DOI: 10.56871/MTP.2024.71.68.004
УДК 57.017.32+57.043+796.011.3+612.17+797.12+616-07-053.7

# МЕТАБОЛИЧЕСКИЕ БИОМАРКЕРЫ НАРУШЕНИЯ АДАПТАЦИИ К ФИЗИЧЕСКИМ НАГРУЗКАМ И САМООЦЕНКА КАЧЕСТВА ЖИЗНИ У СПОРТСМЕНОВ

*© Назар Джуманазарович Мамиев[1], Владимир Станиславович Василенко[1], Юлия Борисовна Семенова[1], Анна Владимировна Меркулова[1], Наталья Сергеевна Канавец[1], Разият Маккашариповна Макеева[2]*

[1] Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет. 194100, г. Санкт-Петербург, ул. Литовская, 2
[2] Медико-санитарная часть № 70 — филиал СПб ГУП «Пассажиравтотранс». 195009, г. Санкт-Петербург, ул. Комсомола, д. 12

**Контактная информация:** Назар Джуманазарович Мамиев — ассистент кафедры госпитальной терапии с курсом эндокринологии. E-mail: nazarmamiev1986@yandex.ru ORCID ID: 0000-0002-1292-306X SPIN: 9834-5762

***Для цитирования:*** Мамиев Н.Д., Василенко В.С., Семенова Ю.Б., Меркулова А.В., Канавец Н.С., Макеева Р.М. Метаболические биомаркеры нарушения адаптации к физическим нагрузкам и самооценка качества жизни у спортсменов // Медицина: теория и практика. 2024. Т. 9. № 1. С. 34–41. DOI: https://doi.org/10.56871/MTP.2024.71.68.004

***Поступила: 09.01.2024*** ***Одобрена: 26.01.2024*** ***Принята к печати: 22.02.2024***

**РЕЗЮМЕ.** ***Введение.*** Разработка точных определений и диагностических критериев нефункционального перенапряжения и перетренированности является актуальной, но сложной задачей, что связано с индивидуальными сочетаниями дисфункций. В настоящее время существует тенденция к объединению нескольких переменных для диагностики нарушения адаптации к нагрузкам в конкретных видах спорта. ***Цель исследования.*** Установить информативность показателей метаболизма и самооценки качества жизни у спортсменов-гребцов для контроля переносимости тренировочных нагрузок и предупреждения перетренированности. ***Материалы и методы.*** В исследование было включено 19 спортсменов-юношей (от 18 до 20 лет), специализация — гребной спорт, I спортивный разряд, кандидаты в мастера спорта, обратившихся с жалобами на снижение работоспособности, и подтвержденным перенапряжением сердца (основная группа). В контрольную группу вошли 20 спортсменов аналогичной специализации, мастерства и возраста, не предъявляющих жалобы на состояние здоровья, без ЭКГ-признаков перенапряжения сердца. У всех спортсменов проводили холтеровское суточное мониторирование ЭКГ, определяли показатели метаболизма (общая и эффективная концентрации альбуминов, аспартатаминотрансаминаза, аланинаминотрансаминаза, креатинфосфокиназа, изофермент креатинфосфокиназы, характерный для ткани сердечной мышцы) и самооценку качества жизни, связанного со здоровьем (SF-36 — неспецифический опросник для оценки качества жизни). ***Результаты и обсуждение.*** У пациентов с признаками перенапряжения установлен более низкий уровень общей и эффективной концентрации альбуминов с повышением индекса токсичности и увеличение до верхней границы нормы изофермента креатинфосфокиназы, на фоне стабильно высокой, свойственной всем спортсменам креатинфосфокиназы, приводящее к увеличению индекса RI. При этом отмечается снижение качества жизни по всем шкалам психосоциального компонента. ***Выводы.*** Нефункциональное перенапряжение у гребцов подтверждается нарушением функционирования системы сывороточных альбуминов с повышением эндогенной интоксикации, увеличением в крови сердечной фракции креатинфосфокиназы и снижением самооценки качества жизни по всем шкалам психосоциального компонента.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** спортсмены; нефункциональное перенапряжение; перетренированность; диагностика.

