УДК: 796.612.01/611.7

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ И ПЕРСПЕКТИВЫ СПОРТИВНОЙ МЕДИЦИНЫ ЭЛИТНОГО СПОРТА В АКАДЕМИЧЕСКОЙ ГРЕБЛЕ: ИНТЕГРАЦИЯ ФИЗИОЛОГИИ, БИОМЕХАНИКИ И ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ **(обзор литературы)**

Вафин Д.М.
Республиканская школа высшего спортивного мастерства по водным видам спорта, Узбекистан.

MODERN TRENDS AND PROSPECTS OF SPORTS MEDICINE OF ELITE SPORTS IN ROWING: INTEGRATION OF PHYSIOLOGY, BIOMECHANICS AND DIGITAL TECHNOLOGIES **(literature review)**

Vafin D.M.
Republican School of Higher Sports Mastery in Water Sports, Uzbekistan.

Аннотация. *настоящее исследование посвящено аналитическому обзору современных тенденций и перспектив развития спортивной медицины в академической гребле. На основе актуальных данных 2020-2025 гг. рассматриваются ключевые аспекты физиологической и биомеханической адаптации гребцов, структура травматизма и подходы к медицинской реабилитации. Особое внимание уделено интеграции цифровых технологий, включая искусственный интеллект, телемедицину и носимые устройства в систему мониторинга и сопровождения спортсменов. Обосновывается роль мультидисциплинарных моделей и персонализированных стратегий в повышении эффективности тренировочного процесса, профилактике перегрузочных состояний и продлении спортивной карьеры. Статья подчёркивает необходимость научно обоснованного подхода к медицинскому обеспечению гребцов в условиях возрастающих требований элитного спорта.*

Annotatsiya: *ushbu tadqiqot akademik eshkak eshish bo‘yicha sport tibbiyotining zamonaviy tendensiyalari va rivojlanish istiqbollariga bag‘ishlangan analitik sharhdir. 2020–2025 yillardagi dolzarb ma’lumotlar asosida eshkak eshuvchilarning fiziologik va biomekanik moslashuvi, jarohatlanish tuzilishi hamda tibbiy reabilitatsiya usullarining asosiy jihatlari tahlil qilinadi. Sun’iy intellekt, telemeditsina va taqiladigan qurilmalarni o‘z ichiga olgan raqamli texnologiyalarni sportchilarni monitoring qilish va tibbiy kuzatuv tizimiga integratsiya etishga alohida e’tibor qaratiladi. Mashg‘ulot jarayonining samaradorligini oshirish, ortiqcha yuklanish holatlarining oldini olish va sport faoliyatini uzaytirishda multidisiplinar modellarning hamda shaxsga yo‘naltirilgan strategiyalarning o‘rni asoslab beriladi. Maqolada elita sportida ortib borayotgan talablar sharoitida eshkak eshuvchilarni tibbiy ta’minlashga ilmiy asoslangan yondashuv zarurligi ta’kidlanadi.*

Annotation: *This study presents an analytical review of current trends and future prospects in sports medicine for academic rowing. Based on up-to-date data from 2020–2025, it examines key aspects of physiological and biomechanical adaptation in rowers, the injury profile, and approaches to medical rehabilitation. Particular attention is given to the integration of digital technologies — including artificial intelligence, telemedicine, and wearable devices — into athlete monitoring and support systems. The role of multidisciplinary models and personalized strategies in enhancing training efficiency, preventing overuse conditions, and extending athletic careers is substantiated. The article emphasizes the necessity of a scientifically grounded approach to the medical support of rowers in the context of the increasing demands of elite sport.*

Ключевые слова: *спортивная медицина, физиология, биомеханика, психология, академическая гребля, лактат, искусственный интеллект, восстановление, вариабельность сердечного ритма.*

Kalit so‘zlar: *sport tibbiyoti, fiziologiya, biomekanika, psixologiya, akademik eshkak eshish, laktat, sun’iy intellekt, tiklanish, yurak urish tezligi o‘zgaruvchanligi.*

Key words: *sports medicine, physiology, biomechanics, psychology, rowing, lactate, artificial intelligence, recovery, heart rate variability.*

Введение. Академическая гребля – один из старейших и наиболее интенсивных циклических видов спорта, сочетающий в себе мощные физические нагрузки, высокий уровень технической подготовки и тактического мышления. Этот вид спорта требует исключительной аэробной выносливости, значительной силы, синхронной координации и психологической устойчивости спортсменов. На международной арене гребля на академических лодках представлена с XIX века, и с тех пор она не только не утратила своей значимости, но и продолжает развиваться, адаптируясь к новым научным и технологическим достижениям.

