была проведена сравнительная оценка показателей ЭХО-КГ в покое у лиц, работающих в опасных условиях вахтовым методом, и у обслуживающего персонала, постоянно находящегося в условиях Крайнего Севера. Результаты представлены в таблице 4.

ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты настоящего исследования демонстрируют, что отсутствие выявленных отклонений в состоянии сердечно-сосудистой системы при предвахтовом обследовании не является гарантом стабильности функционального состояния миокарда в условиях Крайнего Севера. Уже в первые 7–10 дней работы в экстремальных климато-производственных условиях у специалистов опасных профессий выявляются признаки скрытой систолической и диастолической дисфункции левого желудочка.

Особенно значимым оказался показатель глобальной продольной деформации миокарда (GLS) – его достоверное снижение наблюдалось в большинстве случаев, несмотря на нормальные показатели LVEF. Это подтверждает данные современных исследований, где GLS признаётся более чувствительным маркером ранних изменений систолической функции.

Назначенная немедикаментозная коррекция в виде регулярной аэробной физической активности (бег, велосипед) показала высокую эффективность даже в отягощенных условиях жизнедеятельности обследованных специалистов:

- восстановление GLS до исходных значений,
- нормализация параметров диастолической функции,
- тренирующий эффект, выражавшийся в увеличении LVEDV и ударного объёма за счёт адаптации миокарда.

В противоположность этому, у специалистов, не выполнявших коррекционные рекомендации, наблюдалось дальнейшее ухудшение функциональных показателей, увеличение ЧСС и снижение ударного объёма, что указывает на прогрессирование скрытой дисфункции.

Сравнительный анализ с обслуживающим персоналом, находящимся в стабильных условиях, показал, что у этой группы параметры ЭХО-КГ оставались в пределах референсных значений, что подтверждает роль факторов среды и нагрузки как ведущих причин выявленных изменений.

Таблица 4

Сравнительная оценка показателей ЭХО-КГ (в покое) у специалистов, выполняющих работы в условиях Крайнего Севера и обслуживающего персонала (M ± m)

Показатель	До экспедиции (M ± m)	Крайний Север (M ± m)
LVEDV	120,32 ± 4,25	118,57 ± 2,75
LVSV	76,22 ± 2,48	75,71 ± 2,27
GLS	–16,05 ± 0,28	–22,10 ± 0,13**
HR	79,19 ± 1,84	73,86 ± 3,05
CO	5,95 ± 0,22	5,61 ± 0,32
E/A	1,11 ± 0,06	1,21 ± 0,08
e'm	9,14 ± 0,42	10,64 ± 0,53**
e'l	12,38 ± 0,53	13,21 ± 0,69

Примечание: ** – $p < 0,05$.

ВЫВОДЫ

1. Предлагаемая методика раннего выявления скрытой дисфункции сердца с использованием расширенного протокола ЭХО-КГ и оценки GLS позволяет проводить раннюю диагностику скрытых дисфункциональных нарушений миокарда, не определяемых при стандартном ЭХО-КГ обследовании.

2. Немедикаментозная коррекция в виде аэробной физической активности эффективна для восстановления систолической и диастолической функции миокарда у работников, подвергающихся экстремальным физическим и психоэмоциональным нагрузкам.

3. Отсутствие изменений при предвахтовом обследовании не исключает развития скрытой дисфункции в условиях Крайнего Севера, что требует динамического мониторинга и профилактических мероприятий.

4. Рекомендуется включение данной методики в программы медицинского сопровождения специалистов опасных профессий.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Назначенные персонализированные программы аэробной физической активности показали высокую эффективность, обеспечивая восстановление показателей GLS и нормализацию систолической и диастолической функции миокарда у работников, подвергающихся экстремальным физическим и психоэмоциональным нагрузкам. Полученные результаты подтверждают необходимость динамического мониторинга состояния сердечно-сосудистой системы и внедрения разработанной методики в практику медицинского сопровождения работников экстремальных профессий.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Шур П.З. К оценке риска для здоровья населения, обусловленного влиянием климатических факторов в условиях Крайнего Севера // Здоровье населения и среда обитания. – 2022. – № 5. – С. 17–23.
2. Шубик В.М. Проблемы экологической иммунологии на Крайнем Севере // Гигиена и санитария. – 2011. – № 4. – С. 47–52.
3. Самойлов А.С., Жолинский А.В., Рылова Н.В. и др. Влияние интенсивных физических нагрузок на сердечно-сосудистую систему и продолжительность жизни спортсменов // Курортная медицина. – 2023. – № 3. – С. 66–74. – DOI: 10.51871/2304-0343_2023_3_66. – EDN NUPYWD.
4. Брагин М.А., Голобородько Е.В., Котенко Н.В. и др. Эффективность аппаратно-программных комплексов в оценке психофизиологического состояния лиц экстремальных профессий // Вестник восстановительной медицины. – 2021. – Т. 20, № 6. – С. 111–118. – DOI: 10.38025/2078-1962-2021-20-6-111-118.
5. Эбзеева Е.Ю., Остроумова О.Д., Миронова Е.В., Долдо Н.М. Психологический стресс и заболевания сердечно-сосудистой системы. Клинический случай. Медицинский совет. 2022;16(23):110–116. https://doi.org/10.21518/2079-701X-2022-16-23-110-116.
6. Falcão-Pires I., Ferreira A.F., Trindade F., Bertrand L., Ciccarelli M., Visco V., Dawson D., Hamdani N., Van Laake L.W., Lezoualc'h F., Linke W.A., Lunde I.G., Rainer P.P., Abdellatif M., Van der Velden J., Cosentino N., Paldino A., Pompilio G., Zacchigna S., Heymans S., Thum T., Tocchetti C.G. Mechanisms of myocardial reverse remodelling and its clinical significance: A scientific statement of the ESC Working Group on Myocardial Function // European Journal of Heart Failure. – 2024. – Vol. 26, № 7. – P. 1454–1479. – DOI: 10.1002/ejhf.3264.
7. Schirone L., Forte M., Palmerio S., Yee D., Nocella C., Angelini F., Pagano F., Schiavon S., Bordin A., Carrizzo A., et al. A Review of the Molecular Mechanisms Underlying the Development and Progression of Cardiac Remodeling // Oxidative Medicine and Cellular Longevity. – 2017. – Vol. 2017. – Article ID 3920195. – DOI: 10.1155/2017/3920195.
8. Konstam M.A., Kramer D.G., Patel A.R., Maron M.S., Udelson J.E. Left ventricular remodeling in heart failure: current concepts in clinical significance and assessment // JACC: Cardiovascular Imaging. – 2011. – Vol. 4, № 1. – P. 98–108. – DOI: 10.1016/j.jcmg.2010.10.008.
9. Kalam K, Otahal P, Marwick TH. Prognostic implications of global LV dysfunction: a systematic review and meta-analysis of global longitudinal strain and ejection fraction. Heart. 2014 Nov;100(21):1673-80. doi: 10.1136/heartjnl-2014-305538. Epub 2014 May 23. PMID: 24860005.

ПСИХОКОРРЕКЦИЯ СОСТОЯНИЯ ПРЕДСТАРТОВОГО ВОЛНЕНИЯ ПОСРЕДСТВОМ МАКРОМОДЕЛИ SCORE В СОЧЕТАНИИ С ТЕХНИКОЙ КОЛЛАПСА ЯКОРЕЙ И МЕТОДОМ ДЕСЕНСИБИЛИЗАЦИИ И ПЕРЕРАБОТКИ ДВИЖЕНИЯМИ ГЛАЗ: КЛИНИЧЕСКИЙ СЛУЧАЙ

УДК 159.98

Д.А. Верещагина[1], А.В. Квитчастый[1], В.А. Бадтиева[1,2], Н.В. Сичинава[1], В.П. Зайцев[1]

[1]ГАУЗ «Московский научно-практический центр медицинской реабилитации, восстановительной и спортивной медицины им. С.И. Спасокукоцкого ДЗМ» (Россия, Москва, ул. Земляной Вал 53, стр.1)
[2]ФГАОУ ВО Первый МГМУ им. И. М. Сеченова Минздрава России (Россия, Москва, ул. Большая Пироговская, д. 2, стр. 4)

АННОТАЦИЯ

В описании данного клинического случая раскрывается тема значимости в спорте высших достижений предстартового эмоционального состояния, которое зависит от ряда внешних и внутренних факторов и оказывает влияние на спортивный результат и риск получения травмы во время соревнований. Целью данной статьи являлась демонстрация возможностей работы с чрезмерным предстартовым волнением посредством следующих инструментов: макромодели SCORE как основы структуры сессии, техники коллапса якорей модальности нейролингвистического программирования и метода десенсибилизации и переработки движениями глаз. На каждом этапе сессии решались следующие задачи: прояснение психотерапевтического запроса, уточнение беспокоящих симптомов, постановка ближайшей цели и оценка отсроченных изменений. Также на сессии происходила рабата с причинами беспокоящих симптомов и поиск ресурсов, позволяющих устранить или трансформировать выявленные причины. В статье представлены ближайшие и отсроченные результаты проведённой психокоррекции. В конце сессии пациенткой были найдены инструменты включения ресурсного состояния перед соревнованиями. В течение пяти месяцев после сессии были реализованы как изначальная цель психокоррекции – благоприятное психоэмоциональное состояние накануне соревнований, так и следующий за ней результат – получение звания мастера спорта.

