Перспективи подальших досліджень будуть спрямовані на вивчення можливостей запобігання стрес-асоційованим станам школярів у процесі фізичного ивхування.

Література

1.Бодров В.А. Проблема подолання стреса. Ч. 2: Процеси та ресурси подолання стресу. Психологічний журнал. 2016. Т. 27, № 2. С. 113–123.

2.Вплив стресу на організм дитини. Чим можуть допомогти батьки і коли варто звертатися до лікаря. Центр громадського здоров'я МОЗ України. URL: https://phc.org.ua/news/vpliv-stresu-na-organizm-ditini-chim-mozhut-dopomogti-batki-i-koli-varto-zvertatisya-do

3.Гендерні відмінності у реакції дітей на стрес: психологія дитини. Розвиток дитини. URL: https://childdevelop.com.ua/articles/psychology/1/

Головська І., Грицик О. Вплив психологічної освіченості на стресостійкість юнацтва. Габітус. 2025. № 73. С. 128-133.

4.Меллер-Леймкюллер А.М. Стрес у суспільстві та розлади, пов'язані зі стресом, в аспекті ґендерних відмінностей. Соціальна та клінічна психіатрія. 2016. №4. С. 5–11.

5.Профілактика порушень адаптації молоді до повсякденних стресів і кризових життєвих ситуацій: навч. посіб. / Національна академія педагогічних наук України, Інститут соціальної та політичної психології; за наук. ред. Т. М. Титаренко. Київ : Міленіум, 2011. 272 с

6.Чухраєва Г. В. Вивчення гендерних особливостей стресостійкості працівників ОВС. *Актуальні проблеми психології.* 2013. Т. XII. Вип. 18. С. 275-291.

7.Шурмакевич В. Майже 80% українців відчувають стрес та сильну знервованість – опитування. Українська правда: життя. 9 квітня 2024 р. URL: https://life.pravda.com.ua/society/cherez-povnomasshtabne-vtorgnennya-bilshist-ukrajinciv-vidchuvayut-stres-opituvannya-300959/

Reference

1.Bodrov, V.A. (2016). The problem of stress management. Part 2: Processes and resources of stress management. Psychological Journal. Vol. 27. №2. P. 113–123. [In Ukrainian].

2. The impact of stress on the child's body. How can parents help and when should you see a doctor. Center for Public Health of the Ministry of Health of Ukraine. URL: https://phc.org.ua/news/vpliv-stresu-na-organizm-ditini-chim-mozhut-dopomogti-batki-i-koli-varto-zvertatisya-do [In Ukrainian].

3.Gender differences in children's reactions to stress: child psychology. Child development. URL: https://childdevelop.com.ua/articles/psychology/1/ [In Ukrainian].

4. Holovska, I., Hrytsyk, O. (2025). The impact of psychological education on the stress resistance of youth. *Habitus. №*73. P. 128-133.[In Ukrainian].

5. Meller-Leimkuller, A.M. (2016). Stress in society and stress-related disorders in the aspect of gender differences. *Social and clinical psychiatry. №*4. P. 5–11. [In Ukrainian].

6.Tytarenko, T. M. (2011). Prevention of adaptation disorders in youth to everyday stresses and crisis life situations: a manual. Kyiv: Millennium, 272 p. [In Ukrainian].

7.Chukhraieva, H. V. (2013). Study of gender features of stress resistance of police officers. *Current problems of psychology*. Vol. XII. Issue 18. P. 275-291.[In Ukrainian].

8.Shurmakevych, V. (2024). Almost 80% of Ukrainians experience stress and severe nervousness - survey. *Ukrainian Pravda: Life.* April 9, URL: https://life.pravda.com.ua/society/cherez-povnomasshtabne-vtorgnennya-bilshist-ukrajinciv-vidchuvayut-stres-opituvannya-300959/ [In Ukrainian].

DOI: https://doi.org/10.31392/UDU-nc.series15.2026.01(200).06
УДК 796.622:612.766:796.015.26

Володимир Бобровник
Доктор наук з фізичного виховання і спорту, професор,
зав. кафедри легкої атлетики, зимових видів та велосипедного спорту.
Національний університет фізичного виховання і спорту України, м. Київ, Україна,
https://orcid.org/0000-0003-1254-4905
Юрій Коновал
Аспірант кафедри легкої атлетики, зимових видів та велосипедного спорту, Національний університет фізичного виховання і спорту України, Київ, Україна

ТЕОРЕТИКО-МЕТОДИЧНІ ОСНОВИ РОЗВИТКУ РУХЛИВОСТІ АЕРОБНОЇ СИСТЕМИ У ВЕЛОСИПЕДИСТІВ, ЯКІ ПРИЙМАЮТЬ УЧАСТЬ В ГОНКАХ НА ТРЕКУ

Мета роботи — теоретично обґрунтувати та розробити методику вдосконалення рухливості аеробної системи енергозабезпечення для кваліфікованих велосипедистів які приймають участь в гонках на треку. Методологія. Застосовано аналіз наукової літератури, моделювання тренувальних навантажень та синтез практичного досвіду. Наукова новизна. Обґрунтовано авторську методику інтервального тренування за схемою «1 хв роботи / 1 хв пасивного відпочинку». Обґрунтовано, що часте чергування навантаження та повного відновлення забезпечує максимальну амплітуду коливань споживання кисню, тренуючи швидкість розгортання окиснювальних процесів (T_{50}) без надмірного ацидозу. Висновки. Запропоновано модель періодизації спеціальних

навантажень у річному циклі, де базовий протокол (1 хв/1 хв) модифікується від рівня анаеробного порогу (підготовчий етап) до рівня максимального споживання кисню та змагальних режимів (передзмагальний етап).

Ключові слова: *велосипедний спорт, трек, аеробна система, кінетика кисню, інтервальне тренування, VO2max.*

Bobrovnyk Volodymyr, Konoval Yurii Theoretical and methodological foundations for developing aerobic system mobility in track cyclists Objective. *To theoretically substantiate and develop a methodology for improving the mobility of the aerobic energy system in qualified track cyclists. Methodology. The study employed analysis of scientific literature, modeling of training loads, and synthesis of practical experience. Scientific Novelty. The author's interval training methodology based on the "1 min work / 1 min passive rest" scheme is substantiated. It is substantiated that frequent alternation of load and complete recovery ensures maximum amplitude of oxygen consumption fluctuations, training the rate of oxidative process deployment (T_{50}) without excessive acidosis. Conclusions. A model of training load periodization within the annual cycle is proposed , wherein the basic protocol (1 min / 1 min) is modified from the anaerobic threshold level (preparatory stage) to the maximal oxygen uptake level and competitive regimes (pre-competition stage).*

Keywords: *cycling, track, aerobic system, oxygen kinetics, interval training, VO2max.*

Постановка проблеми.У велосипедних гонках на треку ефективність м'язової роботи значною мірою залежить від функціонального стану аеробної системи. Її рухливість, тобто здатність швидко адаптуватися до змін інтенсивності навантаження, є критично важливою у групових гонках на треку з перемінним темпом. У сучасному спортивному середовищі зростає потреба в поглибленому вивченні функціональних резервів аеробної системи як ключового елемента забезпечення енергозатратної змагальної діяльності у видах спорту циклічного характеру. Особливо це стосується велосипедних гонок на треку, де результативність спортсмена визначається не лише рівнем максимальної потужності, а й швидкістю мобілізації аеробного енергозабезпечення у відповідь на зміну інтенсивності навантаження.

