

УДК 797.12.015.57:612.08

DOI <https://doi.org/10.24195/olympicus/2024-1.21>**Тищенко Денис Григорович**аспірант кафедри теорії та методики фізичної культури і спорту,
Запорізький національний університет**ORCID ID:** 0000-0001-6201-4596**Тищенко Валерія Олексіївна**доктор наук з фізичного виховання і спорту, професор,
професор кафедри теорії та методики фізичної культури і спорту,
Запорізький національний університет**ORCID ID:** 0000-0002-9540-9612

КОМПЛЕКСНИЙ АНАЛІЗ АДАПТИВНИХ МЕХАНІЗМІВ І УПРАВЛІННЯ НАВАНТАЖЕННЯМИ У СПОРТІ: ВІД БІОРЕГЕНЕРАЦІЇ ДО ОПТИМІЗАЦІЇ АЕРОБНИХ ТА АНАЕРОБНИХ ПРОЦЕСІВ

Сучасний висококонкурентний світ спорту вимагає від спортсменів постійного покращення фізичних і технічних навичок. Розуміння та оптимізація адаптивних механізмів і ефективне управління тренувальними навантаженнями можуть забезпечити значні переваги в підготовці веслярів. Інтенсивний тренувальний процес ставить перед спортсменами завдання не тільки покращення фізичної підготовки, але й забезпечення швидкого та ефективного відновлення. Розуміння процесів біорегенерації, таких як протеоліз, синтез білка, антиоксидантний захист, та ангіогенез, має вирішальне значення для розробки науково обґрунтованих відновлювальних програм. **Мета дослідження** – здійснити аналіз комплексу адаптивних механізмів та стратегій управління навантаженнями, що оптимізують відновлювальні процеси та покращують аеробні й анаеробні показники в веслуванні. **Методи дослідження:** теоретичний аналіз, синтез та узагальнення; теоретичне моделювання; дискусія та критичний аналіз; компаративний аналіз; теоретична рефлексія. **Результати дослідження.** Дослідження має на меті інтегрувати глибоке розуміння фізіологічних основ витривалості та сили, розробку індивідуалізованих тренувальних програм, що сприяють максимальному розвитку спортивного потенціалу, а також вивчення ефективних методів регенерації для прискорення процесу відновлення та зниження ризику травматизму. Проходження змагальної дистанції відбувається співвідношенням аеробної та анаеробної роботи складає в академічному веслуванні – 70 % на 30 %. Так, науково обґрунтоване застосування індивідуалізованих підходів до регулювання інтенсивності та обсягу тренувальних навантажень є фундаментальним для досягнення максимального спортивного результату, що зумовлено як потребою у стимуляції адекватних адаптивних змін у організмі спортсмена, а й необхідністю забезпечення його довгострокового здоров'я у межах спортивної кар'єри. **Висновки.** У контексті обсягу тренувальних навантажень, стратегічний їх розподіл і варіація сприяють запобіганню розвитку синдрому перетренованості, зумовленого недостатнім часом для відновлення та адаптації. Адекватне управління яким, ґрунтуючись на принципах періодизації й індивідуальних фізіологічних показниках, призведе до оптимізації відновлювальних процесів, збільшення загальної працездатності спортсменок. Індивідуалізація тренувальних і відновлювальних програм, заснована на розумінні адаптивних механізмів та управління навантаженнями, дозволяє значно покращити спортивні показники, оптимізувати аеробну та анаеробну роботу, забезпечуючи високий рівень конкурентоспроможності.

Ключові слова: веслування, функціональний стан, аеробно-анаеробне енергозабезпечення, протеоліз, антиоксидантний захист, ангіогенез, відновлення.

Вступ. Сучасний спортивний світ характеризується постійним прагненням до вдосконалення фізичних можливостей атлетів, збільшення їх витривалості, сили та технічних навичок. Академічне веслування, як один з найбільш вимогливих та енергоємних видів спорту, вимагає не лише високорозвиненої фізичної форми, але й чіткого розуміння та ефективного застосування адаптивних механізмів та стратегій управління тренувальними навантаженнями.

Забезпечення оптимального балансу між інтенсивністю тренувань та адекватним відновленням становить основу до досягнення максимальних спортивних результатів та запобігання ризику травм та перетренованості.