Ключевые слова: *предстартовое волнение, психокоррекция, макромодель SCORE, метод десенсибилизации и переработки движениями глаз, нейролингвистическое программирование, коллапс якорей, ситуативная и личностная тревожность.*

PSYCHOLOGICAL CORRECTION OF THE STATE OF PRE-START EXCITEMENT USING THE SCORE MACROMODEL IN COMBINATION WITH COLLAPSING ANCHORS TECHNIQUE AND THE METHOD OF DESENSITIZATION AND PROCESSING BY EYE MOVEMENTS. CLINICAL CASE

D.A. Vereshchagina[1], A.V. Kvitchasty[1], V.A. Badtieva[1,2], N.V. Sichinava[1], V.P. Zaitsev[1]

[1]Moscow Center for Research and Practice in Medical Rehabilitation, Restorative and Sports Medicine of Moscow Healthcare Department (Russia, Moscow, Zemlyanoy Val st. 53, building 1)
[2]Sechenov First Moscow State Medical University (Russia, Moscow, Bolshaya Pirogovskaya st., 2, building 4)

SUMMARY

In the description of this clinical case, the topic of the importance of the pre-start emotional state in high-performance sports is revealed, which depends on several external and internal factors and affects the sports result and the risk of injury during competitions. The purpose of this article was to demonstrate the possibilities

of working with excessive pre-start excitement through the following tools: the SCORE macromodel as the basis of the session structure, the technique of collapse of anchors of the neuro-linguistic programming modality, and the method of desensitization and eye movement processing. At each stage of the session, the following tasks were solved: clarification of the psychotherapeutic request, clarification of disturbing symptoms, setting an immediate goal, and assessment of delayed changes. Also, during the session, work was done with the causes of disturbing symptoms and the search for resources that allow eliminating or transforming the identified causes. The article presents the immediate and delayed results of the psychocorrection. At the end of the session, the patient found tools to include a resource state before competitions. Within five months after the session, both the initial goal of psychocorrection – a favorable psycho-emotional state on the eve of competitions – and the subsequent result – obtaining the title of master of sports – were realized.

Keywords: *pre-start anxiety, psychocorrection, SCORE macromodel, method of desensitization and processing by eye movements, neuro-linguistic programming, collapse of anchors.*

ВВЕДЕНИЕ

Предстартовое психоэмоциональное состояние спортсмена, влияющее на успешность выступления, зависит от многих факторов, среди которых индивидуальные особенности нервной системы, опыт предыдущих соревнований, навыки саморегуляции, наличие спортивных травм в анамнезе, важность результата для самого спортсмена и его ближайшего окружения, субъективное восприятие своей подготовленности, оценка уровня конкурентов, условия организации проведения соревнований, отношения в команде, поддержка референтной группы [1, 2]. Предстартовое возбуждение, как правило, воспринимается спортсменами как желаемое состояние готовности, однако его чрезмерное проявление, идентифицируемое как «мандраж», доставляет выступающему дискомфорт, ухудшает результат, приводит к последующему состоянию торможения (предстартовой апатии), может быть причиной травматизма на соревнованиях [1]. Преодоление «мандража» перед соревнованиями является одним из частых запросов у спортсменов, проходящих психокоррекцию в кабинетах врача психотерапевта и спортивного психолога.

В представленном ниже клиническом случае описана сессия психокоррекции предстартового волнения, включавшая в себя следующие инструменты работы: макромодель SCORE, технику коллапса якорей модальности нейролингвистического программирования (НЛП), метод десенсибилизации и переработки движениями глаз (ДПДГ). Также приведены катамнестические данные с описанием ближайших и отсроченных результатов проведённой психокоррекции.

Макромодель SCORE (автор – Р. Дилтс) составила структуру сессии. Данная модель, как и многие другие инструменты НЛП, успешно используется в работе психолога, в том числе спортивного, а также в коучинге, развивающимся на стыке психологии, менеджмента и методологии спортивных тренировок [3–7]. Название SCORE является аббревиатурой следующих шагов работы с клиентом: симптомы (symptoms), причины (causes), результаты (outcomes), ресурсы (resources), эффекты (effects) [3, 4]. Методика позволяет спортсмену, двигаясь по шагам макромодели, прояснить свой запрос, уточнить проявления проблемы, сформулировать ближайшие и отдалённые цели и желаемое состояние, которое будет получено при достижении этих целей, а также осознать возможные препятствия и имеющиеся ресурсы на пути к результату. Таким образом, SCORE формирует траекторию движения в соответствии с психотерапевтическим запросом. На когнитивном уровне у клиента происходит формирование взрослой позиции, принятие ответственности за происходящие события. Если в работе помимо рационального этажа психики затрагивается эмоциональный и соматический уровни благодаря трансовым элементам ментального тренинга, результатом становится перестройка привычного реагирования на определённый спектр ситуации, переформирование эмоциональной памяти, а также расширение спектра доступных внутренних ресурсов [2, 8, 9].

Техника коллапса якорей модальности НЛП основана на взаимодействии травматических и позитивных воспоминаний, сцепленных по ассоциативному принципу с определёнными образами, словами, телесными ощущениями, жестами, положением в пространстве, с целью интеграции полученного опыта [6]. В представленной сессии техника применялась на стадиях работы с причинами проблемных состояний и поиска внутренних ресурсов.

ДПДГ – метод, разработанный Ф. Шапиро для лечения посттравматических стрессовых расстройств и в дальнейшем нашедший широкое применение в психотерапии и психокоррекции, в том числе в работе со спортивной травмой [10–12]. В данном случае метод был использован для проработки интенсивного психотравматического опыта, для интеграции которого недостаточно техники коллапса якорей.

Для объективной оценки уровня ситуативной и личностной тревожности использовались шкалы интегративного теста тревожности (ИТТ) в начале и в конце сессии психокоррекции, а также спустя пять месяцев [13].

ОПИСАНИЕ КЛИНИЧЕСКОГО СЛУЧАЯ

Спортсменка 22 лет, кандидат в мастера спорта, занимающаяся художественной гимнастикой с шести лет, обратилась к психотерапевту с жалобами на чрезмерное предстартовое волнение – «мандраж». Результаты психодиагностического тестирования перед началом сессии показали высокие значения ситуативной и личностной тревожности (7 и 8 баллов соответственно). Психотерапевтический запрос: освободиться от предстартового «мандража». Запрос на сессию: найти инструменты совладания с чрезмерным предстартовым волнением. После обсуждения ценности позитивных формулировок желаемого результата запросы были переформулированы. Цель: находиться перед соревнованиями в ресурсном состоянии, благоприятном для успешного выступления. Запрос на сессию: найти инструменты включения ресурсного состояния перед соревнованиями.

Спортсменка на момент начала сессии держалась сосредоточенно и напряжённо. Предложение поработать с психотехниками, требующими как чётких формулировок, так и работы с воображением и телесным состоянием, восприняла с интересом.

Двигаясь по классической макромодели SCORE, мы предложили спортсменке разместить на полу воображаемую линию времени, отметить направление времени, прошлое, настоящее и будущее. Далее на линии времени были размещены «пространственные якоря»: листы бумаги с надписями «Симптомы», «Причины», «Результаты», «Ресурсы», «Эффекты».

Предложив спортсменке встать на лист «Симптомы», размещённый в точке настоящего, мы попросили её описать симптомы проблемы. Предстартовый «мандраж» проявлялся нарастающим волнением, раздражительностью, навязчивыми представлениями о неудаче, страхом травматизации, ускоренным сердцебиением, беспокойным сном накануне. Данное состояние обычно развивалось за один–два дня до соревнования, интенсивность его нарастала и в день выступления достигала максимальной выраженности.

Переходя к прояснению результата, мы попросили пациентку сделать шаг в сторону от линии времени (переместиться в нейтральную позицию – мета-позицию) и как можно подробнее описать желаемое предстартовое состояние, руководствуясь такими базовыми составляющими цели, как конкретность, измеримость, достижимость, актуальность, определённость временных рамок. Желаемое состояние спортсменка описала как уверенность, интерес, кураж. Измеримость внутреннего результата определила как привычный пульс, дыхание, артериальное давление, внешнего – как успех на соревнованиях, получение наград. Состояние оценивала как достижимое, потому что оно ей было знакомо по опыту прежних выступлений. Временные рамки: накануне соревнований, которые будут проходить через месяц.

На следующем шаге модели SCORE спортсменке было предложено встать на лист «Результаты» на линии времени, представить, что она уже находится в желаемом будущем, и наблюдать, какие появляются мысли, эмоции, ощущения, образы. Девушка, встав в точку «результатов», расправила плечи, глубоко вдохнула, улыбнулась. Отметила появление азарта, приятного тонуса в теле, опоры под ногами.