# METABOLIC BIOMARKERS OF ADAPTATION TO PHYSICAL ACTIVITY AND SELF-ASSESSMENT OF QUALITY OF LIFE IN ATHLETES

© *Nazar D. Mamiev[1], Vladimir S. Vasilenko[1], Yulia B. Semenova[1], Anna V. Merkulova[1], Natalia S. Kanavets[1], Raziyat M. Makeeva[2]*

[1] Saint Petersburg State Pediatric Medical University. Lithuania 2, Saint Petersburg, Russian Federation, 194100
[2] Medical and sanitary unit No. 70 of the Saint Petersburg State Unitary Enterprise "Passagiravtotrans". Komsomol str., 12, Saint Petersburg, Russian Federation, 195009

**Contact information:** Nazar D. Mamiev — Assistant of the Department of Hospital Therapy with a course of Endocrinology. E-mail: nazarmamiev1986@yandex.ru ORCID ID: 0000-0002-1292-306X SPIN: 9834-5762

***For citation:*** Mamiev ND, Vasilenko VS, Semenova YuB, Merkulova AV, Kanavets NS, Makeeva RM. Metabolic biomarkers of adaptation to physical activity and self-assessment of quality of life in athletes. Medicine: theory and practice (St. Petersburg). 2024;9(1):34-41. DOI: https://doi.org/10.56871/MTP.2024.71.68.004

***Received: 09.01.2024*** ***Revised: 26.01.2024*** ***Accepted: 22.02.2024***

**ABSTRACT.** ***Introduction.*** The development of precise definitions and diagnostic criteria for non-functional overstrain and overtraining is an urgent but complex task, which is associated with individual combinations of dysfunctions. Currently, there is a tendency to combine several variables to diagnose exercise adaptation disorders in specific sports**.** ***Purpose of the study.*** To establish the information content of metabolic indicators and self-assessment of quality of life in rowing athletes to monitor the tolerance of training loads and prevent overtraining**.** ***Materials and methods.*** The study included 19 male athletes (from 18 to 20 years old) specializing in rowing, sports category I, candidates for master of sports, who complained of decreased performance and confirmed cardiac overstrain (main group). The control group included 20 athletes of similar specialization, skill and age who had no health complaints and no ECG signs of cardiac overstrain. All athletes underwent 24-hour Holter ECG monitoring, determined metabolic parameters (total and effective albumin concentrations, aspartate aminotransaminase, alanine aminotransaminase, creatine phosphokinase, creatine phosphokinase isoenzyme characteristic of cardiac muscle tissue) and self-assessment of health-related quality of life (SF-36 — non-specific questionnaire for assessing quality of life). ***Results and discussion.*** In patients with signs of overstrain, a lower level of total and effective albumin concentration was found with an increase in the toxicity index and an increase in the creatine phosphokinase isoenzyme to the upper limit of normal, against the background of a consistently high creatine phosphokinase, characteristic of all athletes, leading to an increase in the RI index. At the same time, there is a decrease in the quality of life on all scales of the psychosocial component**.** ***Conclusion.*** Non-functional overstrain in rowers is confirmed by impaired functioning of the serum albumin system with increased endogenous intoxication, an increase in the cardiac fraction of creatine phosphokinase in the blood and a decrease in self-assessment of quality of life on all scales of the psychosocial component.

**KEY WORDS:** athletes; non-functional overstrain; overtraining; diagnostics.

## ВВЕДЕНИЕ

Конкуренция между спортсменами и рост спортивных результатов оказывают влияние на методы тренировок, все больше увеличивая их количество и интенсивность, при этом сокращается время на восстановление [15]. Одновременно с этим возросли требования к спортсменам из-за меняющегося характера спорта и плотного графика соревнований.

Виды спорта на выносливость требуют значительных тренировочных нагрузок для достижения желаемого тренировочного эффекта на организм спортсмена. Однако, если не обеспечить адекватное восстановление, может возникнуть перетренированность с соответствующим снижением спортивной работоспособности. Таким образом, существует необходимость в установлении показателей, которые можно использовать для мониторинга адаптации спортсменов к тренировочным нагрузкам и обеспечения раннего предупреждения о возможной дезадаптации [19].

Синдром перетренированности (overtraining syndrome — OTS) возникает после длительного

периода перенапряжения (overreaching — OR) в сочетании с дополнительными стрессорами, где OR определяется как накопление тренировочной нагрузки, приводящей к снижению работоспособности от нескольких дней до недель. Перенапряжение можно подразделить на функциональное (functional overreaching — FOR) и нефункциональное (non-functional overreaching — NFOR) [4, 6]. Функциональное перенапряжение определяется как кратковременное снижение работоспособности (обычно до 2 недель), за которым следует эффект суперкомпенсации (адаптивное улучшение работоспособности). В случаях, когда снижение работоспособности имеет несколько более продолжительный период (обычно до 3-4 недель) и не сопровождается суперкомпенсацией, используется термин «нефункциональное перенапряжение» [5, 10].

Функциональное перенапряжение позитивно и способно привести к улучшению тренированности и работоспособности с момента наступления восстановления, тогда как нефункциональное перенапряжение связано с ухудшением работоспособности и тренированности из-за недостаточного восстановления [7].

Благодаря правильному планированию тренировок может быть достигнуто индивидуально запрограммированное увеличение нагрузки, связанное с достаточным отдыхом, а также физической и функциональной адаптацией спортсмена, что улучшит физическую работоспособность и, следовательно, производительность [8]. Хотя синдром перетренированности трудно диагностировать, следует уделять дополнительное внимание минимизации рисков, с ним связанных [20].