Актуальність обраної теми обумовлена зростаючими вимогами до спортивних досягнень та необхідністю розвитку комплексних підходів до тренувального процесу, які б базувалися на глибокому розумінні фізіологічних основ адаптації організму до фізичних навантажень. Дослідження адаптивних механізмів, таких як біорегенерація, оптимізація аеробних і анаеробних процесів, протеоліз, синтез білка, антиоксидантний захист, ангиогенез, і ефективність інтеграції їх у тренувальний режим, є важливим для покращення якості спортивної підготовки.

Вивчення та аналіз науково-обґрунтованих методів управління тренувальними навантаженнями та адаптації спортсменів до них у веслуванні забезпечить їхнє ефективне відновлення, зниження ризику травм та досягнення оптимальних спортивних результатів. Наше дослідження спирається на комплексний аналіз літературних джерел, емпіричних даних, а також сучасних підходів і методик тренувань, для розробки рекомендації для тренерів і спортсменів, які прагнуть досягти вищих спортивних показників в веслуванні академічному.

Зв'язок роботи з важливими науковими програмами або практичними завданнями. Робота виконана у відповідності до тем: «Теоретико-методичні засади вдосконалення навчально-тренувального процесу у різних видах спорту» (державний реєстраційний номер: 0122U001108) плану науково-дослідної роботи Запорізького національного університету на 2022–2026 рр.

Методи дослідження: теоретичного аналізу (розглянуто наукові джерела та публікації для визначення ключових аспектів біорегенерації, включаючи протеоліз, синтез білка, антиоксидантний захист та ангиогенез); синтезу та узагальнення (узагальнено інформацію про методи управління тренувальними навантаженнями та їх вплив на аеробні та анаеробні процеси у веслярів); теоретичне моделювання (використано теоретичні знання для побудови уявлення про оптимальне співвідношення аеробної та анаеробної роботи у тренувальному процесі спортсменів); дискусія та критичний аналіз (схарактеризовані різні підходи до відновлення та адаптації спортсменів до навантажень, висвітливши потенційні переваги та недоліки кожного з них); компаративний аналіз (порівняно різні дослідження та підходи до відновлення та управління навантаженнями, щоб визначити найбільш ефективні стратегії); теоретична рефлексія (роздуми над теоретичними концепціями та моделями, які лежать в основі вивчених процесів, дозволили краще зрозуміти глибинні механізми взаємодії фізіологічних систем під час відновлення та адаптації до навантажень).

Результати. Академічне веслування належить до високоінтенсивного виду спорту, який вимагає значних зусиль як для короткотривалих спуртів, так і для підтримки високого рівня витривалості протягом усієї гонки. Саме тому високий спортивний результат може бути досягнутий тільки спортсменами з унікальними функціональними можливостями, у яких поєднуються високий розвиток як аеробних, так і анаеробних реакцій [2]. Спеціальна працездатність у циклічних видах спорту залежить від довжини дистанції, що визначає співвідношення аеробної та анаеробної роботи і складає 70 % на 30 %, що відображає особливості енергетичного забезпечення цього виду спорту.

Аеробна робота в цьому контексті відповідає за підтримку довготривалої витривалості, використовуючи кисень для виробництва енергії, як основного механізму забезпечення енергією при тривалих фізичних навантаженнях. Аеробні процеси дозволяють спортсмену підтримувати високу інтенсивність протягом усієї гонки, що є ключовим для успішного виступу в академічному веслуванні.

Анаеробна робота, в свою чергу, відіграє роль у моменти максимальних короткотривалих зусиль, коли організму необхідно швидко виробляти енергію без достатнього доступу кисню. Анаеробні механізми активізуються на стартах, при спринтерських фіналах або при необхідності різкого збільшення темпу, що важливо для досягнення високих швидкостей та ефективного маневрування в критичних моментах гонки.

Таке співвідношення аеробної та анаеробної роботи підкреслює важливість комплексної підготовки для гребців, які повинні мати високий рівень як аеробної, так і анаеробної витривалості [3]. Тренувальні програми часто включають в себе як довготривалі аеробні сесії для підвищення загальної витривалості та здатності до оксигенації, так і інтенсивні анаеробні тренування для розвитку сили, швидкості та спринтерських здібностей.