Пациентке было предложено, запомнив текущее состояние, сделать шаг вперёд по линии времени и встать на лист «эффектов» – отдалённых последствий достигнутого результата. Спортсменка выбрала срок спустя полгода после соревновательного периода. Были заданы следующие вопросы: «Теперь, когда вы достигли желаемой цели, как это повлияло на жизнь вашу и ваших близких?», «Какие открылись новые возможности?», «Что изменилось в вашей жизни? Ушло ли из неё что-то?» Такие вопросы задавались с целью проверки заявленной цели на истинность, экологичность и безопасность для самой пациентки.

Спортсменка назвала следующие отсроченные эффекты: дальнейшие яркие выступления на соревнованиях, денежные выплаты, получение звания мастера спорта, которое даёт дополнительные баллы при поступлении в университет. Также спортсменка планировала устройство на работу в фитнес-клуб, в котором одним из требований было звание мастера спорта.

Помимо вышеописанных внешних эффектов, девушка назвала такие внутренние эффекты, как обретение чувства самоценности, благополучия, радость от признания, ощущение причастности к служению красоте. Перечисляя эффекты, выглядела энергичной и воодушевлённой. Также она признала, что одним из эффектов будет ограничение времени на отдых и общение с друзьями. Это следствие она согласилась принять как «плату» за всё вышеперечисленное, что для неё ценно.

Далее мы попросили пациентку сойти с линии времени, снова оказавшись в мета-позиции, и из неё посмотреть на пройденные шаги «результатов» и «эффектов». Этот этап сессии даёт клиентам возможность убедиться в том, что цель и отсроченные результаты её достижения соответствуют истинным потребностям. Получив от спортсменки подтверждение такого соответствия, мы предложили ей сделать следующий шаг – пройти по линии времени через «симптом» в точку «причин» заявленной проблемы.

Оказавшись на листе с надписью «Причины», спортсменка стала спонтанно перечислять всё, что могло стать причиной интенсивного предстартового волнения. Прежде всего она сказала о негативном опыте выступлений на нескольких последних соревнованиях, где она показала низкий результат. Также девушка отметила, что эти неудачи начали случаться около двух лет назад – через год после того, как она получила травму на соревновании. В течение года проходила курс реабилитации, после чего вернулась к профессиональному спорту, но каждый раз при сдаче нормативов и перед соревнованиями стала переживать страх повторной травмы.

Продолжая размышлять о возможных причинах предстартового волнения, спортсменка назвала повышенную требовательность к себе, переживание чрезмерной значимости результата, отказ от предписанного отдыха в предсоревновательный период. Девушка давала себе дополнительную тренировочную нагрузку, стремясь улучшить результат, в связи с чем в день соревнования ощущала себя переутомлённой.

Следующим шагом мы попросили спортсменку переместиться с линии времени в мета-позицию и, посмотрев на причины со стороны, найти внешние и внутренние ресурсы, необходимые для устранения причин, вызывающих проблемное состояние.

Говоря о ресурсах, девушка назвала сокращение тренировочной нагрузки в предсоревновательный период, соблюдение режима отдыха, массаж. Также она вспомнила дыхательные упражнения, направленные на релаксацию, и словесные формулы самоподдержки, которым её несколько лет назад обучал спортивный психолог. Также спортсменка отметила, что прийти в состояние собранности накануне соревнований ей помогает любимая музыка и общение с людьми, которые оказывают поддержку, желают ей успеха, но не проявляют эмоциональной взвинченности, не тревожатся за неё, в отличие от родственников. Произнося последнее, спортсменка осознала, что такое отношение к своему спортивному результату может практиковать и сама: убрать переживание чрезмерной значимости результата могут помочь размышления о вещах не менее значимых, чем победа в соревновании: отношения с молодым человеком, здоровье, высшее образование, занятия живописью.

Продолжая работу над поиском ресурсов, мы предложили спортсменке вспомнить время, когда она не испытывала чрезмерного предстартового волнения. Девушка рассказала о нескольких успешных выступлениях. После этого мы предложили ей снова вернуться на линию времени, встать на лист «ресурсов» и как можно полнее погрузиться в воспоминания о тех выступлениях, чтобы убедиться, что доступ к ресурсам открыт. После этого мы, перемещая пациентку по пространственным якорям «причин» и «ресурсов», последовательно поставили кинестетические якоря: сначала негативный якорь на «причину» (ряд неудачных выступлений), потом позитивный якорь на «ресурс» (победы на соревнованиях в прошлом»). Убедившись, что оба якоря являются рабочими (при их включении происходило воспроизведение «заякорённого» психоэмоционального и телесного состояния), мы выполнили технику коллапса якорей, воспроизведя два кинестетических якоря одновременно. По тому, что воспоминания об удачных и проблемных выступлениях больше не запускали каскада соответствующих психофизиологических реакций, мы могли судить о том, что коллапс якорей произошёл успешно.

Момент травмы, полученной на соревнованиях три года назад, оказался настолько интенсивным переживанием, что процедура коллапса якорей в этом случае не была показана по причине сложности обнаружения в прошлом позитивных событий, по насыщенности сопоставимых с переживанием травмы. Поэтому данный инцидент дорабатывался с помощью методики ДПДГ. После предварительного объяснения спортсменке принципов билатерации, позволяющей переформатировать психотравмирующую информацию, мы перешли к ДПДГ. Десенсибилизация произошла после пяти сетов, после чего была выполнена инсталляция ресурсного состояния и позитивной когниции: «Я пережила это, моё здоровье восстановилось».

После успешного проведения ДПДГ мы вернулись к процессу якорения. Взамен коллапсированного позитивного якоря на успешные выступления мы создали новый якорь, попросив пациентку последовательно вспоминать различные события жизни, насыщенные чувством радости, гордости, уверенности в своих силах, ощущением физического благополучия. Якорь устанавливала себе сама спортсменка, чтобы иметь возможность самостоятельно его воспроизвести накануне соревнований. Содержанием якоря стал жест рукой и слова самоодобрения.

Далее мы предложили пациентке, сохраняя обретённое ресурсное состояние, переместиться на линии времени в точку настоящего (лист с надписью «Симптомы»), потом двигаться последовательно в точки «Результатов» и «Эффектов», отслеживая, как новое состояние меняет восприятие заявленной проблемы и целей. Спортсменка отметила, что теперь, представляя предстоящие соревнования, она переживает другой набор эмоций и ощущений: состояние «мандража» больше не включается, чувствует азарт и силу в руках. Снова проходя точку «Результаты», девушка подтвердила актуальность поставленной цели. Дойдя до «Эффектов» на линии времени, она отметила, что только теперь поняла важный момент, о котором не думала раньше. Пришло осознание, что получение звания мастера спорта будет для неё тем рубежом, после которого можно двигаться дальше, ставить новые цели, словно высвободится энергия на другие дела. Проговаривая это, спортсменка отметила, что почувствовала заметное эмоциональное облегчение, ушло гнетущее переживание чрезмерной значимости получения звания мастера спорта.

Завершая сессию, мы попросили спортсменку проговорить всё ценное, что она вынесла из сегодняшней работы, а также ближайшие шаги, которые она готова предпринимать для получения результата. Спортсменка поблагодарила за сессию, отметив, что изначальный запрос полностью удовлетворён, найдены инструменты работы с предстартовым состоянием, также настроение изменилось к лучшему. Ближайшими намеченными шагами были курс массажа, соблюдение предписанного режима отдыха. Спортсменка планировала позаботиться о достаточной продолжительности сна, прогулках, общении с друзьями, которые позитивно влияют на её настроение. Также пациентка сказала о техниках ментального тренинга, о которых несколько лет назад говорил спортивный

психолог (дыхательные техники, аутогенная тренировка, идеомоторная тренировка, визуализация успеха). Спортсменка с удивлением отметила, что вспомнила об этих техниках только сейчас, притом, что имеет опыт их положительного влияния. Теперь девушка запланировала восстановить полученные навыки.

Также спортсменка отметила, что в ситуациях повышенного стресса, не связанных с соревнованиями, ей помогает намеренное размышление о важных вещах, не связанных с текущей напряжённой ситуацией – снижается значимость происходящего, благодаря чему уменьшается и тревожность, становится легче сделать качественно то, что от неё зависит в текущей ситуации. Теперь она планирует следовать этому принципу накануне соревнований.

Результаты психодиагностики показали значимое снижение ситуативной тревожности (до 4 баллов) при сохранении личностной на прежнем уровне.

Прощаясь, мы поблагодарили спортсменку за её включённость в психотерапевтическую работу. Была дана рекомендация самостоятельного применения освоенной во время сессии техники ДПДГ, подходящей для работы с любыми эмоциональными и физическими состояниями.

Спустя пять месяцев после описанной сессии спортсменка проходила плановое углублённое медицинское обследование. Жалоб и психотерапевтического запроса не высказывала. Наблюдалось ровное эмоциональное состояние. По результатам психодиагностического тестирования, показатели ситуативной и личностной тревожности находились в пределах нормы (3 и 4 балла соответственно).

