DOI: https://doi.org/10.31392/UDU-nc.series15.2026.03k(203).67

Станкевич Л.Г.
кандидат наук з фізичного виховання і спорту, доцент,
Національний університет фізичного виховання і спорту України, м.Київ
Державний науково-дослідний інститут фізичної культури і спорту, м. Київ
https://orcid.org/0000-0002-8521-5363
Хмельницька Ю.К.
кандидат наук з фізичного виховання і спорту, доцент,
Національний університет фізичного виховання і спорту України, м. Київ
https://orcid.org/0000-0002-0231-1879
Тронь Р.А.
кандидат наук з фізичного виховання і спорту, доцент,
Національний університет фізичного виховання і спорту України, м. Київ
https://orcid.org/0000-0003-0307-2280

ВЗАЄМОЗВ'ЯЗОК МЕТАБОЛІЗМУ ТА ПЕРЕКИСНОГО ГЕМОЛІЗУ ЕРИТРОЦИТІВ, ЯК ЗАСІБ КОНТРОЛЮ ПЕРЕНОСИМОСТІ ТРЕНУВАЛЬНИХ НАВАНТАЖЕНЬ СПОРТСМЕНІВ

Проведення спеціального контрольного навантаження дозволяє оцінити функціональні та енергетичні можливості спортсменів спортивної ходьби, рівень метаболічної та функціональної реакції організму. Врахування отриманих даних показників дозволяє здійснити індивідуальну корекцію тренувального процесу. Метою роботи є дослідження деяких інформативних показників стану системи крові та їх взаємозв'язок із метаболізмом та функціональними можливостями спортсменів спортивної ходьби на етапі безпосередньої підготовки до змагань. Методи дослідження. Концентрацію лактату, сечовини та вміст гемоглобіну, гематокриту, та еритроцитів визначали ензиматичним методом на фотометрі LP-420 (Dr.Lange, Німеччина). Перекисна резистентність еритроцитів досліджувалася з використанням модифікованого методу [3]. Частота серцевих скорочень (ЧСС, уд хв$^{-1}$) реєструвалась за допомогою «Sport Tester Polar» (Фінляндія). Результати: Аналіз результатів отриманих даних дозволив виявити метаболічні особливості реакцій організму спортсменів спортивної ходьби на тестуюче навантаження 10 км. Висновки. Отримані дані свідчать про взаємозв'язок метаболічної реакції на навантаження з її фізіологічними характеристиками й становлять чималий інтерес у плані контролю динаміки цих показників на різних етапах спортивної підготовки для підвищення спеціальної витривалості та процесів відновлення спортсменів спортивної ходьби.

Ключові слова: *спорт, метаболізм, перекисний гемоліз еритроцитів, сечовина, лактат крові.*

Stankevych Liudmyla, Khmelnytska Yuliiaю, Tron Ruslan. The relationship between metabolism and peroxide hemolysis of erythrocytes as a means of monitoring athletes' tolerance to training loads. *Conducting a specific control load makes it possible to assess the functional and energy capacities of race-walking athletes, as well as the level of the body's metabolic and functional response. Taking the obtained indicator data into account makes it possible to carry out an individual adjustment of the training process. The aim of the study is to investigate certain informative indicators of the state of the blood system and their relationship with metabolism and the functional capacities of race-walking athletes at the stage of direct preparation for competitions. Research methods. The study involved 11 elite athletes (MS and IMSC; men and women) aged 19–30 years who specialize in race walking and were in the competitive period of the annual training cycle. Lactate and urea concentrations, as well as hemoglobin content, hematocrit, and erythrocyte count, were determined by an enzymatic method using an LP-420 photometer (Dr. Lange, Germany). A standard set of reagents from Dr. Lange (Germany) was used. Erythrocyte peroxide resistance was assessed using a modified method [3]. Heart rate (HR, beats·min $^{-1}$) was recorded using a Sport Tester Polar device (Finland).*