Управління навантаженням відіграє критичну роль у підготовці кваліфікованих веслувальниць, що спрямоване на оптимізацію їхнього фізичного та психічного стану для досягнення високих спортивних результатів, що вимагає детального планування, включаючи ретельний вибір вправ; регулювання інтенсивності та обсягу тренувань; забезпечення адекватного відновлення; глибокого розуміння індивідуальних потреб кожної спортсменки, її фізичного стану, рівня підготовленості та особистих цілей, що ставить перед тренерами виклик постійно балансувати між прагненням до максимальних результатів і необхідністю збереження здоров'я спортсменок, роблячи управління навантаженням невід'ємною частиною успішної спортивної підготовки.

Важливою частиною управління навантаженням є також розвиток комплексного підходу до відновлення, який включає правильне харчування, достатній сон, регенеративні процедури та психологічну релаксацію, що не лише сприяє швидкому відновленню після тренувань, але й підвищує загальну здатність організму адаптуватися до високих навантажень [7]. Безсумнівно, основою ефективного управління навантаженням є періодизація тренувального процесу, що дозволяє системно збільшувати та зменшувати інтенсивність і обсяг тренувань, відповідно до плану підготовки, що забезпечує поступове підвищення фізичних здібностей спортсменок із одночасним зниженням ризику травм і перетренованості.

Багато видатних експертів, як минулих епох, так і сучасності, одноголосно підтверджують значущість комплексної індивідуалізації навчально-тренувального процесу для майбутнього успіху [2, 6, 8]. Вони особливо наголошують на необхідності використання методів, що сприяють розвитку функціональних здібностей спортсменок без зайвого збільшення обсягу тренувань, прагнучи максимального збігу з умовами змагальної діяльності [1].

Принцип регулювання інтенсивності та обсягу тренувальних навантажень займає центральне місце у динаміці адаптаційних процесів, критично важливих для оптимізації навчально-тренувального циклу, особливо у контексті підготовки веслувальниць. Важливість цього аспекту знаходить своє підтвердження у численних наукових дослідженнях, які акцентують увагу на його значенні для індукування специфічних адаптивних реакцій в організмі, спрямованих на покращення фізіологічного потенціалу та функціональної готовності спортсмена [1-8].

Адаптація до тренувальних навантажень, регульованих за інтенсивністю, слідує механізмам специфічної та неспецифічної адаптації, забезпечуючи підвищення рівня гомеостазу у відповідь на метаболічний стрес. Така модуляція навантажень дозволяє активізувати складні, багатоступінчасті механізми, які можуть бути активовані в організмі як реакція на тренувальні навантаження, та є ключовими для розуміння процесів адаптації до фізичної активності [4]. Тобто біохімічні та фізіологічні відповіді, включаючи покращення оксидативного метаболізму у м'язах, оптимізацію роботи міокарда та підвищення ефективності кровообігу.

Загальновідомо, що ці послідовні реакції, які активуються в організмі спортсмена як відповідь на тренувальні навантаження, при адаптації до фізичного навантаження, можуть включати активацію метаболічних шляхів, що беруть участь у виробництві енергії, посилення синтезу білка в м'язах для їх зростання та відновлення, а також регулювання механізмів відновлення та регенерації тканин після фізичних навантажень чи пошкоджень. Означені процеси важливі для підтримки функціональності та структури клітин та тканин, особливо після інтенсивних тренувань, які можуть спричинити мікротравми м'язових волокон [5]. Наприклад, це є активація мітохондріального біогенезу в м'язових клітинах, який починається зі збільшення концентрації кальцію в клітині у відповідь на фізичну активність, що потім запускає серію реакцій, що призводять до збільшення кількості та функціональності мітохондрій, що дозволяє покращити енергетичний метаболізм у м'язах, та підвищити їх витривалість.

Відновлювальні механізми включають низку біологічних процесів, таких як: протеоліз і синтез білка, антиоксидантний захист, ангіогенез.

Протеоліз є фундаментальним біологічним процесом, що включає розщеплення білків на більш малі пептиди або амінокислоти за допомогою ферментів (протеази), і відіграє ключову роль у багатьох аспектах фізіології та метаболізму, включаючи обмін білків, регуляцію клітинного циклу, розщеплення непотрібних або пошкоджених білків, а також участь у процесах сигналізації всередині клітини.