Спортсменка рассказала, что на соревнованиях, которые прошли через месяц после психокоррекции, выступила успешно, заняла второе место, предсоревновательное состояние было значительно спокойнее, чем в последние два года, хотя накануне выступления ещё не были отработаны навыки саморегуляции. В последующие месяцы выполнила намеченные на сессии шаги: освоила на занятии со спортивным психологом техники ментального тренинга, применяла их накануне последующих соревнований. Также придерживалась других выбранных на сессии стратегий, периодически самостоятельно практиковала метод ДПДГ. Состояние, переживаемое перед последними соревнованиями, проходившими месяц назад, воспринимала как кураж. Девушке удалось получить звание мастера спорта. В ближайшее время приступает к работе в фитнес-клубе. Как и намечала полгода назад, планирует поступать в университет на факультет спортивного менеджмента.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, в описанном клиническом случае представлен психотерапевтический подход при работе с чрезмерным предстартовым волнением, при котором структура сессии построена на макромодели SCORE, являющейся инструментом как НЛП, так и коучинга, развивающегося на базе психологии, менеджмента и принципов тренировочного процесса спортсменов.

На каждом из этапов сессии последовательно решались такие задачи, как прояснение психотерапевтического запроса, уточнение беспокоящих симптомов, постановка ближайшей цели (результатов) и оценка отсроченных изменений (эффектов), которые последуют в случае достижения желаемого. Также на сессии осуществлялся поиск причин беспокоящих симптомов и, следующим шагом, ресурсов, позволяющих устранить или трансформировать выявленные причины. На этом этапе рабочими инструментами, встроенными в «тело» SCORE, были техника коллапса якорей и ДПДГ.

По мере движения по структуре сессии состояние спортсменки заметно менялось в сторону большей осознанности, нормализации психофизиологического состояния и овладения ресурсами для решения поставленной задачи. В конце сессии пациентка достигла реализации заявленного запроса на сессию – были найдены инструменты включения ресурсного состояния перед соревнованиями. Также из катамнеза следует, что в течение пяти месяцев после сессии были реализованы как изначально заявленная цель (находиться перед соревнованиями в ресурсном состоянии, благоприятном для успешного выступления), так и следующий за ней результат – получение звания мастера спорта.

Говоря об эффективности проведённой терапии, необходимо отметить, что одним из факторов успеха была высокая приверженность спортсменки психокоррекции на всех этапах сессии, а также её последующее неуклонное следование намеченным в кабинете врача шагам, направленным на реализацию важных для неё задач.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ильин Е.П. Психология спорта. СПб.: Питер, 2024. 352 с.
2. Довжик Л.М., Бочавер К.А. Психология спортивной травмы: монография. М.: Спорт, 2020. 264 с.
3. Дилтс Р. Фокусы языка. Изменение убеждений с помощью НЛП / Пер. с англ. А. Анистратенко. СПб.: Питер, 2024. 384 с.
4. Тахиров Н.И. Модель S.C.O.R.E. – инструмент формирования мыслительных навыков в образовательном процессе // Сборник научных работ VII Международного молодежного конкурса «Молодежь в науке: Новые аргументы». – Отв. ред. А.В. Горбенко. 2017. С. 97–100.
5. Майленова Ф.Г. Применение в консультировании инструментария НЛП (нейролингвистического программирования) для конструирования желаемого будущего. Модель SCORE как универсальный метод структурирования информации // Сборник научных статей «Конвергенция технологий и дивергенция будущего человека. Рабочие тетради по биоэтике». Москва, 2017. С. 53–61.
6. Лысенко А.В. Использование нейролингвистических технологий в физическом воспитании и спорте // В сборнике: Физическое воспитание и спорт: актуальные вопросы теории и практики. Сборник материалов Всероссийской научно-практической конференции. 2018. С. 239–242.
7. Тенчурина Л.З., Никитина П.А. Нейролингвистическое программирование и возможность применения его элементов в спорте // Научный вестник МГУСиТ: спорт, туризм, гостеприимство. 2023. Т. 77, № 3. С. 102–111.
8. Масенко Г.Ю., Плешкань А.В. Эффективность психологического сопровождения юных спортсменок при подготовке к соревнованиям // Актуальные вопросы физической культуры и спорта. 2018. Т. 20. С. 148–156.
9. Лада С.С., Дворниченко С.А. Психологические методы восстановления работоспособности спортсменов высокой квалификации училища олимпийского резерва // В сборнике: Научно-методические проблемы спортивного фехтования. Материалы XVII Всероссийской научно-практической конференции (сборник научных статей). – Под общей редакцией А.И. Павлова. Смоленск, 2021. С. 80–84.
10. Шапиро Ф. Психотерапия эмоциональных травм с помощью движений глаз (EMDR). Основные принципы, протоколы и процедуры / Пер. с англ. Д.А. Клюшина, Киев: «Диалектика», 2021. 832 с.
11. Ханиш К., Реген В. EmotionSync (Эмоциональная синхронизация): Революция в коучинге и психотерапии / Пер. с нем. Е. Ушаковой. СПб.: Издательство Вернера Регена, Немецкая школа коучинга и медиации; Gera: VWR-Verlag, 2017. 224 с.
12. Игнатович К.И., Масловская Ю.И., Снегирев С.Н. Психотехнологии и методы психологической саморегуляции в тренировочном процессе каратистов // В сборнике: Современные тенденции, проблемы и пути развития физической культуры, спорта, туризма и гостеприимства. Сборник материалов XV Всероссийской юбилейной научно-практической конференции с международным участием, посвященной 55-летию образования МГУСиТ. Москва, 2021. С. 238–248.
13. Бизюк А.П. Вассерман Л.И., Иовлев Б.В. Применение интегративного теста тревожности (ИТТ). Методические рекомендации. СПб.: НИПНИ им. В.М. Бехтерева, 2005. 23 с.

REFERENCES:

1. Il`in E.P. Psixologiya sporta. Sankt-Peterburg, Piter, 2024. 352 p. (in Russian).
2. Dovzhik L.M., Bochaver K.A. Psixologiya sportivnoj travmy`: monografiya. Moskva: Sport, 2020. 264 p. (in Russian).
3. Dilts R.B. Sleight of Mouth: The Magic of Conversational Belief Change. Translated from the english by A. Anistratenko. Sankt-Peterburg, Piter, 2024. 384 p. (in Russian).
4. Takhirov N.I. The S.C.O.R.E. model is a tool for the formation of thinking skills in the educational process. Collection of scientific papers of the VII International Youth Competition "Youth in science: New arguments". The responsible editor AV. Gorbenko. 2017, P.p. 97–100 (in Russian).
5. Maylenova F.G. Application in advising neuro-linguistic programming tools for designing a desired future. SCORE

model as a universal method of structuring information. Collection of scientific articles "Convergence of technologies and divergence of the future man. Bioethics workbooks". Moscow, 2017, P.p. 53–61 (in Russian).
6. Lysenko A.V. The use of neuro-linguistic technologies in physical education and sports. In the collection: Physical education and sports: topical issues of theory and practice. Collection of materials of the All-Russian scientific and practical conference. 2018, P.p. 239–242 (in Russian).
7. Tenchurina L.Z., Nikitina P.A. Neurolinguistic programming and the possibility of application of its elements in sports. Nauchny`j vestnik MGUSiT: sport, turizm, gostepriimstvo. 2023. Vol. 77, N 3. P.p. 102–111 (in Russian).
8. Masenko G.Y., Pleshkan A.V. Effectiveness of psychological support of young female athletes during their preparation for competitions. Aktual`ny`e voprosy` fizicheskoj kul`tury` i sporta. 2018. Vol. 7, N 3. P.p. 148–156 (in Russian).
9. Lada S.S., Dvornichenko S.A. Psychological methods of restoring the performance of highly qualified athletes of the Olympic Reserve School. In the collection: Scientific and methodological problems of sports fencing. Materials of the XVII All-Russian scientific and practical conference (collection of scientific articles). Under the general editorship of A.I. Pavlov. Smolensk, 2021, P.p. 80-84 (in Russian).
10. Shapiro F. Eye Movement Desensitization and Reprocessing (EMDR) Therapy. Basic Principles, Protocols, and Procedures. Translated from the english by DA. Klyushin. Kiev: «Dialektika», 2021. 832 p. (in Russian).
11. Xanish K., Regen V. (in Russian). Emotion Sync (Emotional synchronization): The revolution in coaching and psychotherapy. Translated from the German by E. Ushakova. Sankt-Peterburg, Izdatel`stvo Vernera Regena, Nemeczkaya shkola kouchinga i mediacii; Gera: VWR-Verlag, 2017. 224 p. (in Russian).
12. Ihnatovich K.I., Maslovskaya Yul., Snegiryov S.N. Psychotechnologies and methods of psychological self-regulation in the process of student karate classes. In the collection: Current trends, problems and ways of developing physical culture, sports, tourism and hospitality. A collection of materials of the XV All-Russian jubilee scientific and practical conference with international participation dedicated to the 55th anniversary of the formation of MGUSiT. Moscow. 2021. P.p. 238–248 (in Russian).
13. Bizyuk A.P. Vasserman L.I., Iovlev B.V. Primenenie integrativnogo testa trevozhnosti (ITT). Metodicheskie rekomendacii. Sankt-Peterburg: NIPNI im. V.M. Bextereva, 2005. 23 p. (in Russian).