Групові види змагань на треку, такі, як групова гонка на очки, скретч або гонка з вибуванням, характеризуються значною варіабельністю темпу та частими прискореннями, що вимагають високої рухливості аеробної системи — здатності швидко розгортати кисневі реакції, ефективно утилізувати лактат, знижувати закислення та підтримувати стабільну працездатність при різкому зростанні інтенсивності.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Попри наявність досліджень, присвячених впливу максимальної аеробної потужності (VO_2max) на витривалість, у науковій літературі недостатньо представлено практичні аспекти підвищення рухливості аеробної системи через перемінно-інтервальні тренування, що імітують змагальні умови трекової гонки. Актуальність теми зумовлена також тим, що показники VE/VCO_2, аеробного та анаеробного порогів, часу стабілізації VO_2 та швидкості серцево-судинної адаптації є маркерами тренованості, які наразі рідко застосовуються для обґрунтування планування тренувального процесу.

Крім того, потребує систематизації методичне забезпечення тренувань на розвиток аеробної рухливості з урахуванням періодів річного циклу підготовки та специфіки різних трекових дисциплін. Таким чином, дослідження спрямоване на усунення методичних прогалин і підвищення ефективності індивідуального планування тренувального процесу велосипедистів, які приймають участь в гонках на треку.

Мета дослідження. Теоретично обґрунтувати та розробити методику вдосконалення рухливості аеробної системи енергозабезпечення для кваліфікованих велосипедистів які приймають участь в гонках на треку.

Завдання дослідження

Для досягнення поставленої мети було визначено такі завдання:

1.Проаналізувати сучасні наукові дані щодо фізіологічних механізмів, які лімітують працездатність велосипедистів у гонках на треку, та визначити роль кінетики кисню (швидкості розгортання аеробних процесів) у забезпеченні змагальної діяльності.

2.Теоретично обґрунтувати структуру та зміст авторської програми розвитку рухливості аеробної системи, зокрема ефективність застосування інтервального протоколу «1 хв роботи / 1 хв пасивного відпочинку».

3.Розробити модель періодизації спеціальних навантажень у річному макроциклі, визначивши особливості модифікації тренувальних засобів на етапах базової, спеціальної та передзмагальної підготовки.

4.Сформулювати практичні рекомендації щодо методики застосування програми, контролю інтенсивності навантажень (за показниками потужності) у тренувальному процесі кваліфікованих велосипедистів.

Матеріали та методи дослідження. Для досягнення мети роботи — теоретичного обґрунтування та розробки методики вдосконалення рухливості аеробної системи — було застосовано комплекс загальнонаукових та спеціальних методів.

Дослідження базувалося на системному підході до планування річного циклу підготовки кваліфікованих велосипедистів. Основу методології склали:

- Теоретичний аналіз та узагальнення даних наукової літератури щодо фізіології кінетики кисню (VO2 kinetics), механізмів втоми та адаптації серцево-судинної системи до змінних навантажень.
- Моделювання тренувальних навантажень для побудови протоколів інтервальних тренувань, спрямованих на розвиток швидкості розгортання окиснювальних процесів (T_{50}).
- Синтез практичного досвіду підготовки спортсменів високої кваліфікації у трекових дисциплінах для адаптації теоретичних моделей до реальних умов змагальної діяльності.

Розроблена програма передбачає сувору регламентацію інтенсивності та умов виконання навантажень, що вимагає використання спеціалізованого апаратно-програмного забезпечення. Реалізація методики вимагає використання велосипедних вимірювачів потужності (power meters) або інтелектуальних велостанків (smart-trainers). Це дозволяє точно дозувати навантаження у Ватах, виключаючи похибки, пов'язані з використанням лише пульсометрії, яка має явище латентності (затримки реакції).

Виклад основного матеріалу дослідження. Сучасні методики підготовки велосипедистів зосереджуються не лише на розвитку фізичних якостей, а й на оптимізації технічних навичок, що в сукупності сприяє досягненню максимальних результатів. Виявлення та обґрунтування теоретико-методичних підходів до поєднання фізичної та технічної підготовки є важливим етапом у багаторічному удосконаленні спортсменів.

Основним напрямом тренувальної програми є прискорення процесу розгортання аеробних реакцій та забезпечення швидкого досягнення стабільного рівня споживання кисню, а також зменшення накопичення закислення в м'язах за рахунок ефективної роботи аеробних механізмів. Цей підхід дозволяє створити оптимальні умови для розвитку спортивних здібностей велосипедистів на різних етапах багаторічної підготовки, забезпечуючи їм можливість досягати високих спортивних результатів та підтримувати високу спортивну форму протягом тривалого часу.

У цій роботі розглядаються основні аспекти методичного поєднання фізичної та технічної підготовки, базуючись на аналізі наукових джерел та практичного досвіду провідних тренерів. Використовуючи системний підхід, ми прагнемо визначити ефективні методики тренувального процесу, які сприяють покращенню аеробної витривалості та технічної майстерності велосипедистів, що, в свою чергу, сприяє підвищенню їхньої загальної результативності.

Основна увага приділяється інтеграції фізичних навантажень з технічними вправами, що дозволяє досягти балансу між силовими та аеробними компонентами підготовки. Особливий акцент робиться на тренуваннях, спрямованих на швидке розгортання аеробних реакцій і забезпечення ефективного використання кисню, що є критично важливим для підтримання високої працездатності під час змагань. Такий підхід дозволяє зменшити накопичення закислення в м'язах, що значно підвищує ефективність роботи спортсменів на тривалих дистанціях [8; 9; 10].

Враховуючи специфіку велосипедного спорту та індивідуальні особливості підготовки кожного спортсмена, в роботі пропонуються конкретні теоретико-методичні підходи, які можуть бути адаптовані відповідно до потреб і рівня підготовленості спортсменів. Це дозволяє забезпечити комплексний підхід до тренувального процесу, що сприяє досягненню високих результатів у довгостроковій перспективі [1; 6; 12; 14].

Забезпечення конкурентоспроможності українських велосипедистів на міжнародній арені передбачає врахування визначального впливу аеробної потужності на результати змагальної діяльності. Велосипедний спорт належить до видів з вираженим запитом на високоорганізовану функціональну активність аеробної системи. Рухливість аеробної системи як її ключова характеристика обумовлює ефективність транспорту кисню до працюючих м’язів, що є необхідною передумовою для синтезу аденозинтрифосфату (АТФ) — універсального енергетичного носія, який забезпечує трансформацію хімічної енергії в механічну. Таким чином, динамічна здатність аеробної системи до адаптивного реагування на навантаження лежить в основі енергетичного забезпечення м’язової діяльності на витривалість, що є особливо актуальним при подоланні тривалих дистанцій зі збереженням високої потужності м’язових скорочень [25; 27].

Потенціал м’язового скорочення безпосередньо визначає здатність спортсмена до розвитку максимальної швидкості руху та досягнення високих результатів у змагальній діяльності. Окрім розвитку силових і швидкісних якостей, не менш важливими чинниками є зниження рівня м’язової втоми та прискорення процесів відновлення після інтенсивних фізичних навантажень. У цьому контексті високий рівень рухливості аеробної системи стає важливим резервом для підвищення функціональної продуктивності та результативності спортсменів, зокрема у велосипедному спорті [25; 27]. З огляду на це, актуальним є дослідження показників, що характеризують аеробну потужність на етапі підготовки до вищих досягнень, а також розробка ефективних тренувальних стратегій, спрямованих на її вдосконалення [1].

З метою оцінки АП(аеробного порогу) було проаналізовано низку показників: максимальне споживання кисню (МСК), аеробний та анаеробний поріг, частота серцевих скорочень (ЧСС), варіабельність серцевого ритму (ВСР) та вентиляційний поріг (ВП) [22; 25].

З метою оцінки впливу потужності АС (аеробної системи) на результати спортсменів у велосипедному спорті було проаналізовано низку показників, що визначають ефективність її роботи та безпосередньо впливають на можливість організму транспортувати кисень до клітин скелетних та серцевого м’язів для синтезу енергії [25]. Рухливість АС реалізується завдяки процесу споживання кисню, транспорту та його утилізації.