The obtained experimental data were processed using standard methods of variational statistics, applying Student's t*-test and calculating intrapair correlation coefficients with the aid of a computer program. Results: Analysis of the obtained data made it possible to identify metabolic features of the physiological responses of race-walking athletes to a 10 km test load. The analysis of the relationships among these variables enabled individualized adjustment of the body's metabolic state with the aim of increasing the athletes' level of special performance. Conclusions. The obtained data indicate a relationship between the metabolic response to exercise load and its physiological characteristics and are of considerable interest for monitoring the dynamics of these indicators at different stages of athletic preparation in order to enhance sport-specific endurance and recovery processes in race-walking athletes.*

Key words: sport, metabolism, peroxide hemolysis of erythrocytes, urea, blood lactate.

Постановка проблеми. Роль управління в різні періоди підготовки кваліфікованих спортсменів, в умовах інтенсивного зростання результатів у сучасному спорті, ефективне лише в тому випадку, якщо воно базується на результатах дослідження біологічної основи адаптаційних змін, які забезпечують переносимість значних тренувальних та змагальних навантажень. Такі наукові дослідження раціонально здійснювати з використанням системного підходу протягом макроциклу, який включає перехідний, підготовчий та змагальний періоди. І тому залучення якнайбільшої

кількості даних для пояснення того чи іншого стану спортсмена дозволяє контроль тренованості та перебіг відновних процесів [1; 2; 8].

Для знаходження потенціалу можливостей організму спортсмена та ефективних шляхів підвищення працездатності та прискорення відновлення при значних тренувальних та змагальних навантаженнях великого значення набуває вивчення процесів метаболічного та біологічного окислення. Так м'язова робота, яка вимагає значної розтрати енергії, що звільняється в результаті окислювальних процесів, супроводжується значною зміною активності активних форм кисню.

Аналіз літературних джерел. Так аналіз даних літератури свідчить [5], що при так званих «гострих» станах, які виникають під час тренувальних навантажень, і напряму пов'язані з об'ємними та значними інтенсивними навантаженнями у спортсменів виникає необхідність контролю [2]. Тому на підставі визначення малої кількості показників метаболізму, функціональних, є менш ефективним оскільки характер реакції кожного з них може бути при цьому неоднаковий, і відображати тільки більш досконалі шляхи пристосування [7]. Таким чином комплексний підхід який дозволяє підібрати методи, взаємодоповнюючі один одного, які найбільш повно розкривають функціональні можливості організму у зв'язку з впливом на них фізичних навантажень [2; 6].

Збільшення м'язової активності, як відомо, пов'язане зі значним збільшенням доставки та споживання м'язами кисню, а також підвищенням інтенсивності «роботи» компонентів дихального ланцюга мітохондрій та саркоплазматичного ретикулуму волокон скелетних м'язів та міокарда. Тому цілком логічно очікувати, що виконання фізичних навантажень може супроводжуватись значним посиленням метаболізму та генерації вільних радикалів [8].

Аналіз даних наукової літератури свідчить про те, що визначення показників стану системи крові у спортсменів має велике значення для оцінки впливу тренувальних та змагальних навантажень на функціональний стан організму. Серед таких показників на певну увагу заслуговує показник резистентності еритроцитарних мембран, стан яких залежить від особливостей внутрішньої середовища організму, що змінюється в умовах м'язової діяльності [3; 7].

Зокрема, біохімічна характеристика спеціальних контрольних тренувальних навантажень у підготовчому та змагальному періоді дозволяє судити про ступінь мобілізації та використання резервних можливостей організму, про спрямованість та ефективність використовуваних тренувальних впливів [1; 4].

Оскільки роль спеціального контролю зростає в підготовчий період, а також на етапі змагального періоду підготовки спортсменів, дана робота присвячена оцінці деяких показників метаболізму, функцій, а також взаємозв'язку цих показників з метою корекції термінового та відставленого тренувального ефекту навантажень, що використовуються.

Зв'язок із науковими темами. Дослідження проведено в межах наукових тем «Вплив ендогенних та екзогенних факторів на перебіг адаптаційних реакцій організму до фізичних навантажень різної інтенсивності» (номер держреєстрації 012U108187) та «Дослідження метаболічних зрушень та їх корекція за умов інтенсивних фізичних навантажень у кваліфікованих спортсменів пріоритетних видів спорту» (державний реєстраційний номер 0125U001057).