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Дарья Анатольевна Верещагина – к. м. н., научный сотрудник, Московский научно-практический центр медицинской реабилитации, восстановительной и спортивной медицины имени С.И. Спасокукоцкого Департамента здравоохранения города Москвы;

Квитчастый Антон Владимирович – к. психол. н., ведущий научный сотрудник, Московский научно-практический центр медицинской реабилитации, восстановительной и спортивной медицины имени С.И. Спасокукоцкого Департамента здравоохранения города Москвы;

Бадтиева Виктория Асланбековна – д. м. н., профессор, член-корреспондент РАН, заведующий филиалом № 1, Московский научно-практический центр медицинской реабилитации, восстановительной и спортивной медицины имени С.И. Спасокукоцкого Департамента здравоохранения города Москвы;

Сичинава Нино Владимировна – д. м. н., заместитель заведующего филиалом № 1, Московский научно-практический центр медицинской реабилитации, восстановительной и спортивной медицины имени С.И. Спасокукоцкого Департамента здравоохранения города Москвы;

Зайцев Вадим Петрович – д. м. н., профессор, главный научный сотрудник отдела физических методов лечения, Московский научно-практический центр медицинской реабилитации, восстановительной и спортивной медицины имени С.И. Спасокукоцкого Департамента здравоохранения города Москвы;

Vereshchagina Dar'ya Anatol'evna – PhD Med. Sci., Research Associate, Moscow Center for Research and Practice in Medical Rehabilitation, Restorative and Sports Medicine of Moscow Healthcare Department;

Kvitchasty Anton Vladimirovich – PhD Psychol. Sci., Leading Research Associate, Moscow Center for Research and Practice in Medical Rehabilitation, Restorative and Sports Medicine of Moscow Healthcare Department ;

Badtieva Viktoriya Aslanbekovna – Dr. Med. Sci., Prof., Corresponding Member of Russian Science Academy, Head of Department, Moscow Center for Research and Practice in Medical Rehabilitation, Restorative and Sports Medicine of Moscow Healthcare Department (Russia, Moscow, Zemlyanoy Val st. 53, building 1), Sechenov First Moscow State Medical University;

Sichinava Nino Vladimirovna – Dr. Med. Sci., Principal Research Associate, Moscow Center for Research and Practice in Medical Rehabilitation, Restorative and Sports Medicine of Moscow Healthcare Department ;

Zaitsev Vadim Petrovich – Dr. Med. Sci., Prof., Principal Research Associate, Moscow Center for Research and Practice in Medical Rehabilitation, Restorative and Sports Medicine of Moscow Healthcare Department.

ДИАГНОСТИЧЕСКИЕ КРИТЕРИИ СИНДРОМА КОРОТКОЙ НОГИ

УДК 617.3

В.И. Нечаев[3], Е.В. Нечаев[3], М.В. Петрова[1], А.А. Спасский[1, 2], А.А. Михайлов[1], Б.А. Поляев[2], Сян Чэн Вэй[1]

[1]Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы», кафедра анестезиологии и реанимации с курсом медицинской реабилитации медицинского института РУДН
[2]Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Российский национальный исследовательский университет имени Н.И. Пирогова», кафедра реабилитации, спортивной медицины и физической культуры ПФ
[3]Клиника В.И. Нечаева

АННОТАЦИЯ

Разница в длине нижних конечностей менее 3 см влияет на осанку и походку. Клиницисты считают, что имеются показания для уменьшения величины неравенства. Необходимо выработать диагностические критерии для точной и надежной оценки разницы в длине ног с помощью рентгенографического метода, что позволит верифицировать диагноз и избежать стрессовых переломов, болей в пояснице и остеоартрита.

Ключевые слова: *Неравенство длины ног, походка, стрессовые переломы, боль в пояснице, остеоартрит.*

DIAGNOSTIC CRITERIA FOR SHORT LEG SYNDROME

V.I. Nechaev[3], E.V. Nechaev[3], M.V. Petrova[1], A.A. Spasskiy[1, 2], A.A. Mikhailov[1], B.A. Polyaev[2], Xiang Cheng Wei[1]

[1]Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education "Patrice Lumumba Peoples' Friendship University of Russia", Department of Anesthesiology and Intensive Care with a course of medical Rehabilitation at the RUDN University Medical Institute
[2]Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education "Russian National Research University named after N.I. Pirogov", Department of Rehabilitation, Sports Medicine and Physical Culture of the Russian Academy of Sciences
[3]Clinic of V.I. Nechaev

ANNOTATION

A difference in the length of the lower limbs of less than 3 cm affects posture and gait. Clinicians believe that there are indications to reduce the magnitude of inequality. It is necessary to develop diagnostic criteria for an accurate and reliable assessment of the difference in leg length using the X-ray method, which will make it possible to verify the diagnosis and avoid stress fractures, lower back pain and osteoarthritis.

Key words: *Leg length inequality, gait, stress fractures, lower back pain, osteoarthritis.*

Двусторонняя асимметрия отмечается при некоторых генетических заболеваниях, формируется при воздействии факторов внешней среды, влияющих на онтогенез человека [1].

Двусторонняя асимметрия длины нижних конечностей называется неравенством длины ног (НДН), или анизомелией. Возможные негативные косметические эффекты НДН очевидны, биомеханические последствия легкой НДН (разница < 3 см) нередко не диагностируются в ви-ду отсутствия единых критериев. Целью данной статьи является обзор литературы незначительного НДН и определения роли асимметрии в развитии ортопедических заболеваний.

Определение неравенства длины ног

Различают анатомическую или структурно короткую ногу и функциональную короткую ногу [2].

Функциональная короткая нога возникает как следствие ротации таза, вызванной контрактурами суставов и/или осевыми смещениями, включая сколиоз [3]. Стопа на стороне функционально «короткой конечности» ротирована кнаружи, пятка находится в вальгусной позиции, а продольный свод стопы проваливается. Задняя подвздошная ость (ЗВПО) расположена высоко на стороне функционально «короткой ноги», а передняя подвздошная ость (ПВПО) – на стороне «длинной ноги».

Анатомическая короткая нога возникает при наличии фактической разницы в длине костных компонентов нижней конечности. Структурно короткая конечность часто компенсируется функциональной адаптацией на стороне длинной ноги, включая пронацию лодыжки на длинной ноге [4]. Передние и задние подвздошные ости расположены ниже на стороне короткой ноги, если только положение стопы не компенсирует эту разницу, т.е. наблюдается передняя ротация полутаза.

Спортивное НДН, особенно актуально для бегунов по пересеченной местности. Дренажный уклон, встроенный в дороги, создает разницу в высоте опоры между конечностью, расположенной на обочине, и конечностью, расположенной на средней линии дороги. У бегунов с существующим НДН этот эффект окружающей среды может усилить эту разницу, если короткая нога находится ближе к обочине, и ослабить, устранить или даже обратить вспять неравенство длины ног, если длинная нога находится на обочине, на стороне уклона дороги [5].

Методы оценки длины нижних конечностей

Для оценки длины нижних конечностей используются как рентгенографические, так и ленточные методы измерения. Величина абсолютной ошибки имеется при использовании любого метода. Коэффициенты валидности, внутри и межтестовой надежности ленточных методов измерения неизменно ниже, чем рентгенографических [6]. Неточность измерения лентой связана с тем, что она основывается на костных выступах, в первую очередь на передней верхней подвздошной ости (ПВПО) и медиальной лодыжке. Разница в длине ног, измеренная лентой, величиной менее 1,27 см может быть недостоверной. Несмотря на погрешность измерений, ленточные измерители НДН до сих пор часто используются при рутинном ортопедическом обследовании, поскольку они просты в применении и стоят совсем недорого.

Рентгенографические методы обеспечивают точность и надежность измерений, необходимые для исследований и клинической практики. Рентгенограммы не получили широкого распространения из-за этических возражений наличия лучевой нагрузки и высокой стоимости. Методика высоты стояния головок бедренных костей позволила снизить лучевую нагрузку и стоимость исследования.

Для получения рентгенограммы головок бедренных костей обследуемый стоит на ровной платформе в переднезадней или задне-задней проекции, располагая таз как можно ближе к пленке (примерное расстояние от бедра до пленки составляет 18–20 см). Трубка устанавливается на предполагаемой высоте большего трохантера испытуемого плюс 2,54 см. Испытуемый принимает «позу параллелограмма»[7], в которой стопы расположены параллельно, первые плюсневые кости разделены средним расстоянием между головками бедренных костей 18,6 см, а суставы нижних конечностей находятся в анатомическом положении. Параллелограмм состоит из двух нижних конечностей, межметатарзального расстояния и центров головок

бедренных костей. При отсутствии грубых ошибок позиционирования и/или установки трубки метод позволяет точно измерить относительную величину разницы между длинами конечностей, а не разницу между абсолютными длинами конечностей. При использовании этого метода средняя ошибка между повторными измерениями у одних и тех же испытуемых в разные дни составляла менее 2 мм. В исследовании GoftonJ.P., TruemanG.E. (1971) [7] средний показатель составил 1,5 мм; у Friberg 0., et al. (1985) средний показатель составил 0,6 мм, а диапазон – 0–2 мм [8].