Ефективність реалізації аеробної потужності значною мірою залежить від рівня енергозабезпечення міокарда, адже саме величина серцевого викиду визначає обсяг кисню, що насичує кров в альвеолах та транспортується до периферичних тканин, зокрема скелетної мускулатури [3; 18; 26]. У відповідь на систематичне фізичне навантаження у кваліфікованих спортсменів формується адаптивне явище, відоме як «спортивне серце» — фізіологічна гіпертрофія міокарда, яка не супроводжується ознаками патології [16]. Така адаптація забезпечує не лише економну роботу серця в стані спокою, а й здатність досягати високої серцевої продуктивності під час навантаження. Зростання сили серцевих скорочень сприяє збільшенню хвилинного об’єму крові та покращенню кисневого транспорту, що в кінцевому результаті позитивно впливає на витривалість і змагальну ефективність. Власне, потреба у підвищенні аеробної потужності є основним чинником для розвитку цієї морфофункціональної адаптації.

З метою оцінки аеробної продуктивності було визначено рівень максимального споживання кисню (VO_2max), що відображає кількість, яку споживає організм безпосередньо для синтезу енергії [3; 29]. Отже, чим вища його величина, тим краща аеробна рухливість та вища результативність [3; 18; 21; 27]. Цей показник часто визначає успішність спортсмена на велосипедних змаганнях та надає певну перевагу над суперниками [27]. Але слід враховувати, що його величина є індивідуальною і частково визначається генетикою [19], але при регулярному фізичному навантаженні показник може зростати, обумовлюючи успішність спортсмена. Це відбувається завдяки адаптації дихальної та серцево-судинної систем [13; 18; 27; 29]. Слід враховувати такий феномен, як «критична швидкість» - це швидкість, при якій не відбувається подальше збільшення споживання O_2 відповідно до потреб організму через обмеження фізіологічних можливостей серця та легень [25]. В результаті, так званий , «кисневий борг» зростає, а АП падає [7].

У межах дослідження здійснено оцінку фізіологічних параметрів, що відображають рівень аеробного (VT1) та анаеробного (VT2) порогів [18; 25]. Аеробний поріг визначає таку інтенсивність фізичного навантаження, за якої швидкість продукції молочної кислоти врівноважується з її утилізацією, а потреба організму в кисні відповідає його фактичному надходженню. За цих умов метаболічні процеси перебувають у межах аеробного режиму, що забезпечує ефективне окиснення глюкози з максимальним виходом енергії — синтезом аденозинтрифосфату (АТФ) у 15–16 разів більшим порівняно з анаеробним гліколізом. Це створює передумови для підтримання стійкої м'язової працездатності.

У свою чергу, перевищення анаеробного порогу супроводжується різким зростанням концентрації лактату в м'язах і крові, що є наслідком активації анаеробного шляху енергозабезпечення [30]. Такий зсув метаболізму призводить до зниження ефективності ресинтезу АТФ, формування метаболічного ацидозу, швидкої втоми та, як наслідок зменшення аеробної потужності, що негативно впливає на результати у змагальних видах велосипедного спорту [27].

Варіабельність серцевого ритму (ВСР) та ЧСС є важливими індикаторами адаптаційних реакцій серцево-судинної системи у відповідь на фізичне навантаження та рівень рухливості аеробної системи спортсмена [25]. Механізм підвищення серцевого викиду реалізується через збільшення частоти та сили серцевих скорочень, що забезпечує зростання хвилинного об'єму крові, насиченої киснем, і, відповідно, оптимізацію транспорту O_2 до тканин, включаючи міоцити [3; 18].

Аналіз динаміки ВСР та ЧСС дозволяє оцінити функціональний стан вегетативної нервової системи та ступінь адаптації серцево-судинної системи до тренувального навантаження. Регулярний моніторинг цих параметрів дає змогу своєчасно виявляти ознаки функціонального перенавантаження, ступінь відновленості та готовності до подальшої роботи, а також виявляти потенційні ризики розвитку перевтоми. У випадках значного відхилення ВСР або патологічного підвищення ЧСС доцільним є корегування навантаження та індивідуалізація тренувального режиму. Таким чином, підтримання зазначених показників у межах норми свідчить про високий рівень адаптаційної ємності аеробної системи та її потенціал у забезпеченні спортивної результативності у велосипедному спорті.

Вентиляційний поріг (ВП) характеризує такий рівень інтенсивності фізичного навантаження, за якого легенева вентиляція вже не здатна зростати пропорційно зростаючій потребі організму в кисні. Під час активної м'язової роботи для забезпечення адекватного енергозабезпечення відбувається компенсаторне підвищення частоти дихання та ЧСС з метою збільшення надходження кисню з атмосферного повітря та його транспортування кров'ю до периферичних тканин. У разі перевищення ВП активується анаеробний шлях енергозабезпечення, що призводить до метаболічного зсуву, зниження ефективності утворення АТФ, накопичення лактату, розвитку передчасної втоми та зниження аеробної потужності [3; 11].

З огляду на це, регулярне визначення та моніторинг рівня ВП є необхідною умовою для оптимізації тренувального процесу. Підтримання ВП у межах індивідуально допустимих значень забезпечує ефективну роботу аеробної системи на субмаксимальному рівні, що сприяє зростанню спортивної результативності у змагальних видах на треку. Водночас варто враховувати, що надмірні вентиляційні зусилля, особливо в умовах високої інтенсивності, можуть призводити до втоми дихальної мускулатури, зокрема, діафрагми, що також обмежує аеробну потужність [17].

Розроблення ефективної стратегії підвищення аеробної потужності передбачає всебічне вивчення фізіологічних адаптацій, що лежать в основі реакцій організму на систематичні фізичні навантаження. Регулярність впливу тренувального стимулу є провідним чинником у розвитку рухливості аеробної системи. Водночас, доцільно враховувати низку модулювальних факторів, серед яких — індивідуальний генетичний потенціал [19], стан довкілля, якість харчування, режим сну та рівень психоемоційного напруження [16].

Одним із основних механізмів спортивної адаптації є посилення процесів мітохондріального біогенезу [3; 16; 18; 19; 28], а також зростання активності ферментів окисного фосфорилювання в клітинах скелетних і серцевого м'язів [2; 3; 15; 25]. Це сприяє покращенню енергетичної ефективності метаболізму, зростанню кількості утвореної АТФ та підвищенню здатності до тривалого м'язового навантаження. Додатковим адаптивним ефектом є перерозподіл кровотоку — відносне зменшення його об'єму у внутрішніх органах на користь працюючих м'язів, що в умовах фізичного навантаження може досягати 80–85 % загального серцевого викиду [28].

Крім того, тренувальний процес супроводжується зростанням рівня гемоглобіну та кількості еритроцитів, що посилює киснево-транспортну функцію крові [7; 20]. Сукупність цих змін підвищує функціональний потенціал аеробної системи та сприяє підвищенню спортивної результативності у велосипедному спорті [18; 21; 28; 29].

Стратегічне планування тренувальних впливів, спрямованих на розвиток аеробної потужності, передбачає використання низки ефективних методичних підходів, серед яких провідне місце посідають: методика порогового

тренування, тривалі низькоінтенсивні аеробні навантаження та принцип прогресуючого перенавантаження, реалізований у рамках систематизованої періодизації.

Порогові тренування (ПТ) є високоефективним засобом підвищення МСК та вдосконалення функціонального стану аеробної системи. Їх методологія базується на виконанні фізичних вправ із навантаженням, яке наближається до аеробного порогу, але не перевищує його, що дозволяє стимулювати ключові механізми окисного енергозабезпечення без надмірного накопичення лактату.

Комплекс тривалих повільних тренувань на довгі дистанції з низькою або помірною інтенсивністю також є важливою складовою розвитку аеробного потенціалу. Їх ефективність зумовлена формуванням стійкої м'язової витривалості, підвищенням щільності мітохондрій та покращенням економічності роботи серцево-судинної системи.