Из-за отсутствия диагностического теста «золотого стандарта» OTS остается сложным диагнозом исключения [10]. Основная трудность состоит в том, чтобы понять, достиг ли спортсмен статуса OTS или NFOR. Выявление общих биомаркеров у спортсменов при перетренированности могло бы позволить предпринимать адекватное вмешательство для предотвращения прогрессирования утомления до более тяжелой стадии синдрома перетренированности [3, 14, 16].

В настоящее время предложено большое количество маркеров, которые потенциально способны отражать физиологические изменения, такие как повреждение мышц или воспалительные реакции, возникающие после напряженных физических упражнений. Идея использования маркеров крови (или панели маркеров крови) для картирования этих изменений и предоставления индивидуальных рекомендаций по тренировкам на основе этих изменений для оптимизации производительности и предотвращения травм привлекательна [13]. Различные биомаркеры крови нашли свое применение в области спортивной медицины для мониторинга тренировочной нагрузки спортсменов [12]. Лактат, мочевина, миоглобин и креатинкиназа (КК) уже регулярно используются во многих областях спорта высших достижений для объективной оценки острой или хронической внутренней нагрузки [12]. Широко используются сердечные маркеры, уровень которых увеличивается после напряженных физических упражнений, так как они связаны с повышенной клеточной проницаемостью, усиливающейся под действием окислительного стресса, имеющего место у спортсменов с OTS [17].

T.O. Carneiro и соавт. (2023) по данным систематического обзора определили четыре основные группы с потенциальными биомаркерами перетренированности, связанные с: промежуточным метаболизмом; окислительно-восстановительным профилем организма; гормональным статусом; иммунной функцией [1, 9]. По данным авторов, биомаркеры перетренированности, связанные с метаболизмом (высокие значения лактатдегидрогеназы (ЛДГ), лактата, гликемии, аспартатаминотрансаминазы (АСТ), альбумина, КК и креатина), определяются у спортсменов в состоянии покоя. Их повышение обусловлено усилением катаболического состояния под действием неадекватных физических нагрузок с последующим нарушением восстановления [9].

Психологические опросники уже давно используются в области исследований OTS, поскольку нарушения настроения часто встречаются у спортсменов, страдающих данной патологией. Эти спортсмены, как правило, демонстрируют более высокий общий балл POMS (профиль состояний настроения), более высокие оценки утомляемости, напряжения, депрессии, гнева и растерянности, а также более низкие оценки энергичности [10, 18].

Область исследований OTS сталкивается с несколькими препятствиями. Отсутствие стандартных определений и терминологии в OTS в сочетании с тем фактом, что различия между нефункциональным перенапряжением и OTS не всегда очевидны, затрудняет характеристику спортсменов, у которых наблюдается снижение работоспособности, и, в конечном итоге, сравнение результатов исследований. Кроме того, диагностические инструменты и биомаркеры OTS должны быть специфичными для конкретного вида спорта [11].

Разнообразие выявленных маркеров и инструментов подтверждает, что OTS влияет на несколько систем организма, являясь гетерогенным синдромом, состоящим из разных клинических фенотипов. Таким образом, вместо использования параметров по отдельности существует тенденция к объединению нескольких переменных для диагностики OTS [10].

## ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ

Установить информативность показателей метаболизма и самооценки качества жизни у спортсменов-гребцов для контроля переносимости тренировочных нагрузок и предупреждения перетренированности.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследования осуществлялись на базе медсанчасти колледжа олимпийского резерва № 1. В исследование на протяжении одного года было включено 19 спортсменов-юношей (от 18 до 20 лет, специализация — гребной спорт (академическая гребля, гребля на байдарках и каноэ, гребной слалом), I спортивный разряд, кандидаты в мастера спорта), обратившихся с жалобами на снижение работоспособности и подтвержденным перенапряжением сердца (основная группа). В контрольную группу вошли 20 спортсменов-гребцов (академическая гребля, гребля на байдарках и каноэ, гребной слалом) аналогичного мастерства и возраста, не предъявляющих жалобы на состояние здоровья, без ЭКГ-признаков перенапряжения сердца.

Исследование проводилось в соответствии с положениями Хельсинкской декларации о соблюдении этических принципов, всеми спортсменами было подписано информированное согласие на участие в исследовании.