Ограничение измерений областью таза уменьшает площадь облучения тела и общую дозу облучения. Использование гонадального щита толщиной 1,8 мм и размером 12 х 20 см ограничивает среднюю дозу облучения гонад и костного мозга. Friberg 0., et al. (1985) пришли к выводу, что рентгенография головки бедренной кости может считаться безрисковой и пригод-ной для скрининговых исследований [8].

Клиническое значение асимметрии

В зависимости от величины расхождения были выделены три категории НДН: легкая (разница < 3 см), умеренная (разница ≥ 3 и ≤ 6 см) и тяжелая (разница > 6 см) [9].

Определение клинической значимой асимметрии у специалистов-ортопедов разное. В то время как структурные деформации и функциональные нарушения однозначно связаны с умеренными и тяжелыми расхождениями[10], легкие расхождения (менее 30 мм) не были убе-дительно связаны с какой-либо конкретной патологией. Недостаток исследований, посвященных легкой форме НДН, проблему разработки методик делает актуальной. GoftonJ.P., True-manG.E. (1971) критически оценили данные литературы, которая не выявила однозначной связи между легкой степенью НДН и конкретными травмами. Они утверждали, что использование ленточных методик вносит достаточную вариативность, чтобы выявить существующие взаимосвязи [7].

Существует точка зрения, что биомеханические нарушения, вызванные легким НДН, незначительны, которые могут быть компенсированы с помощью постуральной коррекции [7, 11]. Некоторые авторы считают, что легкое НДН может влиять на костно-мышечные структуры, если человек испытывает повторяющиеся механические нагрузки [2, 9].

GrossR.H. (1983) исследовал гипотезу о том, что повторяющиеся импульсивные нагрузки усиливают эффект НДН. Он предположил, что у бегунов-марафонцев асимметрия будет встречаться реже, чем в общей популяции, за счет исключения бегунов с этой патологией. Однако у 34 из 35 бегунов, участвовавших в исследовании, длина конечностей была неодинаковой, что было измерено с помощью рентгенографии в положении лёжа. Он пришел к выводу, что «бегуны могут прекрасно функционировать и без выравнивания асимметрии», несмотря на наличие многочисленных односторонних травм [11].

Стресс-переломы

Умеренное НДН (3–6 см) в основном связано с тремя ортопедическими заболеваниями: стрессовыми переломами, болью в пояснице и остеоартритом.

Стресс-переломы – это очаговые структурные слабости в кости, развивающиеся в процессе ремоделирования костной ткани, которое происходит в ответ на повторяющееся использование подпороговых нагрузок. По мере поглощения энергии при демпфировании приложенной нагрузки в кости образуются микротрещины. Ремоделирование кости происходит по мере заживления микропереломов. Процесс микроперелома/ремоделирования стабилен при подпороговых нагрузках. Если же порог превышен, то скорость образования новой кости ниже скорости остеокластической резорбции и развивается стрессовый перелом [12].

MathesonG.O. (1987) рассмотрели две наиболее распространенные теории развития стресс-переломов: (1) слабость мышц снижает амортизационную способность нижней конечности, что приводит к увеличению и перераспределению нагрузки на кость; и (2) сила тяги мышц к кости многократно превышает пороговое напряжение. Вполне вероятно, что неравенство длины ног может способствовать любой из этих двух этиологий [12].

Две функции большеберцовой кости – это перенос веса и крепление мышц. В исследовании 130 новобранцев Friberg 0. (1982) сообщил, что большинство стрессовых переломов костей, несущих вес (большеберцовой и бедренной), произошло на длинной конечности. При нормальной осанке вес тела равномерно распределяется между обеими нижними конечностями. У людей с НДН наблюдается тенденция к смещению веса на более длинную конечность. Влияние интенсивного движения на распределение веса неясно [13].

Люди с НДН могут пронировать стопу на стороне более длинной конечности в попытке обеспечить функциональное укорочение более длинной ноги [4]. Вследствие этого предотвращение травм при ходьбе на длинной ноге может быть нарушено из-за уменьшения диапазона пронации во время контакта стопы с опорой, то есть уменьшения возможности «сглаживания» удара при постановке стопы на грунт. Мышечная нагрузка на голень может быть увеличена за счет усиленной эксцентрической активации передней большеберцовой мышцы, необходимой для сопротивления пронации пяточной кости, когда подтаранный сустав приближается к концу своего диапазона движения. Однако адаптация меняет физиологический объём движения в суставах стопы (подтаранном). Оба этих механизма могут объяснить картину возникновения стресс-переломов [13].

Таким образом, скелетная компенсация в ответ на НДН может быть связана с развитием стресс-переломов нижних конечностей. Поэтому необходимо более глубокое понимание компенсаторной перестройки скелета в ответ на НДН и её влияния на распределение двусторонней нагрузки на конечности.

Боль в пояснице

Сколиоз – это ортопедическое заболевание, характеризующееся боковым искривлением позвоночного столба. Обычно используются две классификации сколиоза. Функциональный сколиоз – преходящее явление у людей с нарушенной осанкой в положении стоя. Структурный сколиоз – это постоянный боковой изгиб позвоночника, не изменяемый мышечной активностью или коррективкой осанки [14].

Перекос таза, характерный для НДН, может вызывать функциональный сколиоз вогнутой стороной в сторону более длинной конечности. Перекос таза помогает поддерживать линию центра тяжести медиолатерально в пределах полигона опоры стоп. Степень сколиоза связана с величиной НДН. Была выдвинута гипотеза, что сколиоз, вызванный НДН, может быть причинным фактором в развитии неспецифических болей в пояснице и радикулита. Пациенты часто страдают от ишиаса на вогнутой стороне искривленного позвоночника. В сколиотическом позвоночнике фиброзное кольцо межпозвоночного диска на вогнутой стороне позвоночника (на стороне длинной ноги) находится в состоянии компрессии, а на выпуклой – в состоянии растяжения. Сжатая оболочка диска может выступать из межпозвоночного пространства и ущемлять дорсальный сенсорный нервный корешок.

Несколько исследователей изучали связь между НДН и болью в пояснице. Результаты были неоднозначными. GrundyP.F, RobertsC.J. (1984) [15], BotteR.R. (1981) [14] сообщили об отсутствии связи между наличием НДН и болями в пояснице, в то время как другие авторы сообщили, что боли в пояснице преобладают среди людей с НДН [8, 12]. Несколько исследователей сообщили об успешном снижении боли в пояснице с помощью ортопедических подъемников (лифттерапии) для выравнивания, в то времякак другие авторы сообщили, что боли в пояснице преобладают среди людей с НДН [4, 13].

Приведенные данные подтверждают гипотезу о том, что НДН приводит к структурным изменениям в нижней части спины, но они не всегда связаны с болью в спине. Полученные данные свидетельствуют о необходимости проведения дополнительных исследований, изучающих связь между НДН и болью в пояснице.

Остеоартрит

Остеоартроз – это дегенеративное заболевание суставов, характеризующееся истончением и окончательным исчезновением суставного хряща. Поверхности сочленяющихся костей могут утолщаться, часто развиваются остеофиты, выступающие в суставное пространство. На поздних стадиях заболевания свободные от хряща

поверхности сочленяющихся костей могут сильно деформироваться [16].

Остеоартрит подразделяется на первичный (идиопатический) и вторичный. Вторичный остеоартрит относится к случаям, когда в качестве предрасполагающего фактора признается какое-то предшествующее событие, например: перелом, болезнь в детстве или аномалия скелета. Все остальные случаи считаются идиопатическими. Solomon L. (1976) выявил различные виды аномалий в 300 из 327 случаев остеоартрита тазобедренного сустава и поставил под сомнение существование идиопатического остеоартрита. Он предложил три патогенетические группы вторичного остеоартрита: (1) разрушение по сути нормального хряща, подвергающегося аномальной или несоответствующей нагрузке в течение длительного времени; (2) поврежденный или дефектный хрящ, разрушающийся при нормальных условиях нагрузки, и (3) разрушение суставного хряща из-за дефекта субхондральной кости [17].

Перекос таза, создаваемый НДН, может вызывать двусторонние неравные нагрузки на тазобедренный и коленный суставы во время вертикальной позы [7, 16]. Наклоненный таз смещает линию действия центра тяжести тела от центра головки тазобедренного сустава на стороне длинной конечности. Большая мышечная активность, необходимая для компенсации смещения, может увеличить величину внутренней силы в суставе. Перекос таза также уменьшает площадь соприкосновения суставных поверхностей, нарушая нормальную соосность скелета. Эти два эффекта – увеличение силы давления и уменьшение площади сочленяющихся поверхностей – приводят к увеличению удельной нагрузки на хрящ и нижележащую кость и представляют собой возможный биомеханический предвестник остеоартрита [18].

Во время изменениянагрузки на суставы нижних конечностей она дополнительно увеличивается за счет мышечной активности, необходимой для управления сегментами инерционных сил, развиваемых движущимися сегментами, и импульсной силы, приложенной к стопе при контакте с землей. Эксцентрическая мышечная активность и податливость тканей ослабляют импульсную силу толчка пятки при приземлении по мере её передачи к голове, тем самым вызывая снижение способности конечностей, пораженных остеоартритом, ослаблять ударную нагрузку. Таким образом, снижение динамических нагрузок на конечности является одним из способов уменьшения риска развития дегенеративных заболеваний.