В основу методу прогресуючого перенавантаження покладено поступове збільшення обсягу, інтенсивності або частоти тренувальних впливів, що забезпечує послідовне формування адаптаційних перебудов. Його реалізація потребує чіткої етапності та періодизації навантажень, коли кожна фаза тренувального процесу має специфічну спрямованість, відповідає певним фізіологічним завданням і забезпечує нарощування функціонального потенціалу аеробної системи в динаміці багатомісячної підготовки.

Раціональне харчування є ключовим чинником у забезпеченні ефективності аеробних процесів у велосипедистів, які спеціалізуються у гонках на треку. Забезпечення адекватного енергетичного балансу та нутрієнтного складу раціону сприяє оптимізації метаболічного забезпечення м'язової діяльності, підтриманню витривалості та ефективному відновленню. Збалансована дієта має передбачати переважання вуглеводів — 55–60 % загальної калорійності, бажано з продуктів із низьким глікемічним індексом; 10–15 % мають становити білки, а 25–30 % — жири [16].

Особливе значення має забезпечення високої вуглеводної доступності, тобто відповідності рівня споживання вуглеводів до інтенсивності тренувального навантаження. Такий підхід сприяє підвищенню аеробної рухливості, ефективному енергозабезпеченню м'язів та прискоренню ресинтезу м'язового глікогену після фізичних навантажень.

Важливою складовою метаболічної підтримки є також дотримання водного режиму, оскільки достатній рівень гідратації визначає ефективність терморегуляції, транспорту речовин і стабільність серцево-судинної системи під час роботи на витривалість. Добова потреба у воді для спортсменів становить щонайменше 2–3 літри з додатковим об'ємом 1,2–1,5 літра залежно від тривалості й інтенсивності фізичного навантаження [16].

Опис авторської програми тренування. Тренування рухливості функціональних систем показане спортсменам, у яких спостерігається явище спазм-забитості, а також тим, змагальна діяльність яких триває від 10 с. до 1 год. та вимагає частого перевищення (або просто підвищення) рівня працездатності на ПАНО. Таке заняття необхідно проводити з використанням вимірювача потужності, (можна також використовувати вело-станок). Тренування рухливості складається з розминки із поступово зростаючою інтенсивністю, перший ступінь повинен бути нижче працездатності (потужності/швидкості) на рівні АП , останній повинен виводити на рівень ЧСС ПАНО (оптимальна тривалість від 10 хв.), після досягнення якого розминку слід припинити і запам'ятати фінішну потужність або швидкість. Можна застосовувати і стандартну 5-10-хвилинну розминку в першій зоні інтенсивності, але за умови якщо точно відома потужність/швидкість рівня ПАНО. Якщо розминка була поступовою, спочатку рекомендуємо виконати 5-хвилинне активне відновлення з інтенсивністю не вище 1-ї зони.

Далі необхідно повністю зупинитися на 2-3 хвилини, після чого виконуються відрізки по 1-й хвилині з потужністю/швидкістю ПАНО (або останньої ступені розминки), з паузами повного відпочинку тривалістю 1 хвилина. Після кожної серії прискорень застосовується активне відновлення тривалістю 5 хвилин не вище рівня АП по працездатності. Кількість серій в одному занятті строго не регламентується. Останню серію можна виконувати з потужністю/темпом МСК, але за умови якщо воно точно відоме, якщо ні, можна просто збільшити інтенсивність на 10 %. Така корекція останньої серії буде сприяти перенесенню тренованої якості на умови змагальної діяльності.

Основна мета такого типу тренування — прискорити процес розгортання аеробних реакцій. Розглядаючи рисунок 1 видно як фіолетова крива (що відображає споживання кисню) поступово підвищується до досягнення відносно стійкого рівня.

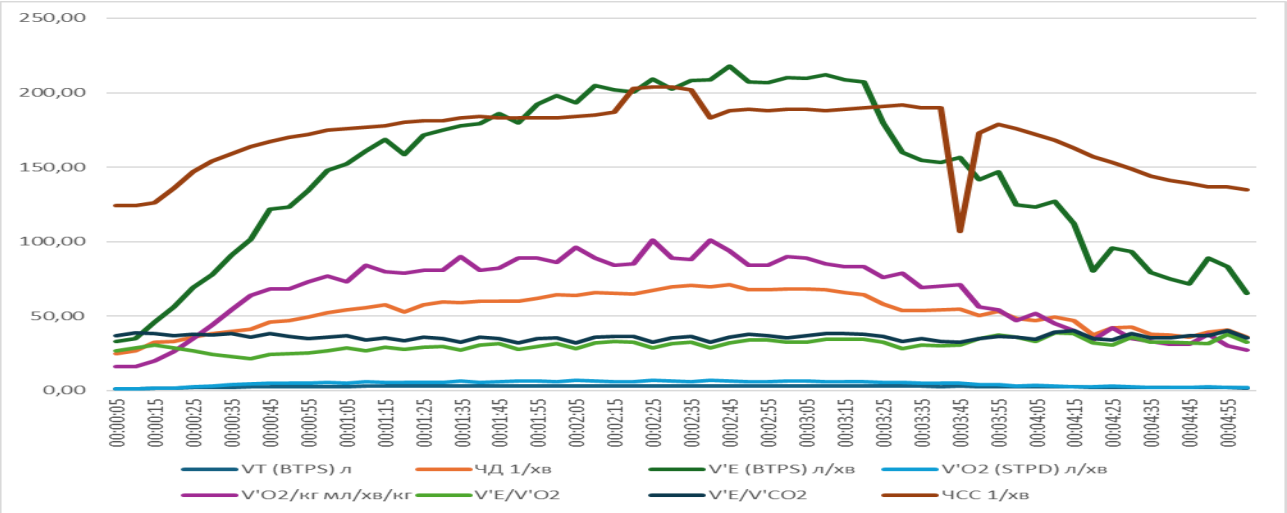


Рис. 1. Тест на критичну потужність, фізіологічні реакції під час інтенсивного тренування

Водночас потужність роботи досягається миттєво і організм одразу отримує достатню кількість енергії для виконання цієї роботи, але поки споживання кисню підвищується, роботу забезпечують неекономічні механізми енергозабезпечення, побічні продукти реакцій яких викликають закислення в м'язах. Таке закислення може накопичуватися при застосуванні кількох прискорень такого типу і знижувати ефективність подальшої роботи. Щоб менше використовувати неефективні механізми і накопичувати закислення, необхідно прискорювати вихід СК на рівень належних величин, що, власне, і є метою тренування рухливості, але ми її виконуємо на рівні ПАНО на відміну від прикладу, наведеному нижче, щоб запобігти надмірному закисленню.

На рисунку 2 наведено запис такого тренування, але з використанням контрольних робіт на рівні ПАНО і без поступової розминки, оскільки потужність ПАНО була відома точно. Спостерігаємо, як рівень споживання кисню змінюється в діапазоні від 1200 мл/хв до 3200 мл/хв, тобто, ми включаємо і вимикаємо аеробні процеси багато разів поспіль — тренуємо той процес, який затребуваний в специфічних умовах змагальної діяльності багатьох дисциплін. Крім цього видно, що під час другої серії діапазон зміни СК навіть вищий, ніж у першій, це вказує на поточний ефект від застосування таких прискорень (але він може і не спостерігатися у деяких атлетів). Також більше СК і менше виділення CO_2 спостерігається під час контрольної 5-хвилинної роботи на ПАНО.