В контексті фізичних навантажень, протеоліз може мати як позитивні, так і негативні наслідки для атлетів. З одного боку, активізація протеолітичних шляхів необхідна для видалення пошкоджених білків м'язів та їхнього подальшого відновлення, що є частиною нормального процесу відновлення після інтенсивних тренувань, дозволяє організму підтримувати здорові та функціональні м'язи, які готові до нових навантажень.

З іншого боку, надмірний протеоліз може призвести до втрати м'язового білка і, як результат, до зниження м'язової маси та сили. В періоди інтенсивних тренувань або недостатнього відновлення це особливо актуально, коли рівень катаболізму (розпаду) може перевищити рівень анаболізму (синтезу), і негативно позначиться на спортивних досягненнях і загальному стані здоров'я спортсменок. Після тренування активується синтез білка, що дозволяє відновлювати та зміцнювати пошкоджені м'язові волокна.

Для захисту клітин від оксидативного стресу, що виникає внаслідок інтенсивної фізичної роботи, необхідна активація антиоксидантних систем. Антиоксидантний захист є життєво важливою системою організму, яка захищає клітини від пошкоджень, викликаних вільними радикалами та іншими реактивними формами кисню [11]. Вільні радикали як хімічні частинки містять один або декілька нез'єднаних електронів, що робить їх надзвичайно реактивними, та можуть взаємодіяти з клітинними компонентами, такими як ліпіди, білки або ДНК, призводячи до їх оксидативного пошкодження. Хоча деякий рівень вироблення вільних радикалів є нормальним побічним продуктом метаболічних процесів, надмірне їх накопичення може призвести до оксидативного стресу та пов'язаних з ним захворювань, включно з серцево-судинними розладами, діабетом, нейродегенеративними станами та раком.

Речовини, які можуть нейтралізувати вільні радикали, зменшуючи або запобігаючи пошкодженню клітин, – це антиоксиданти, що існують як у формі, що синтезується організмом, так і у формі, що надходить з їжею. Ендогенні (внутрішньо синтезовані) антиоксиданти включають ферменти, такі як супероксиддисмутаза (SOD), глутатіонпероксидаза та каталаза. Екзогенні (зовнішні) антиоксиданти включають вітаміни С і Е, селен та каротиноїди, а також флавоноїди та інші фітохімічні речовини, які знаходяться в фруктах, овочах, горіхах та зеленому чаї.

Враховуючи умови видів спорту, антиоксидантний захист набуває особливої важливості, оскільки інтенсивні тренування можуть збільшити вироблення вільних радикалів, викликаючи оксидативний стрес [9]. А адекватний антиоксидантний захист допомагає мінімізувати пошкодження м'язів, покращує процеси відновлення та сприяє загальній витривалості і продуктивності спортсмена тощо. Отже, тому спортсмени часто включають у свій раціон продукти з високим вмістом антиоксидантів або вживають антиоксидантні добавки для підтримки оптимального функціонування та фізичного стану організму.

Імунна система відіграє вирішальну роль у відновленні та регенерації тканин після пошкодження від некротичних клітин та тканинних залишків, готуючи основу для регенерації, виконуючи не лише захисну функцію від інфекцій, але й активно беручи участь у процесах очищення та відновлення.

На першому етапі активується вроджена імунна відповідь, яка включає мобілізацію фагоцитарних клітин, таких як макрофаги та нейтрофіли. Саме ці клітини швидко мігрують у зону пошкодження, де вони фагоцитують (поглинають) некротичні клітини, тканинні залишки та збудники інфекцій, якщо такі є. При цьому процесі не тільки прибираються відмерлі

клітини та інші шкідливі елементи, але й виділяються сигнальні молекули, які приваблюють інші імунні клітини та стимулюють локальну запальну відповідь.

Запальна відповідь, хоча й асоціюється з набряком, почервонінням та болем, є необхідним кроком у процесі відновлення, не тільки допомагає обмежити розповсюдження можливої інфекції, але й створює умови для початку процесів регенерації. Наприклад, фактори росту та інші сигнальні молекули, що виділяються під час запалення, сприяють проліферації (розмноженню) та міграції клітин, які беруть участь у відновленні тканин. Після того, як ініційовано процес очищення та запалення, настає фаза ремоделювання та регенерації, де нові клітини заміщують пошкоджені, а втрачені тканини відновлюються. Макрофаги продовжують відігравати важливу роль, стимулюючи ангиогенез (утворення нових кровоносних судин) та виробляючи фактори, що сприяють зростанню та диференціації клітин.