Метою роботи є дослідження деяких інформативних показників стану системи крові та їх взаємозв'язок із метаболізмом та функціональними можливостями спортсменів спортивної ходьби на етапі безпосередньої підготовки до змагань.

Методи та організація дослідження. Дослідження проведено на олімпійському навчально-спортивному центрі «Конча-Заспа» та на кафедрі медико-біологічних дисциплін Національного Університету фізичного виховання та спорту України за участю 11 спортсменів високого класу МС та МСМК (чоловіки та жінки) у віці 19-30 років, що спеціалізуються в спортивній ходьбі та перебувають у змагальному періоді річного циклу підготовки.

Концентрацію лактату, сечовини у капілярній крові визначали ензиматичним методом на фотометрі LP-420 (Dr.Lange, Німеччина). Вміст гемоглобіну, гематокриту, та еритроцитів використовували стандартний набір реактивів фірми Dr.Lange (Німеччина). Перекисний гемоліз еритроцитів (ПГЕ) досліджувалася з використанням модифікованого методу [3]. Частота серцевих скорочень (ЧСС, уд хв$^{-1}$) реєструвалась за допомогою «Sport Tester Polar» (Фінляндія). Отримані експериментальні дані обробляли стандартним методом варіаційної статистики з використанням t-критерію Стьюдента та з розрахунком коефіцієнтів внутрішньопарної кореляції за допомогою комп'ютерної програми.

Дослідження проведено відповідно до основних біоетичних норм Гельсінської декларації Всесвітньої медичної асоціації про етичні принципи проведення науково-медичних досліджень із поправками (2000, з поправками 2008), Універсальної декларації з біоетики та прав людини (1997), Конвенції Ради Європи з прав людини та біомедицини (1997). Проведення дослідження не суперечить нормам українського законодавства та відповідає вимогам Закону України «Про наукову і науково-технічну діяльність» від 26 листопада 2015 року № 848-VIII. Усі учасники були інформовані щодо цілей, організації, методів дослідження.

Виклад основного матеріалу дослідження. Отримані дані свідчать про те, що як показник резистентності еритроцитів перекисний гемоліз еритроцитів (ПГЕ), так і показники системи крові (еритроцити, гематокрит, гемоглобін), а також обмін білків та вуглеводів в організмі спортсменів спортивної ходьби у стані спокою та після виконання контрольної темпової роботи 10 км пов'язані між собою та відображають відставлені та довготривалі адаптаційні реакції. Визначаючи ці показники у період відновлення та порівнюючи їх з доробочим періодом, можна робити висновок про перебіг відновлювальних процесів у окремих спортсменів та давати відповідні рекомендації та, зокрема, щодо корекції АО стану за показником ПГЕ організму спортсменів. Використовуючи контроль показників метаболізму з урахуванням корекції цих систем можна спрямовано впливати на обмін речовин з метою створення оптимального метаболічного фону та підвищувати резистентність еритроцитів, забезпечуючи необхідний рівень фізичної

працездатності, перебігу відновлювальних процесів та стану здоров'я висококваліфікованих спортсменів з спортивної ходьби.

Під час дослідження де спортсмени виконували контрольне навантаження темпова робота 10 км аеробної енергетичної спрямованості відбулися значні зміни метаболізму. Зміни стосувалися насамперед лактату та сечовини крові, ПГЕ, еритроцитів (табл. 1).