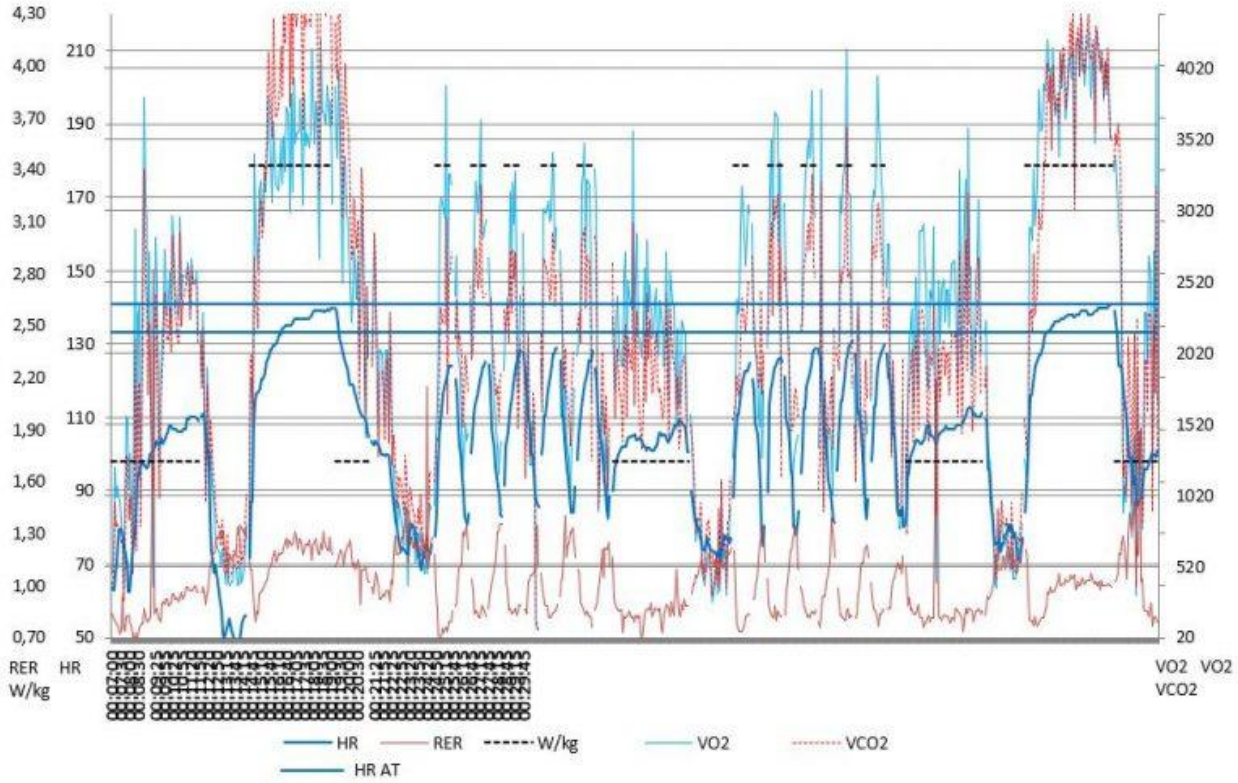


Рис.2 Споживання кисню під час тренувань на рухливість на ПАНО.

Можна використовувати різні поєднання серій і кількості відрізків. Головне- дотримуватися правила повного відпочинку між відрізками для забезпечення максимальної варіативності споживання кисню. Для правильного сприйняття організмом цього тренування важливо виконувати його на фоні повного відновлення, тобто, ранковий HRV повинен бути рівним або перевищувати базову (середню) величину.

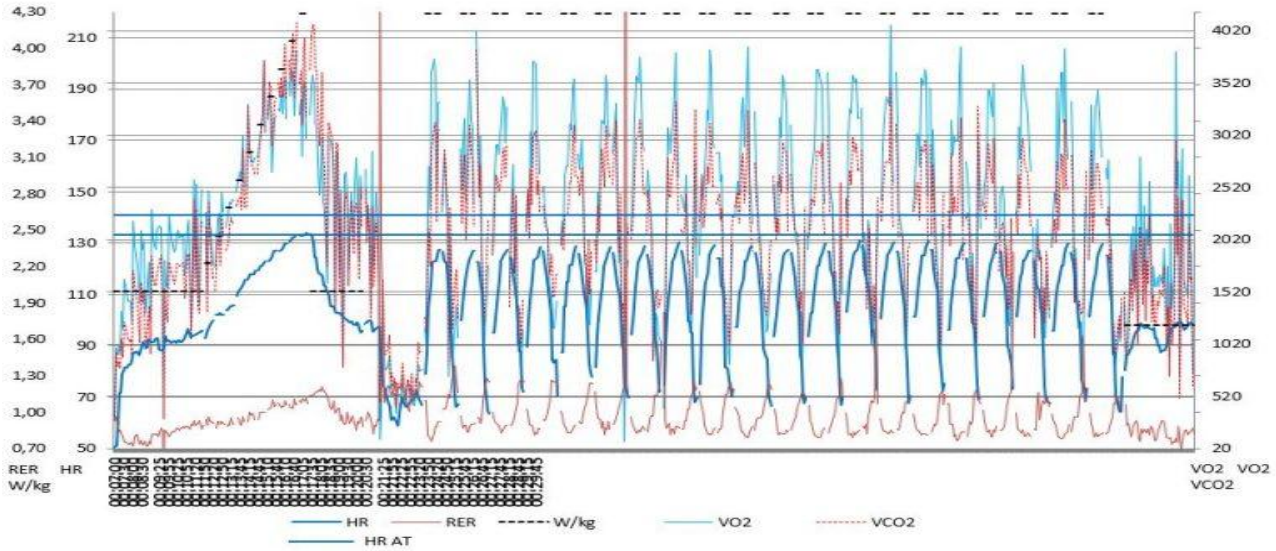


Рис.3 Тренування рухливості на рівні ПАНО без перерви на відпочинок. Вплив прискорень на споживання кисню і виділення CO_2

Кількість такої роботи в тижневому циклі не повинна перевищувати рекомендований обсяг тренувань в 3-й зоні інтенсивності (зоні ПАНО).

Тренування рухливості функціональних систем має відповідати вимогам змагальної діяльності в групових гонках на треку. Така діяльність складається з їзди з перемінною інтенсивністю, причому, зміни в інтенсивності навантаження зазвичай відбуваються різко і залежно від ситуації в гонці потребують виходу на різний рівень інтенсивності, від порогу анаеробного обміну до МСК та значно вище МСК. Це можна спостерігати аналізуючи графіки потужності під час змагальної діяльності в групових гонках на треку (Рис. 4.). Не слід також залишити без уваги те, що часто прискорення виконуються від потужності на рівні аеробного порогу або нижче, тобто, діапазон прискорення є дуже великим – майже від стану відносного спокою до близько максимальної працездатності.



Рис. 4. Графік потужності під час групової гонки на треку. Рівень анаеробного порогу показаний на графіку пунктирною лінією.

Тренування рухливості функціональних систем повинно гармонійно вписуватися в річний план підготовки, відповідати меті та завданням кожного з його мезоциклів, етапів та періодів (Рис.5).

У першій половині підготовчого періоду, метою якого є створення фундаменту для досягнення високих результатів під час змагального періоду, потрібно використовувати менш інтенсивні тренування, які не будуть форсувати процес адаптації. Тому тренування рухливості функціональних систем буде виконуватися до інтенсивності порогу анаеробного обміну. Це буде сприяти розвитку рухливості в полегшених умовах без надмірного закислення, яке характеризує роботу на рівні вище порогу анаеробного обміну. Важливою умовою ефективності такого тренування буде забезпечення максимального діапазону зміни інтенсивності навантаження, тому відрізки треба виконувати від рівня базового метаболізму до ПАНО. Таким чином, тренування буде спрямоване на розвиток рухливості функціональних систем в умовах, які не створюють надмірний стрес, розвивають рухливість переважно аеробних систем та частково відповідають вимогам змагальної діяльності в групових гонках на треку.