Все исследования проводились через 24 часа после последней тренировки. Общее обследование спортсменов включало холтеровское суточное мониторирование ЭКГ (ХМ ЭКГ) на аппаратах «КАРДИОТЕХНИКА-04-8(М)», обеспечивающих 12 отведений. Зарегистрированная ЭКГ анализировалась с помощью обрабатывающего комплекса на основе IBM PC. К клинически значимой экстрасистолической аритмии относили частую (более 10 тыс./сутки), нагрузочную, парную, групповую желудочковую экстрасистолию, что соответствует по классификации B. Lown, M. Wolf; M. Ryan (1975) II-V классу, а также множественные, групповые, парные суправентрикулярные экстрасистолы.

Оценку психологического состояния проводили с помощью опросника качества жизни, связанного со здоровьем, — SF-36, рекомендованного для использования в России межнациональным центром исследования качества жизни. Анкетирование осуществлялось при первичном обращении и через 2 месяца.

Для определения общей (ОКА) и эффективной концентрации альбуминов (ЭКА) использовали анализатор АКЛ-01 с набором реактивов «ЗОНД-Альбумин». Рассчитывали индекс токсичности (ИТ): ИТ = ОКА/ЭКА-1. В норме ИТ менее 0,15 у.е. Уровень аспартатаминотрансаминазы (АСТ) и аланинаминотрансаминазы (АЛТ) определяли УФ-методом с использованием диагностического набора Biocon. Уровень креатинфосфокиназы (КФК) и изофермента креатинфосфокиназы (КФК МВ) определяли кинетическим методом, использовались диагностические наборы фирмы «Vital diagnostics», с дальнейшем расчетом индекса RI = (КФК МВ/КФК общ.) · 100(%). Для повреждения сердечной мышцы характерен RI более 2,5–3%.

Полученные результаты после проверки на нормальность распределения (критерий Шапиро–Уилка) были обработаны с использованием методов параметрического анализа. Результаты выражались в средних арифметических величинах (M) и средней ошибке (m). Анализ данных проводился с использованием парного t-критерия Стьюдента. Статистически значимыми считали различия при $p < 0,05$.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Под действием физических нагрузок, а также при патологических состояниях в организме изменяется обмен веществ, что приводит к увеличению метаболитов. Сывороточный альбумин играет основную роль в их элиминации. Соответственно, уровень интоксикации можно определить по индексу токсичности.

Как показано на рисунке 1, у пациентов с признаками перенапряжения (основная группа) нами установлен более низкий уровень ОКА — $39,1 \pm 0,9$ относительно $51,3 \pm 1,3$ г/л в контрольной группе ($p \leq 0,001$, при $t = 7,71$) и ЭКА — $30,1 \pm 1,1$ относительно $45,9 \pm 1,5$ г/л в контрольной группе ($p \leq 0,001$, при $t = 8,4$). На этом фоне у пациентов основной группы происходит повышение индекса токсичности, выходящее за границы референсного интервала — $0,31 \pm 0,1$ относительно $0,11 \pm 0,05$ у. е. в контрольной группе ($p \leq 0,01$, при $t = 3,9$), свидетельствующее о нарушении функционирования системы сывороточных альбуминов и эндогенной интоксикации,

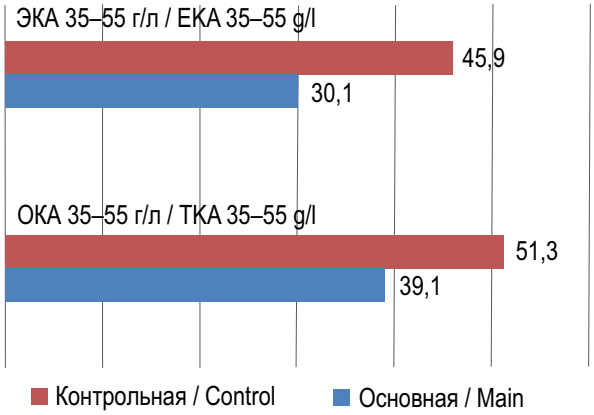


Рис. 1. Сравнительный анализ уровней общего и эффективного альбуминов в группах спортсменов: ЭКА — эффективная концентрация альбумина, ОКА — общая концентрация альбумина

Fig. 1. Comparative analysis of the levels of total and effective albumins in groups of athletes: EKA — effective concentration of albumin; TKA — total concentration of albumin

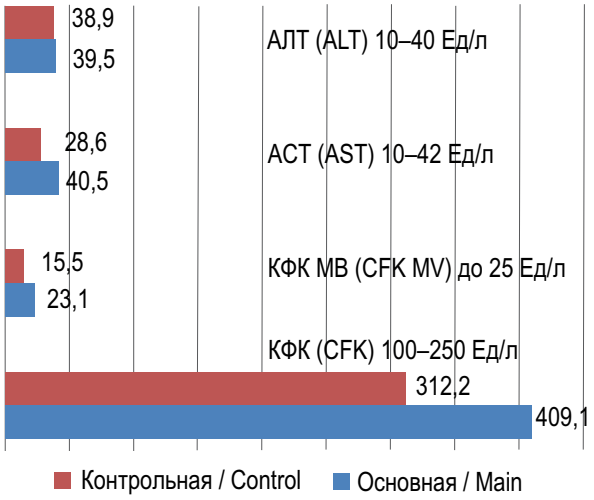


Рис. 2. Сравнительный анализ уровней цитолитических ферментов группах спортсменов: АЛТ — аланинаминотрансфераза; АСТ — аспартатаминотрансфераза, КФК МВ — креатинфосфокиназа МВ; КФК — креатинфосфокиназа