Таблиця 1

Метаболічні показники реакції організму спортсменів з спортивної ходьби на контрольне навантаження 10 км, (n =11)

Показники	**До навантаження**	**Після навантаження 1 хв відновлення**	
Нв, г $л^{-1}$	145,56± 0,66	143,45± 1,00	
Еритроцити, х 10^{12}	4,54± 0,04	4,21± 0,48	
ПГЕ, %	4,09± 0,25	7,21± 0,49*	
Hct, %	41,87± 0,26	41,80± 0,40	
Показники	До навантаження	1 хв відновлення	3 хв відновлення
Лактат, ммоль $л^{-1}$	1,13 ± 0,01	7,80 ± 0,15*	5,34±0,34*
Показники	1 хв відновлення		3 хв відновлення
ЧСС, $уд^{-1}$	176± 0,75		106± 1,78
Показники	До навантаження	3 год відновлення	14 год відновлення
Сечовина, ммоль $л^{-1}$	4,67± 0,41	6,46±1,12*	5,71± 0,09

* - відмінності достовірності відносно показника у стані спокою представників спортивної ходьби ($p<0,05$)

Наслідком змін ПГЕ після навантаження (табл.1) може бути зниження вмісту еритроцитів і гемоглобіну в крові. Виявлений факт збільшення гемолізу еритроцитів може підвищувати проникність еритроцитів, і зменшувати їх резистентність, що зумовлює нестабільність еритроцитарних мембран, наслідком чого може бути виявлене нами зниження вмісту гемоглобіну в крові після навантаження.

Показник гематокрит (Hct) крові перебував в межах фізіологічної норми.

Так для спортсменів спортивної ходьби контрольна робота виконується в зоні близько максимальної потужності. Накопичення лактату (показник максимальної аеробної потужності), що фіксується на 1-хвилин відновлення, суттєво варіювало індивідуально у досліджуваних спортсменів спортивної ходьби і склав від 4,3 до 10.0 ммоль $л^{-1}$ (рис. 1). Це може бути обумовлено, зокрема, різною кваліфікацією обстежуваних, нижчими можливостями жінок-спортсменок, що входять до контингенту обстежуваних, різним функціональним станом спортсменів.

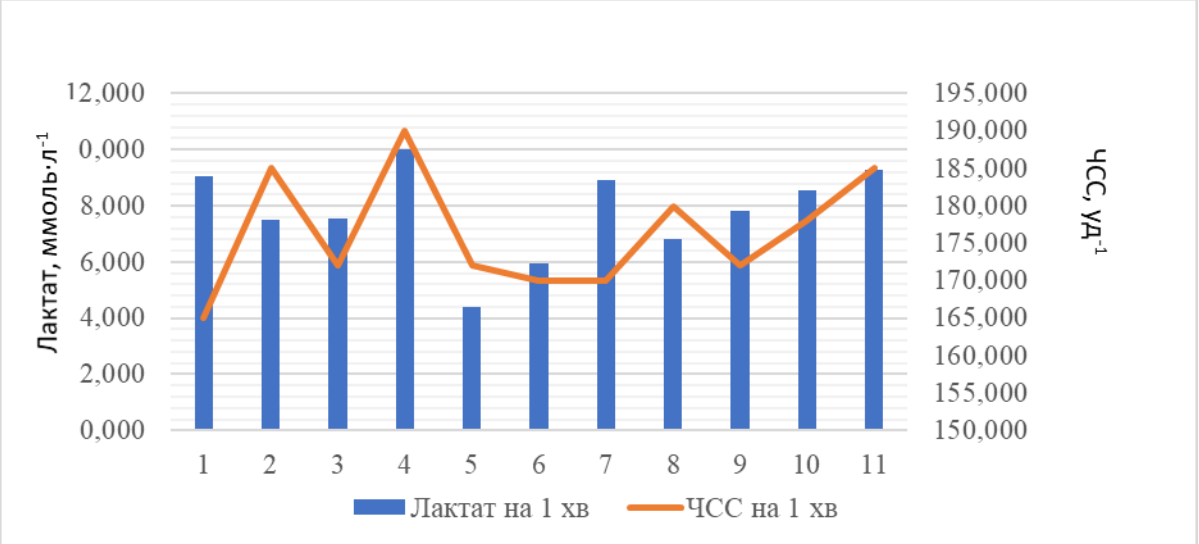


Рис. 1. Динаміка концентрації лактату в крові та ЧСС на 1 хв відновлювального періоду після контрольно-тестуючого навантаження 10 км спортсменів спортивної ходьби, n=11

Отримані середні значення (табл.1) лактату в крові на першій хвилині відновлення відповідали значенням для цього виду спорту та етапі підготовки кваліфікації спортсменів.