ВЫВОД

Разработка диагностических критериев синдрома короткой ноги и оценка асимметрии нижних конечностей при наличии неравенства длины ног значительно улучшит диагностику этой патологии. Исходно повышенная пронация стопы, используемая в качестве компенсации неравенства длины ног, может снизить способность длинной конечности уменьшать ударные импульсы [19]. Скорректированное неравенство длины ног с использованием лифт-терапии оказывает минимальное влияние на кинематику таза и активность мышц поясницы во время ходьбы. Целесообразно дальнейшее изучение эффекта уравнивания длины конечностей с помощью лифт-терапии, учитывая её экономическую эффективность и возможности профилактики остеоартрита.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Vagenas G., Hoshizaki T.B. Optimization of an asymmetrical motor skill: the sprint start. Int I Sports Biomech, 1986. – 2: 29–40.
2. Subotnick S.I. The short leg syndrome. JAmPodiatryAssoc, 1976.–66: 720–3.
3. Eichler J. Methodological errors in documenting leg length and leg length discrepancies. In: Hungerford DS, ed. Leg length discrepancy, the injured knee Prog Orthop Surg. New York: Springer-Verlag, 1977. – P. 29–39.
4. Langer S. Structural leg shortage: a case report. I Am Podiatry Assoc, 1976. – 66: 38–40.
5. Du Plessis M.P. Stress fractures and over-use syndromes (letter). S Afr Med J, 1980. – 58: 670.
6. De Boer K.F., Harmon R.O., Savoie S., Tuttle C.D. Inter- and intra-examiner reliability of leg-length differential measurements: a preliminary study. J Manipulative Physiol Ther, 1983. – 6: 61–6.
7. Gofton J.P., Trueman G.E. Studies in osteoarthritis of the hip. Part II: Osteoarthritis of the hip and leg-length ine-

quality. Can Med Assoc J, 1971. – 104: 791–9.
8. Friberg 0., Koivisto E., Wegelius C. A radiographic method for measurement of leg length ine-quality. Diagn Imag Clin Med, 1985. – 54: 54–81.
9. Reid D.C., Smith B. Leg length inequality: a review of etiology and management. Physio Can, 1984.–36: 177–82.
10. DeLacerda FG, McCrory ML. A case report: effect of a leg length differential on oxygen con-sumption. J Orthop Sports Phys Ther, 1981. – 3: 17–20.
11. 11.Gross RH. Leg length discrepancy in marathon runners. Am J Sports Med 1983; 11: 121–4.
12. Matheson G.O., Clement D.B., McKenzie D.C., Taunton J.E., Lloyd-Smith D.R., MacIntyre J.G. Stress fractures in athletes: a study of 320 cases. Am J Sports Med, 1987. – 15: 38–57.
13. Friberg 0. Leg length asymmetry in stress fractures: a clinical and radiological study. J Sports Med Phys Fitness 1982; 22: 485–8.
14. Botte R.R. An interpretation of the pronation syndrome and foot types of patients with low back pain. J Am Podiatry Assoc, 1981.–71: 243–53.
15. Grundy P.F, Roberts C.J. Does unequal leg length cause back pain? A case-control study. Lancet, 1984.- iv: 256–8.
16. Maquet P.G.J. Biomechanics of the knee, 2nd edn. New York: Springer-Verlag, 1984.
17. Solomon L. Patterns of osteoarthritis of the hip. I Bone Joint Surg 1976; 52(B): 175–83.
18. Radin E.L., Paul I.L., Rose R.M. Role of mechanical factors in pathogenesis of primary osteoar-thritis. Lancet, 1972.- i: 519–22.
19. Нечаев В.И. Фролов В.А., Нечаев В.И., Нечаев Е.В., Смекалкина Л.В. Диагностическая зна-чимость количественной оценки разновеликости нижних конечностей (обзор литературы). Медицинский алфавит, № 1. – 2023. – С. 29–35.

ВОССТАНОВЛЕНИЕ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ СПОРТСМЕНОВ ПРИ ПРОЯВЛЕНИИ ПРИЗНАКОВ ГИПЕРТОНИЧЕСКОЙ БОЛЕЗНИ

УДК 613.71 + 616.12-008.331.1

А.В. Епифанов[1], О.Б. Евстигнеева[2], А.В. Епифанов[2], А.С. Лискова[2], А.В. Потемкин[2], Н.Н. Шаверина[2]

[1]ФГБОУ ВО «Российский университет медицины» Минздрава России, Москва, Россия
[2]ФГБУЗ «Клиническая больница № 85» ФМБА России, Москва, Россия

РЕЗЮМЕ

Артериальная гипертония наиболее часто диагностируемая патология сердечно-сосудистой системы у спортсменов. Она приводит к поражению органов-мишеней (у спортсменов и в популяции), формированию ГМЛЖ и, как следствие, – фатальных аритмий и развитию сосудистых катастроф (во время и по окончании спортивной карьеры). Является второй по частоте (после сердечных аритмий) причиной медицинской дисквалификации профессиональных спортсменов. Мероприятия по адаптации физических нагрузок рекомендуют всем спортсменам, в том числе получающим медикаментозную терапию, особенно при наличии факторов риска.

Ключевые слова: *артериальная гипертония, артериальное давление, органы-мишени, сердечно-сосудистые заболевания.*

RESTORATION OF ATHLETES' FUNCTIONAL CAPABILITIES IN CASE OF SIGNS OF HYPERTENSION

Evstigneeva O.B.[2], Epifanov A.V.[1], Liskova A.S.[2], Potemkin A.V.[2], Shaverina N.N.[2]

[1]Russian University of Medicine, Ministry of Health of the Russian Federation, Moscow, Russia
[2]Federal State Budgetary Institution Clinical Hospital No. 85, FMBA of Russia, Moscow, Russia

SUMMARY

Arterial hypertension is the most frequently diagnosed pathology of the cardiovascular system in athletes. It leads to damage to the target organs, (in athletes and in the population) the formation of LVEF and, as a result, fatal arrhythmias and the development of vascular catastrophes (during and after the end of a sports career). It is the second most common cause of medical disqualification of professional athletes (after cardiac arrhythmias). Physical activity adaptation measures are recommended for all athletes, including those receiving drug therapy, especially in the presence of risk factors.

Key words: *arterial hypertension, arterial pressure, target organs, cardiovascular diseases.*

Артериальная гипертония (АГ) – синдром, характеризующийся стабильным повышением систолического артериального давления не менее 140 мм рт. ст. и/или диастолического артериального давления не менее 90 мм рт. ст., измеренного при повторных (≥ 2 раз с интервалом 1–2 недели) визитах к врачу, у людей, не получающих антигипертензивную терапию.

Под ГБ принято понимать хронически протекающее заболевание, при котором повышение АД не связано с выявлением явных причин, приводящих к развитию вторичных форм АГ. ГБ преобладает среди всех форм АГ, её распространенность составляет свыше 90 %. В силу того, что ГБ – заболевание, имеющее различные клинико-патогенетические варианты течения, в литературе вместо термина

«гипертоническая болезнь» часто используется термин «артериальная гипертония».

Термин «гипертоническая болезнь», предложенный Г.Ф. Лангом в 1948 г., соответствует термину «эссенциальная гипертензия», используемому за рубежом.

Эпидемиология. Артериальной гипертонией страдают около 30–45 % взрослого населения. В настоящее время отмечается «омоложение» АГ. Не исключением являются спортсмены, особенно в спорте высших достижений. С возрастом распространенность увеличивается и достигает 60–70 % у лиц 65 лет. До 50-летнего возраста артериальная гипертония чаще бывает у мужчин, а после 50 – у женщин, что мы часто наблюдаем у ветеранов спорта.

Этиология. На долю развития первичной артериальной гипертонии / эссенциальной гипертонии (т. е. причину повышения артериального давления установить не удается), гипертонической болезни приходится около 90–95 % случаев стабильного повышения АД.

К факторам риска развития АГ относят следующие:

- наследственно-конституциональные особенности;
- возрастную перестройку нейроэндокринной системы;
- нарушение липидного обмена (ожирение);
- особенности питания (повышенное употребление поваренной соли, биодобавки, дефицит кальция);
- интоксикации (курение, алкоголь);
- психоэмоциональные факторы (стресс);
- травмы черепа;
- профессиональные вредности (большие перегрузки во время тренировочной и соревновательной деятельности).

Причинами вторичной АГ можно считать любые состояния, при которых повышение АД обусловлено какой-либо причиной (патологическим состоянием), например: заболевания почек (поражение почечных сосудов, паренхиматозное поражение почек (в том числе гломерулонефрит, поликистозное поражение почек и др.), эндокринные болезни и др.

Выделяют особую группу моногенных АГ, при которых повышение АД связанно с установленным генетическим фактором (глюкокортикоид-чувствительный альдостеронизм, врожденная гиперплазия надпочечников из-за недостаточности 11β-гидроксилазы или 17-гидроксилазы, синдром Лиддла, дефицит 11β-гидроксистероиддегидрогеназы и др.).