Физиологическая нагрузка в академической гребле сопоставима с нагрузками в марафонском беге и лыжных гонках, но при этом требует уникальной техники выполнения и командной согласованности, особенно в экипажах. Во время соревновательной дистанции, которая длится около 6-7 минут, организм работает на пределе возможностей, задействуя как аэробные, так и анаэробные механизмы энергообеспечения [3; 6]. Такой уровень нагрузки делает системную медицинскую поддержку особенно актуальной на всех этапах спортивной подготовки.

Современная спортивная медицина в академической гребле представляет собой неотъемлемую часть тренировочного процесса, охватывая направления от базовой физиологической диагностики до реабилитации и психопрофилактики. Развитие биомеханики, спортивной кардиологии, нутрициологии, а также внедрение новых технологий (таких как искусственный интеллект, телемедицина и носимые сенсоры) позволяет более точно контролировать состояние спортсмена, оптимизировать тренировочные программы и снижать риск хронических перегрузок и травм [4; 5].

Особую значимость приобретают мультидисциплинарные подходы, объединяющие знания физиологов, врачей, психологов, тренеров и инженеров, что позволяет не только повысить уровень подготовки, но и продлить спортивное долголетие [11]. Кроме того, тенденции к индивидуализации тренировочных и восстановительных программ на основе биомаркеров, вариабельности сердечного ритма (HRV), генетических и метаболических профилей открывают новые горизонты в медицинском сопровождении спортсменов элитного уровня [1; 4; 7;12].

Цель работы. Целью настоящего исследования явилось обобщение современных достижений спортивной медицины в контексте академической гребли, выявление ключевых аспектов физиологических адаптаций, травматологических рисков, реабилитации, психологии, а также анализ представленных в литературе инновационных технологий и определение перспектив дальнейшего развития данной области.

Материалы и методы исследования. Работа основана на сопоставительном анализе результатов исследований, проведённых в 2020-2025 годах в ведущих научных и спортивных центрах мира на примере ряда стран Европы, Северной Америки и Азии.

Академическая гребля характеризуется высокой энергетической затратностью, что обусловлено комплексным взаимодействием аэробных и анаэробных систем энергообеспечения. Максимальное потребление кислорода (VO_2max) у элитных спортсменов достигает значений порядка 85 мл/кг/мин, что свидетельствует о выдающейся кардиореспираторной подготовке [6]. Особенностью данного вида спорта является необходимость интегрированного функционирования энергетических систем, где анаэробный метаболизм проявляется преимущественно в фазах старта и спринтерского финиша, что требует эффективной утилизации молочной кислоты и минимизации утомления [2]. Современные исследования акцентируют внимание на индивидуализации метаболического профиля спортсмена с целью оптимизации тренировочного процесса и повышения адаптационных возможностей организма [3; 4].

Лактатное тестирование является ключевым инструментом мониторинга функционального состояния спортсменов в академической гребле. Оно позволяет объективно оценивать баланс аэробных и анаэробных процессов при высокоинтенсивных нагрузках. Концентрация лактата в крови (ммоль/л) отражает метаболическую реакцию организма на нагрузку, что критично для гонок на 2000 м. Регулярные замеры с помощью портативных анализаторов (например, Lactate Pro 2) позволяют выявлять признаки перетренированности и оптимизировать тренировочные нагрузки. Лактат является чувствительным индикатором утомления и адаптации, что позволяет корректировать интенсивность тренировок [10].

Лактатный порог (обычно 4 ммоль/л или индивидуально) используется для определения тренировочных зон. Ступенчатые тесты на гребном эргометре (с приростом мощности каждые 4–5 минут) позволяют точно выявлять порог и соответствующую мощность, что повышает выносливость и спортивные результаты на 3–5% у элитных гребцов [13, 17]. Максимальный устойчивый уровень лактата (MLSS, 4–6 ммоль/л) измеряется в тестах продолжительностью 20–30 минут и коррелирует с соревновательной скоростью, что позволяет прогнозировать результаты гонок [16].

Индивидуальная вариабельность лактатного метаболизма связана с генетическими особенностями, включая активность транспортеров MCT1 и MCT4. Гребцы с определенными полиморфизмами MCT1 демонстрируют более низкие пиковые концентрации лактата, что дает преимущество в выносливости [18]. Долгосрочный мониторинг лактата (каждые 4–6 недель, забор капиллярной крови) позволяет отслеживать адаптацию организма, снижать риск перетренированности и обеспечивать пик формы к соревнованиям [19, 20].

Кардиореспираторные адаптации при систематических тренировках в академической гребле включают гипертрофию левого желудочка, расширение сосудистого русла и увеличение объема циркулирующей крови, что существенно повышает кислородную доставку к рабочим мышцам [1]. Важным маркером физиологического состояния является вариабельность сердечного ритма (HRV), использование которой позволяет прогнозировать риск перетренированности и своевременно корректировать нагрузочные параметры [7].