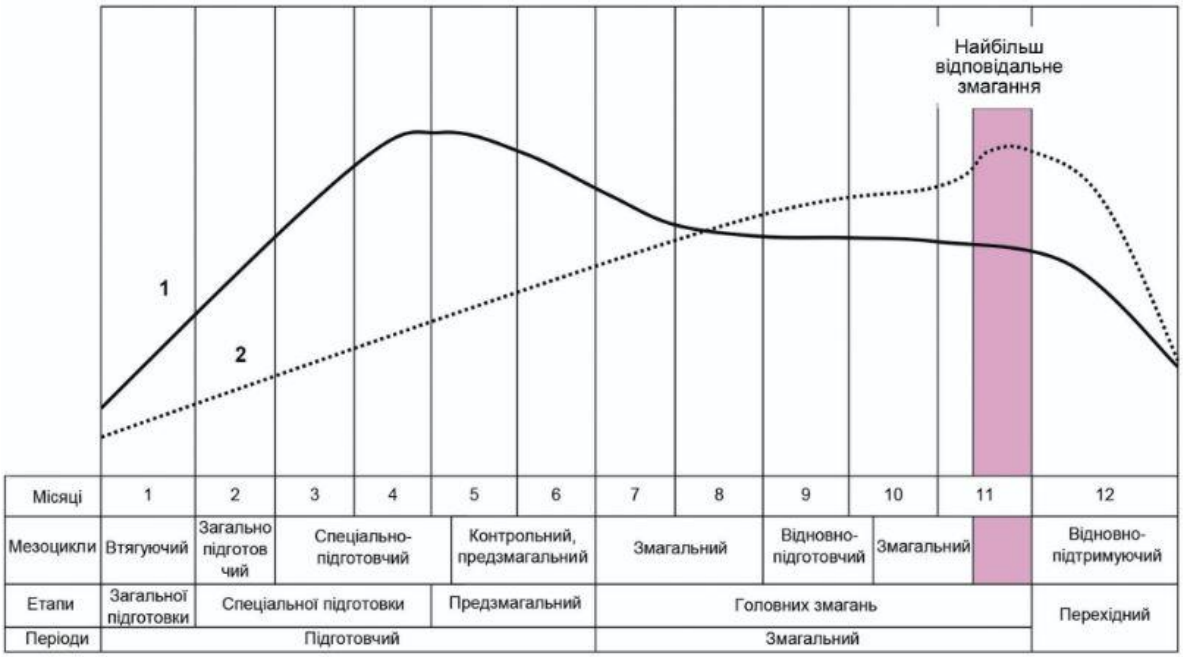


Рис. 5 Річний цикл підготовки кваліфікованих велосипедистів, які беруть участь в гонках на треку на етапі підготовки до вищих досягнень.

На рисунку 5 наведено схему тренування рухливості функціональних систем для застосування в першій половині підготовчого періоду річного циклу підготовки спортсменів які спеціалізуються в групових гонках на треку. Воно складається з розминки – рівномірна робота на рівні аеробного порогу (45-60 % від рівня ПАНО) основної частини, яка охоплює серії по 5 відрізків тривалістю 1 хв (100% від ПАНО) з періодами пасивного відпочинку тривалістю 1 хв (0 % від рівня ПАНО), між серіями застосовуються 5 хвилинні періоди активного відновлення (45-60% від рівню ПАНО). Заминка виконується з рівномірною інтенсивністю на рівні або нижче аеробного порогу (45-60 % від рівня ПАНО). Головна частина тренування полягає в тому, щоб часто змушувати функціональні системи організму включатися і виключатися забезпечуючи великий діапазон коливань рівню працездатності, що буде сприяти збільшенню швидкості розгортування аеробних систем енергозабезпечення.

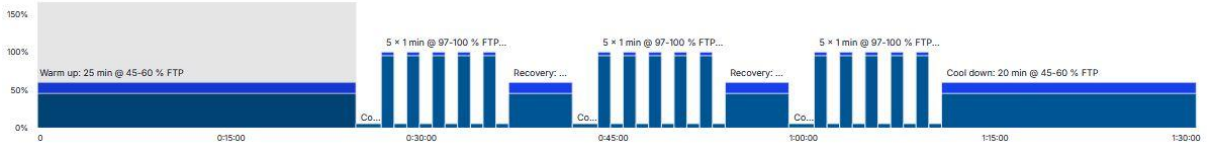


Рис. 6 Тренування рухливості для застосування у втягуючому, загальнопідготовчому та спеціальнопідготовчому мезоциклах річного циклу підготовки на базовому рівні.

На межі підготовчого та змагального періодів річного циклу підготовки пропонуємо використовувати модифіковане тренування рухливості функціональних систем, більш наближене до умов змагальної діяльності, але яке все ще не створює максимальний стрес для організму. Таке тренування є ідеальним для поступового переходу до застосування тренувань, що імітують змагальну діяльність. Від базового тренування воно відрізняється збільшеною тривалістю основної частини і додаванням до стандартних відрізків на рівні ПАНО, відрізків такої самої тривалості тільки з інтенсивністю що відповідає МСК (рис. 7).

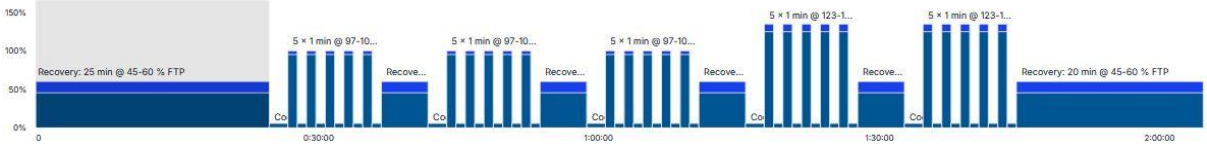


Рис. 7. Тренування рухливості з застосуванням інтенсивності на рівні максимального споживання кисню, для використання у спеціально-підготовчому та передзмагальному мезоциклах річного циклу підготовки.

У змагальному періоді річного циклу де метою є досягнення максимального результату, тренування рухливості модифікується ще раз шляхом додавання серій відрізків що відповідають специфіці обраної спеціалізації. Інтенсивність серії базується на потребах змагальної діяльності, наприклад, якщо під час більшості відрізків у ході гонки досягається потужність 800 Вт, тривалість яких становить до 20 с то і відрізки в тренуванні будуть тривалістю до 20 с та потужністю 800 Вт (рис. 8). Тренування буде компонуватися індивідуально згідно з рівнем підготовки і потреб спортсмена. Існує два варіанти використання тривалості відпочинку між прискореннями. Перший – стандартний з пасивним відпочинком (забезпечує більший стрес для організму), другий – з інтервалами активного

відпочинку на рівні аеробного порогу або нижчий (45-60 % від рівню ПАНО) (що забезпечує умови подібні до змагальних).

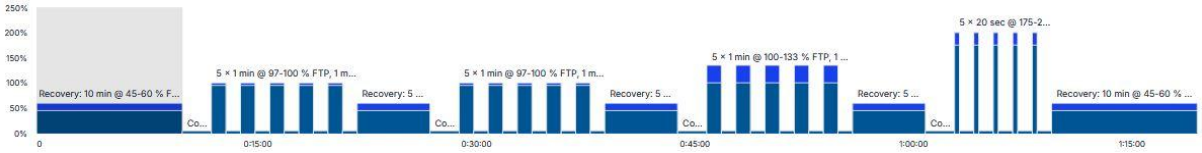


Рис. 8. Тренування рухливості з застосуванням інтенсивності що імітує умови змагальної діяльності (для спортсменів, які спеціалізуються в групових гонках), для використання у контрольному передзмагальному та змагальному мезоциклах річного циклу підготовки.

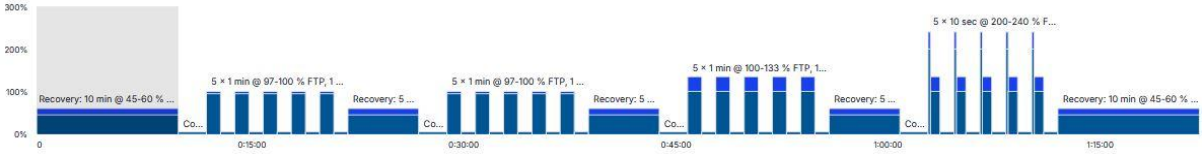


Рис. 9. Тренування рухливості з застосуванням інтенсивності що імітує умови змагальної діяльності (для спортсменів, які спеціалізуються в гонках переслідування), для використання у контрольному передзмагальному та змагальному мезоциклах річного циклу підготовки.