Fig. 2. Comparative analysis of cytolytic enzyme levels in groups of athletes: ALT — alanineaminotransferase; AST — aspartateaminotransferase; CFK MV — creatinephosphokinase MV; CFK — creatinephosphokinase

что является эндогенным фактором нефункционального перенапряжения и синдрома перетренированности. На рисунке 2 представлен сравнительный анализ уровня клеточных ферментов у спортсменов основной группы (перенапряжение) и контрольной группы.

Уровень КФК в группах спортсменов особенностей не имел — 409,1±65,5 Ед/л в основной и 312,2±46,3 Ед/л в контрольной группе ($p>0,05$) и был повышен относительно нормальных значений, что связано с физическими нагрузками и большой мышечной массой у спортсменов. При этом у спортсменов основной группы установлено повышение до верхней границы нормы КФК МВ — 23,1±0,6 относительно 15,5±1,8 Ед/л в контрольной группе ($p\leq0,01$, при $t=3,15$), что привело к увеличению индекса RI — 5,64±0,7 относительно 3,6±0,6 в контрольной группе ($p\leq0,05$, при $t=2,21$). Это может свидетельствовать о повреждении миокарда.

Уровни АСТ и АЛТ являются маркерами интенсивности энергетического обмена и степени его катаболической выраженности [2].

АСТ у пациентов основной группы также оказалась повышена относительно контрольной группы и ее средние значения находились на верхней границе референсного интервала — 40,5±3,13 относительно 28,6±2,65 Ед/л в контрольной группе ($p\leq0,01$, при $t=2,9$). Повышение АЛТ до верхней границы референсного интервала отмечено в обеих группах спортсменов — 39,5±2,77 и 38,9±3,1 Ед/л ($p>0,05$), что специфично для спортсменов и может быть связано с активацией глюкозоаланинового шунта для компенсации возможной гипогликемии [2].

Наряду с определением метаболических маркеров перенапряжения в крови у спортсменов обеих групп проведено определение самооценки качества жизни, связанного со здоровьем (опросник SF-36).

В результате сравнительного анализа установлено, что у спортсменов с перенапряжением (19 человек) статистически значимое снижение физического компонента качества жизни относительно спортсменов без нарушений со стороны сердечно-сосудистой системы (ССС) (20 человек) происходит только по шкале GH (general health — общее состояние здоровья), характеризующей оценку здоровья в настоящий момент (таблица 1).

На этом фоне у спортсменов с перенапряжением отмечается снижение КЖ по всем шкалам психосоциального компонента, но в большей степени — по шкалам жизненной активности и оценки психического здоровья (таблица 2).

Учитывая многочисленные физические и психологические последствия перетренированности, это состояние необходимо распознать, диагностировать и соответствующим образом предотвращать на ранних стадиях развития нефункционального перенапряжения, своевременно снижая объемы и интенсивность физических нагрузок. Использование комбинаций различных факторов риска облегчает идентификацию

Таблица 1

Особенности самооценки физического компонента здоровья спортсменами, представителями циклических видов спорта (M ± m)

Table 1

Features of self-assessment of the physical component of health by athletes, representatives of cyclic sports (M ± m)

| Группа спортсменов / Group of athletes | PF, баллы / scores | RP, баллы / scores | BP, баллы / scores | GH, баллы / scores |
|---|---|---|---|---|
| Основная / Main | 94,5±2,38 | 79,6±3,66 | 85,5±3,66 | 67,1±2,49 |
| Контрольная / Control | 97,3±0,83 | 85,9±4,1 | 91,9±1,58 | 78,4±2,63 |
| Достоверность различий / The validity of the differences | p>0,05 | p>0,05 | p>0,05 | p≤0,01 |

***Примечание*:** PF — физическое функционирование; RP — ролевое функционирование, обусловленное физическим состоянием; BP — интенсивность боли; GH — общее состояние здоровья.

***Note*:** PF — physical functioning; RP — role-based functioning due to physical condition; BP — pain intensity; GH — general health.