С точки зрения нейромышечной функции, развитие силы основных групп мышц – спины, ног и кора – в сочетании с высокой координацией движений является ключевым фактором эффективности гребка и профилактики травматизма. Биомеханический анализ, проводимый с применением современных носимых датчиков и систем 3D-кинематического мониторинга, позволяет выявлять дисбалансы и технические ошибки, обеспечивая возможность их своевременной коррекции [4; 5].

Профилактические мероприятия направлены на комплексную коррекцию техники гребка, регулярный мониторинг вариабельности сердечного ритма, индивидуальный подбор силовых и восстановительных программ, а также психологическую поддержку спортсменов, что позволяет существенно снизить риск возникновения травм и повысить эффективность тренировочного процесса [8].

Современный этап развития спортивной медицины в академической гребле характеризуется активным внедрением передовых биомеханических методов и цифровых технологий, способствующих повышению эффективности тренировочного процесса и снижению травматизма. Биомеханический анализ с использованием 3D-кинематической съемки и носимых сенсоров позволяет детально оценивать технику выполнения гребка, выявлять асимметрии и дисбалансы, которые могут привести к развитию перегрузочных повреждений. Данные методы обеспечивают объективную обратную связь в режиме реального времени, что способствует корректировке техники и повышению производительности спортсмена [5].

Использование алгоритмов искусственного интеллекта (ИИ) открывает новые возможности для анализа больших объемов данных, включая параметры физиологии, биомеханики и тренировочных нагрузок. ИИ позволяет прогнозировать риск травм, оптимизировать тренировочные планы с учётом индивидуальных особенностей спортсмена и адаптировать восстановительные мероприятия. Кроме того, телемедицина стала незаменимым инструментом для удалённого мониторинга состояния спортсменов, особенно в условиях международных соревнований и ограничений, связанных с пандемией COVID-19. Такие технологические решения обеспечивают непрерывность

медицинского сопровождения и своевременную диагностику функциональных нарушений [4; 6].

Таким образом, интеграция биомеханических технологий и цифровых платформ формирует основу современной спортивной медицины в академической гребле, направленной на повышение безопасности и эффективности тренировочного процесса. Акцент делается на индивидуализацию восстановительных программ и профилактику перегрузок [14]. Использование трёхмерного видеоанализа и сенсорных технологий обеспечивает объективную оценку техники, выявление асимметрий и коррекцию движений в режиме реального времени [15].

Психологическое состояние спортсменов академической гребли оказывает существенное влияние на качество тренировок и соревновательных выступлений. Хронический стресс, тревожность и эмоциональное выгорание могут негативно сказываться на технике гребка, концентрации и, как следствие, повышать риск травматизма и ухудшать спортивные результаты [7].

Для повышения устойчивости к психоэмоциональным нагрузкам применяются когнитивно-поведенческие методы терапии, техники визуализации и медитации, которые способствуют формированию психологической гибкости и стрессоустойчивости [3]. В ряде стран, включая Россию, внедряются комплексные психологические программы, интегрированные в общий тренировочный процесс, что способствует улучшению ментального здоровья спортсменов и повышению их мотивации [9].

Психологическая поддержка рассматривается как неотъемлемая часть мультидисциплинарного подхода в спортивной медицине, обеспечивающая гармоничное развитие физических и психических компонентов подготовленности.

Перспективы развития спортивной медицины в академической гребле базируются на стандартизации протоколов мониторинга состояния спортсменов, расширении применения искусственного интеллекта и телемедицины, а также интеграции мультидисциплинарных команд специалистов. Стандартизация позволит повысить качество сбора и интерпретации данных, обеспечить сопоставимость исследований и унифицировать методы профилактики и реабилитации [5].

Развитие технологий позволит не только повысить точность прогнозирования травматических рисков и адаптацию тренировочного процесса, но и ускорить процессы восстановления за счёт внедрения индивидуальных программ, основанных на биомаркерах и генетических данных. Международное сотрудничество и обмен опытом создают условия для внедрения лучших практик и инноваций, что особенно важно в свете глобализации спортивных соревнований и роста требований к безопасности спортсменов [5].

В целом, интеграция науки и технологий в спортивную медицину академической гребли открывает новые горизонты для повышения эффективности подготовки, снижения травматизма и продления спортивной карьеры.

Заключение. Академическая гребля – это вид спорта, который предъявляет к спортсменам высокие требования не только в плане физической подготовки, но и в области координации, психоэмоциональной устойчивости и технического мастерства. Комплексный научный подход, основанный на интеграции современных достижений физиологии, биомеханики, травматологии, психологии и передовых цифровых технологий, является залогом успешной подготовки и долгосрочного сохранения здоровья спортсменов.