Для велосипедистів, які спеціалізуються в гонках переслідування відрізки будуть імітувати момент старту. Велика інтенсивність (300-400 % від рівню ПАНО) на перших 10 с відрізку, а потім утримання потужності на рівні МСК (120-130 % від ПАНО) протягом 50 с. (рис. 9.).

Висновки

1. На основі аналізу сучасних наукових джерел встановлено, що ключовими фізіологічними механізмами, які лімітують працездатність велосипедистів у гонках на треку, є: швидкість розгортання аеробних процесів (кінетика VO_2), рівні аеробного (VT1) та анаеробного порогів (VT2), вентиляційна ефективність (VE/VCO_2), здатність до підтримання стабільного кисневого транспорту та швидкість відновлення після інтенсивних відрізків. Висока рухливість аеробної системи визначає можливість спортсмена ефективно реагувати на часті зміни темпу, що характерні для трекових дисциплін з перемінною інтенсивністю.

2. Теоретично обґрунтовано структуру та зміст авторської методики розвитку рухливості аеробної системи, заснованої на змінно-інтервальному протоколі «1 хв роботи / 1 хв пасивного відпочинку». Доведено, що такий режим забезпечує максимальну амплітуду коливань споживання кисню («on/off dynamics»), сприяє прискоренню T_{50} — часу виходу на стабільний рівень VO_2, та мінімізує метаболічне закислення, що дозволяє тренувати функціональну мобільність аеробних процесів без надмірного навантаження на гліколітичні механізми.

3. Розроблено модель періодизації розвитку рухливості аеробної системи у річному макроциклі підготовки. На підготовчому етапі рекомендовано виконання інтервалів на рівні анаеробного порогу; у спеціально-підготовчому — включення відрізків на рівні VO_2max; у передзмагальному періоді — поєднання аеробних і супрамаксимальних інтервалів з тривалістю та потужністю, що імітують конкретну змагальну дисципліну. Така етапність забезпечує поступове нарощування адаптаційних можливостей і перенесення тренувального ефекту на реальні умови змагань.

4. Сформульовано практичні рекомендації щодо імплементації програми у тренувальний процес кваліфікованих велосипедистів. Ефективність методики забезпечується точним контролем інтенсивності за показниками потужності (Вт), регламентацією режимів роботи та відпочинку, а також моніторингом готовності спортсмена до навантажень за даними варіабельності серцевого ритму. Дотримання цих положень дозволяє індивідуалізувати тренувальні впливи, уникнути перевтоми та забезпечити оптимальний розвиток рухливості аеробної системи, що підвищує результативність у гонках на треку.

Результати дослідження мають важливе практичне значення для тренерів та спеціалістів з фізичної підготовки, оскільки окреслюють дієві способи оптимізації тренувального процесу з урахуванням сучасних підходів до індивідуалізації навантаження та моніторингу функціональних резервів спортсмена.

Перспективи подальших досліджень

Подальші дослідження мають бути спрямовані на розширення запропонованої методики шляхом перевірки її використанні в різних дисциплінах гонок на треку та серед спортсменів різного рівня кваліфікації. Важливо також дослідити довгострокові адаптації рухливості аеробної системи під впливом комплексних тренувальних засобів, що включають силові, технічні та тактичні компоненти. Особливу увагу слід приділити інтеграції моніторингу потужності в режимі реального часу та аналізу газообміну у процес контролю тренувань, що може підвищити рівень індивідуалізації навантажень. Подальші дослідження можуть бути також зосереджені на вивченні впливу рухливості аеробної системи на процеси відновлення, змагальну діяльність в умовах гіпоксії, а також на взаємозв'язок між аеробною реактивністю та стійкістю до втоми під час високоінтенсивних інтервальних навантажень.

Подяка та конфлікт інтересів. Автор висловлює подяку Національному університету фізичного виховання і спорту України та лабораторії функціональної діагностики $VO_2maxLab$ за організаційну підтримку дослідження.

Автор заявляє про відсутність конфлікту інтересів щодо публікації цієї статті. Дослідження проведено незалежно та не суперечить інтересам жодної державної, наукової чи комерційної установи.

Література

1. Бобровник В. І., Совенко С. П., Колот А. В. Легка атлетика: теорія і методика тренерської діяльності: підручник: у 2 кн. Київ: Олімпійська література, 2023. 416 с.
2. Міщенко В. С. Теоретико-методичні основи розвитку витривалості у спортсменів циклічних видів спорту. Київ: Олімпійська література, 2007. 308 с.
3. Лисенко О. М. Теоретико-методичні основи підготовки спортсменів до змагальної діяльності з урахуванням адаптаційних змін функціональних систем: дис. д-ра наук з фіз. виховання і спорту. Київ: НУФВСУ, 2005. 398 с.
4. Jeukendrup A. Training the Gut for Athletes. Sports Science Exchange. 2017. № 178. URL: https://www.gssiweb.org/en/sports-science-exchange/article/sse-178-training-the-gut-for-athletes
5. Konoval, Y., & Bobrovnyk, V. (2024). Influence of the mobility of the aerobic system on the sports results of qualified cyclists at the stage of preparation for higher achievements. *Scientific Journal of the Dragomanov Ukrainian State University. Series 15*, (6(179), 133-138. https://doi.org/10.31392/UDU-nc.series15.2024.6(179).25
6. Bassett D. R., Howley E. T. Limiting factors for maximum oxygen uptake and determinants of endurance performance. Medicine and Science in Sports and Exercise. 2000. Vol. 32(1). P. 70–84.
7. Helgerud J., Høydal K., Wang E. et al. Aerobic high-intensity intervals improve VO_2max more than moderate training. Medicine & Science in Sports & Exercise. 2007. Vol. 39(4). P. 665–671.
8. Aaron E. A., Seow K. C., Johnson B. D., Dempsey J. A. Oxygen cost of exercise hyperpnea: implications for performance. J Appl Physiol. 1992. № 72(5). P. 1818–1825.
9. Poole D. C., Jones A. M. Oxygen uptake kinetics. Comprehensive Physiology. 2012. № 2(2). P. 933–996.
10. Poole D. C., Burnley M., Vanhatalo A., Rossiter H. B., Jones A. M. Critical Power: An Important Fatigue Threshold in Exercise Physiology. Med Sci Sports Exerc. 2016. № 48(11). P. 2320–2334.
11. Dempsey J. A., Wagner P. D. Exercise-induced arterial hypoxemia. J Appl Physiol. 1999. № 87(6). P. 1997–2006.
12. Holloszy J. O. Muscle metabolism during exercise. Arch Phys Med Rehabil. 1982. № 63(5). P. 231–244.
13. Calbet J. A., Lundby C., Koskolou M., Boushel R. Importance of hemoglobin concentration to exercise: acute manipulations. Respir Physiol Neurobiol. 2006. № 151(2–3). P. 132–140.
14. Lundby, C., Robach, P., & Saltin, B. (2015). The evolving science of VO_2max: Controversies and future directions. *Journal of Physiology*, 593(1), 1–23.
15. Sloth M., Sloth D., Overgaard K., Dalgas U. Effects of sprint interval training on VO2max: a meta-analysis. Scand J Med Sci Sports. 2013. № 23(6). P. 341–352.
16. Henriksson J., Reitman J. S. Time course of changes in human skeletal muscle enzyme activities with physical activity. Acta Physiol Scand. 1977. № 99(1). P. 91–97.
17. Johnson B. D., Babcock M. A., Suman O. E., Dempsey J. A. Exercise-induced diaphragmatic fatigue in healthy humans. J Physiol. 1993. № 460. P. 385–405.
18. Jones A. M., Carter H. The effect of endurance training on parameters of aerobic fitness. Sports Med. 2000. № 29(6). P. 373–386.
19. LaManca J. J., Haymes E. M. Effects of iron repletion on VO_2max, endurance, and blood lactate in women. Med Sci Sports Exerc. 1993. № 25(12). P. 1386–1392.
20. Holloszy J. O., Coyle E. F. Adaptations of skeletal muscle to endurance exercise and their metabolic consequences. J Appl Physiol. 1984. № 56(4). P. 831–838.
21. Colombani P. C., Mannhart C. Ernährung im Sport. Ther Umsch. 2000. № 57(3). P. 110–120.
22. Coffey V. G., Hawley J. A. The molecular bases of training adaptation. Sports Med. 2007. № 37(9). P. 737–763.
23. Rønnestad B. R., Mujika I. Optimizing strength training for running and cycling endurance performance: A review. Scand J Med Sci Sports. 2014. № 24(4). P. 603–612.
24. Faria E. W., Parker D. L., Faria I. E. The science of cycling: physiology and training – part 1. Sports Med. 2005. № 35(4). P. 285–312.
25. Korotkikh A. V., Vakhnenko J. V., Kashtanov M. G. Some Topical Aspects of the “Sports Heart” Problem. Curr Probl Cardiol. 2023. № 48(10). P. 101.
26. Belviranli M., Okudan N. Well-Known Antioxidants and Newcomers in Sport Nutrition. In: Lamprecht M. (ed.). Antioxidants in Sport Nutrition. Boca Raton (FL): CRC Press, 2015. P. 105–128.
27. Mason S. A., Trewin A. J., Parker L., Wadley G. D. Antioxidant supplements and endurance exercise. Redox Biol. 2020. № 35. P. 101471.
28. Liao B., Zhao Y., Wang D., Zhang X. et al. Nicotinamide mononucleotide supplementation enhances aerobic capacity. J Int Soc Sports Nutr. 2021. № 18(1). P. 54.
29. Morillas-Ruiz J. M., Villegas García J. A., López F. J. et al. Effects of polyphenolic antioxidants on oxidative stress. Clin Nutr. 2006. № 25(3). P. 444–453.
30. Spurway N. C. Aerobic exercise, anaerobic exercise and the lactate threshold. Br Med Bull. 1992. № 48(3). P. 569–591.