Классификации артериальных гипертоний:

- Стадии артериальных гипертоний (табл. 1).
- «Классификация стратификации риска» (Рекомендации ESH/ESC по лечению артериальной гипертонии, 2013 г.). Таблица 1.2.

«Тихий убийца» – именно так часто называют ГБ, поскольку обычно она развивается постепенно, малосимптомно, больной может годами иметь повышенное артериальное давление и даже не подозревать об этом. Повышение АД служит наиболее ранним и постоянным проявлением ГБ. Многие больные считают головную боль основным симптомом АГ. Другими жалобами при ГБ могут быть головокружение, сердцебиение и легкая утомляемость. Как правило, первые жалобы пациента возникают при наличии поражения органов-мишеней и ассоциированных клинических состояниях, а также при случайном выявлении повышенного артериального давления дома или на приеме у врача (рис. 1).

Таблица 1

Стадии артериальной гипертонии

Стадия	Описание
1	Повышение артериального давления при отсутствии поражения органов-мишеней и установленных сердечно-сосудистых заболеваний
II	Повышение артериального давления с вовлечением органов-мишеней (бессимптомное поражение органов-мишеней) и при отсутствии клинически манифестных сердечно-сосудистых заболеваний
III	Повышение артериального давления при наличии установленных сердечно-сосудистых заболеваний и/или заболеваний почек.

Таблица 1.2.

Клиническая картина артериальной гипертонии

СТРАТИФИКАЦИЯ РИСКА У БОЛЬНЫХ АГ (ESH/ESC, 2013)

Другие факторы риска, бессимптомное поражение органов или заболевания	АД (мм рт.ст.)			
	Высокое нормальное САД 130–139 или ДАД 85–89	АГ 1 степени САД 140–159 или ДАД 90–99	АГ 2 степени САД 160–179 или ДАД 100–109	АГ 3 степени САД ≥180 или ДАД ≥110
Отсутствуют другие ФР		Низкий риск	Средний риск	Высокий риск
1-2 ФР	Низкий риск	Средний риск	Риск от среднего до высокого	Высокий риск
≥3 ФР	Риск от низкого до среднего	Риск от среднего до высокого	Высокий риск	Высокий риск
ПОМ, ХЗП 3 стадии или диабет	Риск от среднего до высокого	Высокий риск	Высокий риск	Риск от высокого до очень высокого
Симптомы ССЗ, ХЗП ≥ 4 или диабет с ПОМ/ФР	Очень высокий риск	Очень высокий риск	Очень высокий риск	Очень высокий риск

- **Точность определения СС риска зависит от того, насколько полно проведено клинико-инструментальное и биохимическое обследование больного**

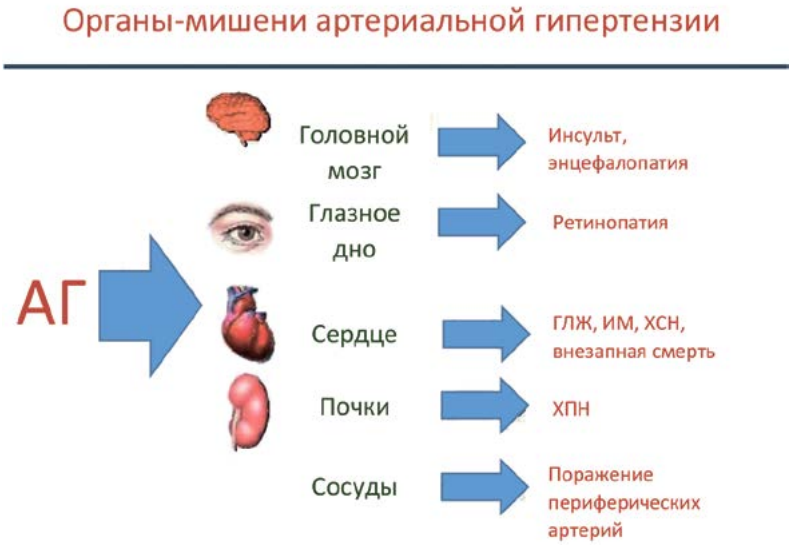

Рис. 1 – Органы-мишени артериальной гипертензии

Лечение. Основная цель лечения больных АГ состоит в максимальном снижении риска развития осложнений АГ: фатальных и нефатальных ССЗ, ЦВБ и ХБП.

Для достижения этой цели требуется:

- снижение АД до целевых уровней;
- коррекция всех модифицируемых факторов риска (курение, дислипидемия, гипергликемия, ожирение и др.);
- поражения органов-мишеней, лечение имеющихся сердечно-сосудистых, цереброваскулярных и почечных заболеваний.

Немедикаментозное лечение. Мероприятия по адаптации физических нагрузок рекомендуют всем спортсменам, в том числе получающим медикаментозную терапию, особенно при наличии факторов риска. Используется лечебная гимнастика, мануальная терапия, массаж, физиотерапия по

показаниям. Это позволяет снизить АД, уменьшить потребность в гипотензивных препаратах, повысить их эффективность, благоприятно повлиять на имеющиеся факторы риска, осуществить первичную профилактику гипертонической болезни и снизить риск сердечно-сосудистых осложнений на популяционном уровне.

Под нашим наблюдением в период 2023–2024 гг. находилось 112 спортсменом с признаками АГ, из которых 74 (66 %) были мужчинами в возрасте от 18 до 29 лет, и 38 (34 %) были женщинами в возрасте 24-32 года. Основная группа, где использовался базовый курс медикаментозной поддержки + комплексное восстановительное лечение: ЛФК в зале и лечебном бассейне по индивидуальной программе, мануальные техники на петлевых системах (ПИР, ПНФ), физиотерапия (магнито-лазер, массаж в электро-статическом поле), ручной сегментарно-рефлекторный массаж по седативной методике, – составила 82 спортсмена (73,2 %), мужчин было 56 (68,3 %), женщин – 26 (31,7 %). Контрольная группа состояла из 30 человек, из которых мужчины составили 17 (56,7 %) человек, женщины – 13 человек (43,3 %), которые проходили базовый курс медикаментозной коррекции и восстановительное лечение по стандартной программе (ЛФК в зале в группе, магнито-лазер).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

При оценке результатов лечения после комплексного обследования было достоверно определено, что в основной группе спортсменов, получивших комплексный курс восстановительного лечения, значительно быстрее восстановилось функциональное состояние, нормализовалось артериальное давление.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Corrado D., Fontaine G., Marcus F. et al. Arrhythmogenic right ventricular dysplasia/cardiomyopathy: need for an international registry // circulation. 2000. Vol. 101. P. e101–e106.
2. Corrado D., Pelliccia A., Vanhees L., Dugmore D. et al. Cardiovascular preparticipation
3. screening of young competitive athletes for prevention of sudden death: proposal for
4. a common European protocol. Consensus Statement of the Study Group of Sport
5. Cardiology of the Working Group of Cardiac Rehabilitation and Exercise Physiology
6. and the Working Group of Myocardial and Pericardial Diseases of the European
7. Society of Cardiology // Eur. Heart J. 2005. Vol. 26. P. 516–524.
8. Аль-Обади И.С., Смоленский А.В. Генные маркеры как предикторы внезапной сердечной смерти в спорте // Российский кардиологический журнал. 2007, № 1 (63). С 57–61.
9. Гаврилова Е.А. Внезапная смерть в спорте // Международная научно-практическая конференция государств-участников СНГ по проблемам ФК и спорта: доклады планерных заседаний. Минск, 2010. С. 91–96.
10. Дандырь А.П., Ачкасов Е.Е., Медведев И.Б. Тесты с дозируемой физической нагрузкой в практике спортивной медицины. Москва, 2014. 174 с.
11. Влияние регулярных физических нагрузок на морфофункциональное состояние сердечно-сосудистой системы у действующих спортсменов и ветеранов спорта [Электронный ресурс] / Е.В. Машковский, Е.Е. Ачкасов, О.Т. Богова, Д.О. Винничук. Москва : Русский врач, 2014. С. 22–31. URL.: http://elibrary.ru/item.asp.id.22669778.
12. Выходец И.Т., Дидур М.Д., Каргашина А.С., Лобов А.Н., Мирошникова Ю.В., Парастаев С.А. и др. Клинические рекомендации по диагностике и лечению общего и частных синдромов перенапряжения центральной нервной системы, сердечно-сосудистой системы, опорно-двигательного аппарата, иммунной системы и переутомления у спортсменов высшей квалификации : клинические рекомендации / под ред. В.В. Уйба. Москва, 2018.
13. Daniels C.J., Rajpal S., Greenshields J.T. et al.; Big Ten COVID-19Cardiac Registry Investigators. Prevalence of clinical and subclinical myocarditis in competitive athletes with recent SARS-CoV-2 infection: results from the Big Ten COVID-19 Cardiac Registry // JAMA Cardiol. 2021. Vol. 6, N 9. P. 1078–1081. DOI: https://doi.org/10.1001/jamacardio.2021