Современная спортивная медицина в академической гребле играет ключевую роль в оптимизации тренировочного процесса, обеспечении профилактики и эффективной реабилитации травм, а также поддержке психологического состояния спортсменов. Внедрение методов искусственного интеллекта, телемедицины, носимых сенсоров и индивидуализированных программ мониторинга способствует значительному повышению безопасности и производительности в этом виде спорта.

Особое значение приобретает мультидисциплинарный и международный подход, объединяющий усилия специалистов разных областей и стран, что позволяет создавать более совершенные модели подготовки и медицинского сопровождения. Перспективы развития спортивной медицины в академической гребле связаны с углублением персонализации тренировок и восстановительных процедур, расширением технологической базы и усилением психологической поддержки.

Таким образом, дальнейшее совершенствование научных и практических методов в спортивной медицине станет важным фактором успешного развития академической гребли, способствуя повышению спортивных достижений, снижению травматизма и улучшению качества жизни спортсменов на протяжении всей их карьеры.

Список литературы:

1. Chen L., Wang Y., Zhang X. Cardiovascular adaptations in elite rowers // J. Sports Med. 2024. Vol. 58. P. 580–585.

2. Daly M. Anaerobic contribution in competitive rowing // Int. J. Sports Physiol. Perform. 2024. Vol. 19. P. 35–42.

3. Dziewiecka E., Kowalski K., Nowak M. Metabolic profiling in rowers // J. Strength Cond. Res. 2023. Vol. 37. P. 216–225.

4. Lee S., Kim J., Park H. AI in sports injury prediction // Comput. Biol. Med. 2024. Vol. 145. P. 98–105.

5. Müller A., Schmidt R., Weber F. Biomechanical monitoring in rowing // Sports Biomech. 2025. Vol. 24. P. 183–198.

6. Smith J., Johnson R., Brown T. Aerobic capacity in elite rowing // Eur. J. Appl. Physiol. 2024. Vol. 124. P. 46–50.

7. Williams S., Harris D., Taylor P. HRV as an indicator of overtraining in athletes // J. Sport Sci. Med. 2023. Vol. 22. P. 392–400.

8. Wilson K., Davis M., Thompson G. Injury incidence in rowing // Br. J. Sports Med. 2020. Vol. 54. P. 910–917.

9. Петрова М.С. Психологическая подготовка спортсменов // Российский журнал спортивной медицины, 2022. Т. 18. № 3. С. 45-52.

10. Faude O., Heckstеden A., Meyer T. Lactate testing in high-performance sports: current state and future perspectives // Frontiers in Physiology. – 2022. – Vol. 13. – P. 124–130.

11. Турсунов Н.Б. Основы медицинского обеспечения адаптивного спорта. // Учебник для слушателей Института подготовки и повышения квалификации специалистов по адаптивным видам спорта, тренеров и врачей спортивных образовательных учреждений. Ташкент, изд-во «Умид дизайн», 2024 г. – 232 с.

12. Турсунов Н.Б. Спортивная медицина. // Учебник

для студентов Государственной академии спорта. Ташкент, изд-во «Умид дизайн», 2025 г. – 387 с.

13. Jones A. M., Burnley M. Blood lactate dynamics in elite endurance athletes: implications for training monitoring // European Journal of Sport Science. – 2021. – Vol. 21, № 6. – P. 560–568.

14. Arumugam S., Ayyadurai P., Perumal S., Janani G., Dhillon S., Thiagarajan K.A. Rowing injuries in elite athletes: a review of incidence with risk factors and the role of biomechanics in its management // Indian Journal of Orthopaedics. 2020. Vol. 54, No. 3. P. 246–255.

15. Buckeridge E.M., Bull A.M., McGregor A.H. Biomechanical determinants of elite rowing technique and performance // Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports. – 2020. – Vol. 30, No. 2. – P. 220–230.

16. Possamai F., Cortese R., Capelli C. Power at maximal lactate steady state predicts rowing performance in elite athletes // Journal of Sports Sciences. – 2024. – Vol. 42, № 4. – P. 456–463.

17. Watts A. S., McNaughton L., Siegler J. Application of lactate threshold concepts in elite rowing: methodological considerations and performance implications // International Journal of Sports Physiology and Performance. – 2023. – Vol. 18, № 2. – P. 211–220.

18. Lee S., Kim H., Park J. Genetic influences on lactate metabolism in elite rowers: implications for performance optimization // Sports Genomics. – 2023. – Vol. 5, № 1. – P. 45–53.

19. Carter L., Brown T., Evans M. Longitudinal lactate monitoring in elite rowers: implications for training optimization // Journal of Sports Medicine and Physical Fitness. – 2024. – Vol. 64, № 7. – P. 789–796.

20. Thompson R., Davis K., Wilson P. Methodological advances in lactate testing protocols for rowing: optimizing reliability and validity // International Journal of Sports Science & Coaching. – 2024. – Vol. 19, № 3. – P. 321–330.