References

1. Bobrovnyk V. I., Sovenko S. P., Kolot A. V. (2023). *Track and Field Athletics: Theory and Methodology of Coaching Activity*. Kyiv: Olympic Literature. [in Ukrainian].

2. Mishchenko V. S. (2007). Theoretical and Methodological Foundations of Endurance Development in Cyclic Sports. Kyiv: Olympic Literature. [in Ukrainian].

3. Lysenko O. M. (2005). Theoretical and methodological foundations of training athletes for competitive activity considering adaptive changes of functional systems (Doctoral dissertation). National University of Physical Education and Sport of Ukraine. [in Ukrainian].

4. Jeukendrup A. (2017). Training the Gut for Athletes. Sports Science Exchange, (178). Retrieved from https://www.gssiweb.org/en/sports-science-exchange/article/sse-178-training-the-gut-for-athletes

5. Konoval Yu. M. (2024). Aerobic System Mobility as a Factor of Performance in Qualified Track Cyclists at the Stage of Preparation for Higher Achievements. Sport Science Spectrum, 2, 43–51.

6. Bassett D. R., Howley E. T. (2000). Limiting factors for maximum oxygen uptake and determinants of endurance performance. Med Sci Sports Exerc, 32(1), 70–84.

7. Helgerud J., Hoydal K., Wang E., et al. (2007). Aerobic high-intensity intervals improve VO2max more than moderate training. Med Sci Sports Exerc, 39(4), 665–671.

8. Aaron E. A., Seow K. C., Johnson B. D., Dempsey J. A. (1992). Oxygen cost of exercise hyperpnea: implications for performance. J Appl Physiol, 72(5), 1818–1825.

9. Poole D. C., Jones A. M. (2012). Oxygen uptake kinetics. Comprehensive Physiology, 2(2), 933–996.

10. Poole D. C., Burnley M., Vanhatalo A., Rossiter H. B., Jones A. M. (2016). Critical Power: An Important Fatigue Threshold in Exercise Physiology. Med Sci Sports Exerc, 48(11), 2320–2334.

11. Dempsey J. A., Wagner P. D. (1999). Exercise-induced arterial hypoxemia. J Appl Physiol, 87(6), 1997–2006.

12. Holloszy J. O. (1982). Muscle metabolism during exercise. Arch Phys Med Rehabil, 63(5), 231–244.

13. Calbet J. A., Lundby C., Koskolou M., Boushel R. (2006). Importance of hemoglobin concentration to exercise: acute manipulations. Respir Physiol Neurobiol, 151(2–3), 132–140.

14. Lundby, C., Robach, P., & Saltin, B. (2015). The evolving science of VO_2max: Controversies and future directions. Journal of Physiology, 593(1), 1–23.

15. Sloth M., Sloth D., Overgaard K., Dalgas U. (2013). Effects of sprint interval training on VO2max: a meta-analysis. Scand J Med Sci Sports, 23(6), 341–352.

16. Henriksson J., Reitman J. S. (1977). Time course of changes in human skeletal muscle enzyme activities with physical activity. Acta Physiol Scand, 99(1), 91–97.

17. Johnson B. D., Babcock M. A., Suman O. E., Dempsey J. A. (1993). Exercise-induced diaphragmatic fatigue in healthy humans. J Physiol, 460, 385–405.

18. Jones A. M., Carter H. (2000). The effect of endurance training on parameters of aerobic fitness. Sports Med, 29(6), 373–386.

19. LaManca J. J., Haymes E. M. (1993). Effects of iron repletion on VO2max, endurance, and blood lactate in women. Med Sci Sports Exerc, 25(12), 1386–1392.

20. Holloszy J. O., Coyle E. F. (1984). Adaptations of skeletal muscle to endurance exercise and their metabolic consequences. J Appl Physiol, 56(4), 831–838.

21. Colombani P. C., Mannhart C. (2000). Nutrition in sport. Ther Umsch, 57(3), 110–120.

22. Coffey V. G., Hawley J. A. (2007). The molecular bases of training adaptation. Sports Med, 37(9), 737–763.

23. Rønnestad B. R., Mujika I. (2014). Optimizing strength training for running and cycling endurance performance: A review. Scand J Med Sci Sports, 24(4), 603–612.

24. Faria E. W., Parker D. L., Faria I. E. (2005). The science of cycling: physiology and training – part 1. Sports Med, 35(4), 285–312.

25. Korotkikh A. V., Vakhnenko J. V., Kashtanov M. G. (2023). Some Topical Aspects of the “Sports Heart” Problem. Curr Probl Cardiol, 48(10), 101.

26. Belviranli M., Okudan N. (2015). Well-Known Antioxidants and Newcomers in Sport Nutrition. In: Lamprecht M. (ed.). Antioxidants in Sport Nutrition. CRC Press. P. 105–128.

27. Mason S. A., Trewin A. J., Parker L., Wadley G. D. (2020). Antioxidant supplements and endurance exercise. Redox Biol, 35, 101471.

28. Liao B., Zhao Y., Wang D., Zhang X. et al. (2021). Nicotinamide mononucleotide supplementation enhances aerobic capacity. J Int Soc Sports Nutr, 18(1), 54.

29. Morillas-Ruiz J. M., Villegas García J. A., López F. J. et al. (2006). Effects of polyphenolic antioxidants on oxidative stress. Clin Nutr, 25(3), 444–453.

30. Spurway N. C. (1992). Aerobic exercise, anaerobic exercise and the lactate threshold. Br Med Bull, 48(3), 569–591.