Таблица 2

Особенности самооценки психосоциального компонента качества жизни спортсменами циклических видов спорта (M ± m)

Table 2

Features of self-assessment of the psychosocial component of the quality of life by athletes of cyclic sports (M ± m)

| Группа спортсменов / Group of athletes | VT, баллы / scores | SF, баллы / scores | RE, баллы / scores | MH, баллы / scores |
|---|---|---|---|---|
| Основная / Main | 71,5±2,38 | 79,6±1,6 | 71,6±3,66 | 77,8±1,76 |
| Контрольная / Control | 85,3±1,04 | 84,9±1,12 | 83,3±2,17 | 86,3±0,83 |
| Достоверность различий / The validity of the differences | p≤0,001 | p≤0,05 | p≤0,05 | p≤0,001 |

***Примечание*:** MH — психическое здоровье; RE — ролевое функционирование, обусловленное эмоциональным состоянием; SF — социальное функционирование; VT — жизненная активность.

***Note*:** MH — mental health; RE — role functioning due to emotional state; SF — social functioning; VT — life activity.

спортсменов, подверженных развитию перетренированности, тем самым предотвращая его возникновение. В результате проведенного исследования у спортсменов-гребцов с нефункциональным перенапряжением установлено:

1) повышение до верхней границы нормы КФК МВ — 23,1±0,6 относительно 15,5±1,8 Ед/л и увеличение индекса RI — 5,64±0,7 относительно 3,6±0,6;
2) повышение АСТ до верхней границы нормы — 40,5±3,13 относительно 28,6±2,65 Ед/л;
3) снижение физического компонента качества жизни по шкале GH, характеризующей оценку здоровья в настоящий момент 67,1±2,49 относительно 78,4±2,63 баллов и снижение по всем шкалам психосоциального компонента, наиболее выраженное по шкалам «Жизненная активность» (71,5±2,38 относительно 85,3±1,04 баллов) и «Оценка психического здоровья» (77,8±1,76 относительно 86,3±0,83 баллов).

## ВЫВОДЫ

1. У спортсменов-гребцов при нефункциональном перенапряжении установлен повышенный выход в кровяное русло клеточных ферментов, а в связи с повышенным выходом КФК МВ можно также предположить локальное перенапряжение сердца, что подтверждается данными холтеровского суточного мониторирования ЭКГ.

2. Опросник SF-36 может быть использован для выявления ранних нарушений адаптации у спортсменов с нефункциональным перенапряжением, наиболее информативным является оценка психосоциального компонента и его шкал «Жизненная активность» и «Оценка психического здоровья».

3. Комплексная оценка уровня сывороточных альбуминов, цитолитических ферментов и самооценки качества жизни на этапах годового учебно-тренировочного цикла может быть информативной в качестве маркера тренировочной перегрузки, а также для контроля за восстановительным процессом у спортсменов-гребцов.

## ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

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

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

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

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

## ADDITIONAL INFORMATION

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

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

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

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

## ЛИТЕРАТУРА

1. Василенко В.С., Мамиев Н.Д., Семенова Ю.Б., Карповская Е.Б. Использование криотерапии для повышения стрессоустойчивости спортсменок в групповых видах гимнастики. Педиатр. 2021; 12(2): 43–52. DOI: 10.17816/PED12243-52.
2. Кидун К.А., Литвиненко А.Н., Угольник Т.С. и др. Изменение биохимических показателей сыворотки крови у крыс линии Вистар, перенесших хронический стресс. Проблемы здоровья и экологии. 2019; 4(62): 62–7. DOI: 10.51523/2708-6011.2019-16-4-12.
3. Лопатин З.В., Василенко В.С., Карповская Е.Б. Роль повреждающих эндотелий факторов в патогенезе кардиомиопатии перенапряжения у спортсменов игровых видов спорта. Педиатр. 2018; 9(6): 57–62. DOI: 10.17816/PED9657-62.
4. Медик В.А., Юрьев В.К. Состояние здоровья, условия и образ жизни современных спортсменов. М.: Медицина; 2001.
5. Оппедизано М.Д., Артюх Л.Ю. Адаптация человека к экстремальным условиям деятельности. Физиологические механизмы (структурный след адаптации). Forcipe. 2021; 4(4): 18–25.
6. Brel Y.I., Faschenko Y.I., Melnik S.N. Overtraining Syndrome: Peculiarities and Perspectives of Diagnostics. Opera Medica et Physiologica. 2023; 10(3): 5–22. DOI: 10.24412/2500-2295-2023-3-5-22.
7. Brisola G.M., Dutra Y.M., Murias J.M., Zagatto A.M. Beneficial performance effects of training load intensification can be abolished by functional overreaching: lessons from a water polo study in female athletes. Journal of Strength and Conditioning Research. 2023; 37(6): 391–402. DOI: 10.1519/JSC.0000000000004375.
8. Burgos-Jara C., Cerda-Kohler H., Aedo-Muñoz E., Miarka B. Eccentric Resistance Training: A Methodological Proposal of Eccentric Muscle Exercise Classification Based on Exercise Complexity, Training Objectives, Methods and Intensity. Appl. Sci. 2023; 13(13): 7969. doi.org/10.3390/app13137969.
9. Carneiro T.O., Orso R.S.A., Gargioni L.F. et al. Systematized review study on biochemical biomarkers of overtraining. Seven Editora. 2023; 12(1): e28512139755. DOI: 10.33448/rsd-v12i1.39755.
10. Carrard J., Rigort A.C., Appenzeller-Herzog C. et al. Diagnosing overtraining syndrome: A scoping review. Sports health. 2022; 14(5): 665–73. DOI: 10.1177/19417381211044739.
11. Grandou C., Wallace L., Impellizzeri F.M. et al. Overtraining in resistance exercise: an exploratory systematic review and methodological appraisal of the literature. *Sports Med*. 2020; 50(4): 815–28. DOI: 10.1007/s40279-019-01242-2.
12. Haller N., Behringer M., Reichel T. et al. Blood-Based Biomarkers for Managing Workload in Athletes: Considerations and Recommendations for Evidence-Based Use of Established Biomarkers. Sports Medicine. 2023; 53(7): 1315–33. DOI: 10.1007/s40279-023-01836-x.
13. Haller N., Reichel T., Zimmer P. et al. Blood-Based Biomarkers for Managing Workload in Athletes: Perspectives for Research on Emerging Biomarkers. Sports Medicine. 2023; 53(11): 2039–53. DOI: 10.1007/s40279-023-01866-5.
14. Kajaia T., Maskhulia L., Chelidze K. et al. Implication of relationship between oxidative stress and antioxidant status in blood serum. Georgian Med. News. 2018; 284: 71–6.
15. la Torre M.E., Monda A., Messina A. et al. The Potential Role of Nutrition in Overtraining Syndrome: A Narrative Review. Nutrients. 2023; 15(23): 4916. DOI: 10.3390/nu15234916.
16. Lewis N.A., Redgrave A., Homer M. et al. Alterations in Redox Homeostasis During Recovery from Unexplained Underperformance Syndrome in an Elite International Rower. Int. J. Sports Physiol. Perform. 2018; 13(1): 107–11. DOI: 10.1123/ijspp.2016-0777.
17. Maskhulia L., Kakhabrishvili Z., Akhalkatsi V. et al. Evaluation of the effect of oxidative stress on dynamics of cardiac biomarkers in Georgian elite athletes with overtraining syndrome. European Journal of Preventive Cardiology. 2023; 30(Supl. 1): zwad125–6. DOI:10.1093/eurjpc/zwad125.126.
18. McDonald C., Losty C., MacCarthy R. An Investigation of the Psychological Status of Amateur Athletes Before and After a Triathlon Competition. European Journal of Sport Sciences. 2023; 2(3): 14–20. DOI:10.24018/ejsport.2023.2.3.83.

19. Symons I.K., Bruce L., Main L.C. Impact of Overtraining on Cognitive Function in Endurance Athletes: A Systematic Review. Sports Medicine-Open. 2023; 9(1): 69. DOI: 10.1186/s40798-023-00614-3.
20. Tsukahara Y., Kamada H., Torii S., Yamasawa F. Association between self-reported overtraining syndrome and symptoms in high school track and field athletes. International journal of sports medicine. 2023; 44(2): 138–44. DOI: 10.1055/a-1954-9239.