Таким чином, імунна система не просто захищає організм від інфекцій, але й активно бере участь у процесах очищення, відновлення та регенерації тканин, забезпечуючи їх правильне відновлення та функціонування після пошкодження.

Формування нових кровоносних судин із існуючих капілярів сприяє покращенню кровопостачання та доставки поживних речовин до пошкоджених тканин, прискорюючи їх відновлення. Таким чином, ангиогенез відіграє вирішальну роль у процесах відновлення після травм, у зростанні м'язів від фізичних навантажень, а також у забезпеченні кровопостачання до зростаючих і регенеруючих тканин.

У процесі фізичних тренувань ангиогенез допомагає забезпечити достатнє кровопостачання до розвиваючихся м'язів, сприяє їхньому більш ефективному відновленню та зростанню. Новоутворені кровоносні судини підвищують доставку кисню та поживних речовин до м'язів, а також виведення метаболічних відходів, що покращує м'язову функцію та сприяє загальному процесу відновлення [10]. Регуляція ангиогенезу здійснюється через складну мережу сигнальних молекул, включаючи фактори росту, такі як васкулярний ендотеліальний фактор росту (VEGF), фібробластний фактор росту (FGF) та інші. Сигнальні молекули активізують ендотеліальні клітини, що викликає їх проліферацію (розмноження), міграцію та подальше утворення нових структур кровоносних судин.

Регенеративні процеси забезпечують не тільки відновлення після тренувань, а й адаптацію організму до підвищених навантажень, що у довгостроковій перспективі призводить до покращення спортивних показників, що особливо важливі після інтенсивних фізичних навантажень, які можуть призводити до мікроскопічних ушкоджень м'язових волокон, накопичення метаболітів та оксидативного стресу.

Висновки. Ефективне управління тренувальними навантаженнями та оптимізація процесів відновлення в академічному веслуванні вимагають індивідуалізованого підходу, який враховує фізіологічні особливості, рівень підготовленості та специфіку змагальної діяльності кожного спортсмена.

Співвідношення аеробної та анаеробної роботи має критичне значення для розвитку витривалості та сили у спортсменів-веслувальників. Баланс між цими двома типами тренувань сприяє підвищенню ефективності адаптаційних процесів і оптимізації спортивних результатів.

Протеоліз, синтез білка, антиоксидантний захист та ангиогенез є ключовими біологічними процесами, що підтримують відновлення та регенерацію м'язової тканини після інтенсивних навантажень. Забезпечення адекватного відновлення має вирішальне значення для підтримки високого рівня тренувальної активності та запобігання перетренованості. Окрім фізичних тренувань, важливо звернути увагу на харчування, гідратацію, сон та інші відновлювальні стратегії, що сприяють швидкому відновленню та підвищенню загальної працездатності спортсмена.

Результати дослідження підкреслюють значення застосування науково-обґрунтованих методик тренувань і відновлення для підвищення ефективності спортивної підготовки та досягнення високих спортивних результатів. Таким чином, підкреслена необхідність комплексного підходу до тренувань та відновлення в академічному веслуванні, враховуючи взаємозв'язок між фізіологічними, біохімічними та тренувальними аспектами спортивної підготовки.

Література:

1. Богуславська В. Ю., Кушнір К. С., Губар І. В., Сальникова С. В. Підвищення фізичної підготовленості веслувальників засобами фітнесу на етапі попередньої базової підготовки. *Olympicus* 2023. №3. С. 22–27.
2. Дяченко А., Русанова О., Довгодько І. Формування спеціалізованої спрямованості тренувального процесу кваліфікованих спортсменів-веслувальників зі зниженим рівнем розвитку стійкості реакцій аеробного енергозабезпечення в зоні аеробно-анаеробного переходу. *Молодіжний науковий вісник Східноєвропейського національного університету імені Лесі Українки. Фізичне виховання і спорт*. 2015. № 20. С. 144–149.
3. Клопов Р.В., Тищенко В.О., Меснянкін Д.Г. Спеціальна фізична підготовка веслувальників високої кваліфікації у підготовчому періоді спортивного тренування. *Фізичне виховання та спорт*. 2021. Т. 3. С. 67–73.
4. Тищенко В.О., Чиженок Т.М., Коваленко Ю., Мордвинов К.О. Особливості вегетативної регуляції у веслувальниць на етапі підготовки до вищих досягнень. *Фізичне виховання та спорт*. 2021. № 1. С. 114–119.
5. Astridge D. J., Peeling P., Goods P. S., Girard O., Hewlett J., Rice A. J., Binnie M. J. Rowing in Los Angeles: performance considerations for the change to 1500 m at the 2028 Olympic games. *International journal of sports physiology and performance*. 2022. Vol. 18(1). P. 104–107.
6. Bonetti D.L., Hopkins W.G. Variation in performance times of elite flatwater canoeists from race to race. *Int J Sports Physiol Perform*. 2015. Vol. 5(2). P. 21–27.
7. Diachenko A., Rusanova O., Huang Z., Gao X., Guo J., Ye, C. Functional and physical capacity indicators of kayakers racing 1000, 500, and 200 m distances: a randomized study. *Journal of Physical Education & Sport*. 2021. Vol. 21(3). P. 1325–1330.
8. Ledergerber R., Jacobs M. W., Roth, R., Schumann M. Contribution of different strength determinants on distinct phases of Olympic rowing performance in adolescent athletes. *European Journal of Sport Science*. 2023. Vol. 23(12). P. 2311–2320.
9. Mazza O. B., Gam S., Kolind M. E., Kiær C., Donstrup C., Jensen K. A Maximal Rowing-Ergometer Protocol to Predict Maximal Oxygen Uptake in Female Rowers. *International Journal of Sports Physiology and Performance*. 2023. Vol. 18(8). P. 861–865.
10. Omelchenko O., Dolbysheva N., Kovtun A., Koshcheyev A., Tolstykova T., Burdaiev K., Solodka O. Evaluation of respiratory function indicators of elite athletes in academic rowing using the method of computer spirometry. *Pedagogy of Physical Culture and Sports*. 2023. Vol. 27(2). P. 173–182.
11. Penichet-Tomas A., Jimenez-Olmedo J. M., Pueo B., Olaya-Cuartero J. Physiological and mechanical responses to a graded exercise test in traditional rowing. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2023. Vol. 20(4). P. 3664.

References:

1. Bohuslavs'ka, V. YU., Kushnir, K. S., Hubar, I. V., & Sal'nykova, S. V. (2023). Pidvyshchennya fizychnoyi pidhotovlenosti vesluval'nykiv zasobamy fitnesu na etapi poperedn'oyi bazovoyi pidhotovky [Increasing the physical fitness of rowers by means of fitness at the stage of preliminary basic training]. *Olympicus*, (3), 22-27 [in Ukrainian].
2. Diachenko, A., Rusanova, O., & Dovhodko I. (2015). Formuvannia spetsializovanoi spriamovanosti trenuval'nogo protsesu kvalifikovanykh sportsmeniv-vesluvalnykiv zi znyzhenym rivnem rozvytku stiiikosti reaktsii aerobnoho enerhozabezpechennia v zoni aerobno-anaerobnoho perekhodu [The formation of a specialized orientation of the training process of qualified rowers with a reduced level of development of the stability of aerobic energy supply reactions in the zone of the aerobic-anaerobic transition]. *Molodizhnyi naukovyi visnyk Skhidnoievropeiskoho natsionalnoho universytetu imeni Lesi Ukrainky. Fizychno vykhovannia i sport*, 20, 144–149 [in Ukrainian].
3. Klopov, R.V., Tyshchenko, V.O., & Mesnyankin, D.H. (2021). Spetsial'na fizychna pidhotovka vesluval'nykiv vysokoyi kvalifikatsiyi u pidhotovchomu periodi sportyvnoho trenuvannya [Special physical training of highly qualified rowers in the preparatory period of sports training]. *Fizychno vykhovannya ta sport*, 3, 67–73 [in Ukrainian].
4. Tyshchenko, V.O., Chyzenok, T.M., Kovalenko, Yu., & Mordvynov, K.O. (2021). Osoblyvosti vehetatyvnoyi rehulyatsiyi u vesluval'nyts' na etapi pidhotovky do vyshchykh

dosyahnen' [Peculiarities of vegetative regulation in female rowers at the stage of preparation for higher achievements]. *Fizychnye vykhovannya ta sport*, 1, 114–119 [in Ukrainian].