## REFERENCES

1. Vasilenko V.S., Mamiev N.D., Semenova Yu.B., Karpovskaya E.B. Ispol'zovanie krioterapii dlya povysheniya stressoustojchivosti sportsmenok v gruppovyh vidah gimnastiki. [The use of cryotherapy to increase the stress resistance of female athletes in group gymnastics]. Pediatr. 2021; 12(2): 43–52. DOI: 10.17816/PED12243-52. (in Russian).
2. Kidun K.A., Litvinenko A.N., Ugol'nik T.S. i dr. Izmenenie biohimicheskih pokazatelej syvorotki krovi u krys linii Vistar, perenesshih hronicheskij stress. [Changes in biochemical parameters of blood serum in Wistar rats exposed to chronic stress]. Problemy zdorov'ja i jekologii. 2019; 4(62): 62–7. DOI: 10.51523/2708-6011.2019-16-4-12. (in Russian).
3. Lopatin Z.V., Vasilenko V.S., Karpovskaya E.B. Rol' povrezhdayushchih endotelij faktorov v patogeneze kardiomiopatii perenapryazheniya u sportsmenov igrovyh vidov sporta. [The role of endothelial damaging factors in the pathogenesis of cardiomyopathy of overstrain in athletes of game sports]. Pediatr. 2018; 9(6): 57–62. DOI: 10.17816/PED9657-62. (in Russian).
4. Medik V.A., Yur'ev V.K. Sostoyanie zdorov'ya, usloviya i obraz zhizni sovremennyh sportsmenov. [The state of health, conditions and lifestyle of modern athletes]. Moskva: Medicina Publ.; 2001. (in Russian).
5. Oppedizano M.D., Artyuh L.Yu. Adaptaciya cheloveka k ekstremal'nym usloviyam deyatel'nosti. Fiziologicheskie mekhanizmy (strukturnyj sled adaptacii). [Human adaptation to extreme conditions of activity. Physiological mechanisms (structural trace of adaptation)]. Forcipe. 2021; 4(4): 18–25. (in Russian).
6. Brel Y.I., Faschenko Y.I., Melnik S.N. Overtraining Syndrome: Peculiarities and Perspectives of Diagnostics. Opera Medica et Physiologica. 2023; 10(3): 5–22. DOI: 10.24412/2500-2295-2023-3-5-22.
7. Brisola G.M., Dutra Y.M., Murias J.M., Zagatto A.M. Beneficial performance effects of training load intensification can be abolished by functional overreaching: lessons from a water polo study in female athletes. Journal of Strength and Conditioning Research. 2023; 37(6): 391–402. DOI: 10.1519/JSC.0000000000004375.
8. Burgos-Jara C., Cerda-Kohler H., Aedo-Muñoz E., Miarka B. Eccentric Resistance Training: A Methodological Proposal of Eccentric Muscle Exercise Classification Based on Exercise Complexity, Training Objectives, Methods and Intensity. Appl. Sci. 2023; 13(13): 7969. doi.org/10.3390/app13137969.
9. Carneiro T.O., Orso R.S.A., Gargioni L.F. et al. Systematized review study on biochemical biomarkers of overtraining. Seven Editora. 2023; 12(1): e28512139755. DOI: 10.33448/rsd-v12i1.39755.
10. Carrard J., Rigort A.C., Appenzeller-Herzog C. et al. Diagnosing overtraining syndrome: A scoping review. Sports health. 2022; 14(5): 665–73. DOI: 10.1177/19417381211044739.
11. Grandou C., Wallace L., Impellizzeri F.M. et al. Overtraining in resistance exercise: an exploratory systematic review and methodological appraisal of the literature. Sports Med. 2020; 50(4): 815–28. DOI: 10.1007/s40279-019-01242-2.
12. Haller N., Behringer M., Reichel T. et al. Blood-Based Biomarkers for Managing Workload in Athletes: Considerations and Recommendations for Evidence-Based Use of Established Biomarkers. Sports Medicine. 2023; 53(7): 1315–33. DOI: 10.1007/s40279-023-01836-x.
13. Haller N., Reichel T., Zimmer P. et al. Blood-Based Biomarkers for Managing Workload in Athletes: Perspectives for Research on Emerging Biomarkers. Sports Medicine. 2023; 53(11): 2039–53. DOI: 10.1007/s40279-023-01866-5.
14. Kajaia T., Maskhulia L., Chelidze K. et al. Implication of relationship between oxidative stress and antioxidant status in blood serum. Georgian Med. News. 2018; 284: 71–6.
15. la Torre M.E., Monda A., Messina A. et al. The Potential Role of Nutrition in Overtraining Syndrome: A Narrative Review. Nutrients. 2023; 15(23): 4916. DOI: 10.3390/nu15234916.
16. Lewis N.A., Redgrave A., Homer M. et al. Alterations in Redox Homeostasis During Recovery from Unexplained Underperformance Syndrome in an Elite International Rower. Int. J. Sports Physiol. Perform. 2018; 13(1): 107–11. DOI: 10.1123/ijspp.2016-0777.
17. Maskhulia L., Kakhabrishvili Z., Akhalkatsi V. et al. Evaluation of the effect of oxidative stress on dynamics of cardiac biomarkers in Georgian elite athletes with overtraining syndrome. European Journal of Preventive Cardiology. 2023; 30(Supl. 1): zwad125–6. DOI: 10.1093/eurjpc/zwad125.126.
18. McDonald C., Losty C., MacCarthy R. An Investigation of the Psychological Status of Amateur Athletes Before and After a Triathlon Competition. European Journal of Sport Sciences. 2023; 2(3): 14–20. DOI:10.24018/ejsport.2023.2.3.83.
19. Symons I.K., Bruce L., Main L.C. Impact of Overtraining on Cognitive Function in Endurance Athletes: A Systematic Review. Sports Medicine-Open. 2023; 9(1): 69. DOI: 10.1186/s40798-023-00614-3.
20. Tsukahara Y., Kamada H., Torii S., Yamasawa F. Association between self-reported overtraining syndrome and symptoms in high school track and field athletes. International journal of sports medicine. 2023; 44(2): 138–44. DOI: 10.1055/a-1954-9239.