5. Astridge, D. J., Peeling, P., Goods, P. S., Girard, O., Hewlett, J., Rice, A. J., & Binnie, M. J. (2022). Rowing in Los Angeles: performance considerations for the change to 1500 m at the 2028 Olympic games. *International journal of sports physiology and performance*, 18(1), 104–107.

6. Bonetti, D.L. & Hopkins W.G. (2015). Variation in performance times of elite flatwater canoeists from race to race. *Int J Sports Physiol Perform*, 5(2), 21–27.

7. Diachenko, A., Rusanova, O., Huang, Z., Gao, X., Guo, J., & Ye, C. (2021). Functional and physical capacity indicators of kayakers racing 1000, 500, and 200 m distances: a randomized study. *Journal of Physical Education & Sport*, 21(3), 1325–1330.

8. Ledergerber, R., Jacobs, M. W., Roth, R., & Schumann, M. (2023). Contribution of different strength determinants on distinct phases of Olympic rowing performance in adolescent athletes. *European Journal of Sport Science*, 23(12), 2311–2320.

9. Mazza, O. B., Gam, S., Kolind, M. E., Kiær, C., Donstrup, C., & Jensen, K. (2023). A Maximal Rowing-Ergometer Protocol to Predict Maximal Oxygen Uptake in Female Rowers. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 18(8), 861–865.

10. Omelchenko, O., Dolbysheva, N., Kovtun, A., Koshcheyev, A., Tolstykova, T., Burdaiev, K., & Solodka, O. (2023). Evaluation of respiratory function indicators of elite athletes in academic rowing using the method of computer spirometry. *Pedagogy of Physical Culture and Sports*, 27(2), 173–182.

11. Penichet-Tomas, A., Jimenez-Olmedo, J. M., Pueo, B., & Olaya-Cuartero, J. (2023). Physiological and mechanical responses to a graded exercise test in traditional rowing. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 20(4), 3664.

Tyshchenko Denys, Tyshchenko Valeria

COMPREHENSIVE ANALYSIS OF ADAPTIVE MECHANISMS AND LOAD MANAGEMENT IN SPORTS: FROM BIOREGENERATION TO OPTIMIZATION OF AEROBIC AND ANAEROBIC PROCESSES

*Today's highly competitive world of sports demands from athletes to improve constantly their physical and technical skills. Understanding and optimizing adaptive mechanisms and effective management of training loads can provide significant benefits in the training of rowers. The intensive training process sets athletes the task not only improving physical fitness, but also ensuring quick and effective recovery. Understanding of bioregenerative processes such as proteolysis, protein synthesis, antioxidant defense, and angiogenesis is critical for the development of science-based restorative programs. **The purpose of the research** is to analyze the complex of adaptive mechanisms and load management strategies that optimize recovery processes and improve aerobic and anaerobic indicators in rowing. **Research methods:** theoretical analysis, synthesis and generalization; theoretical modeling; discussion and critical analysis; comparative analysis; theoretical reflection. **Research results.** The research aims to integrate a deep understanding of the physiological basis of endurance and strength, the development of individualized training programs that contribute to the maximum development of athletic potential, as well as the study of effective regeneration methods to accelerate the recovery process and reduce the risk of injury. Covering a competitive distance takes place with the ratio of aerobic and anaerobic work in academic rowing – 70% to 30%. Thus, the scientifically based application of individualized approaches to regulate the intensity and volume of training loads is fundamental for achieving the maximum sports result, which is due to the need to stimulate adequate adaptive changes in the athlete's body, as well as the need to ensure his long-term health within the limits of his sports career. **Conclusions.** In the context of the volume of training loads, their strategic distribution and variation contribute to the prevention of overtraining syndrome caused by insufficient time for recovery and adaptation. Adequate management of which, based on the principles of periodization and individual physiological indicators, will lead to optimization of restorative processes and an increase in the general working capacity of female athletes. Individualization of training and recovery programs, based on the understanding of adaptive mechanisms and load management, allows to improve significantly sports performance, optimize aerobic and anaerobic work, ensuring a high level of competitiveness.*

Key words: rowing, functional state, aerobic-anaerobic energy supply, proteolysis, antioxidant protection, angiogenesis, restoration.