У деяких спортсменів відзначався затяжний вихід лактату в кров, і на 3 хв спостерігалось підвищена концентрація цього показника. Але у більшості спортсменів з спортивної ходьби відзначалася помірна утилізація лактату, що може свідчити про середній стан тренованості (рис. 2).

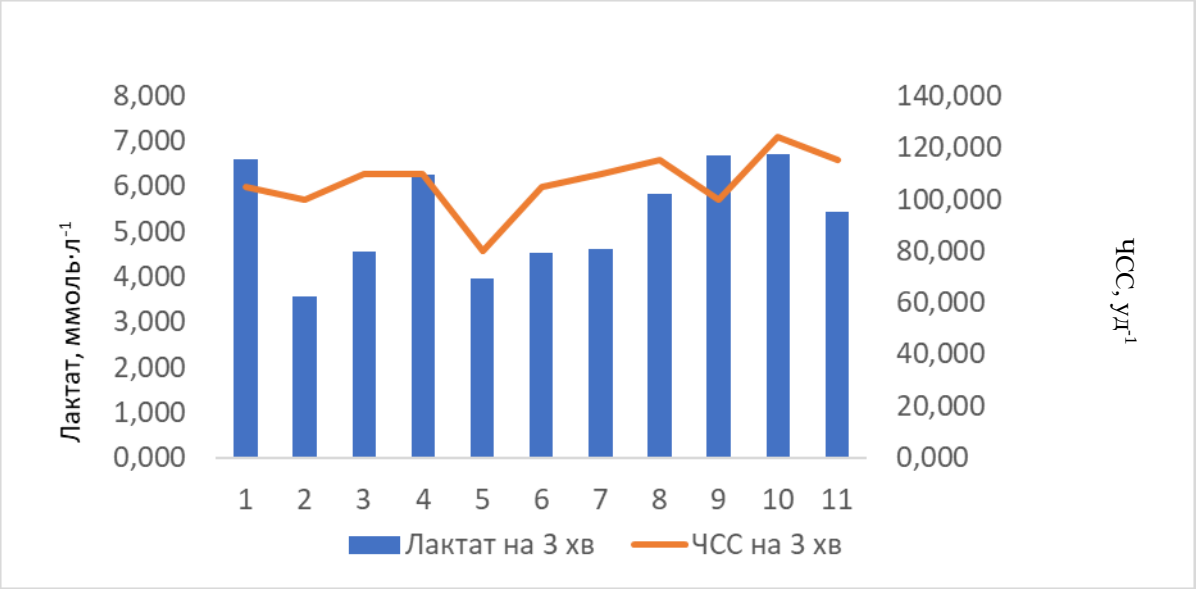


Рис. 2. Динаміка концентрації лактату в крові та ЧСС на 3 хв відновлювального періоду після контрольно-тестуючого навантаження 10 км спортсменів спортивної ходьби, n=11

Дослідження контрольної роботи, яка виконувалась з високою інтенсивністю функціональний показник ЧСС в середньому склав на 1 хв 176 уд·хв$^{-1}$ та 106 уд·хв$^{-1}$ на 3 хв відновлення відповідно. Отримані середні значення (табл.1) за ЧСС відповідали значенням для цього виду спорту та етапу підготовки кваліфікації спортсменів. За індивідуальними результатами у 3-х спортсменів спостерігалось більш значне сповільнення відновлення ЧСС (рис. 2). Останнє супроводжується більшою емоційністю та напруженістю серцево-судинної системи, і це характеризує недостатню підготовленість спортсменів.

Наступним нашим показником було визначення рівня сечовини в крові після подолання контрольної роботи 10 км через 3 год та 14 год відновлення. Так, в стані спокою до навантаження сечовина крові склала в середньому 4,67±0,41 ммоль л$^{-1}$, такий стан відповідав нормі для змагального періоду, і був в фізіологічних межах.

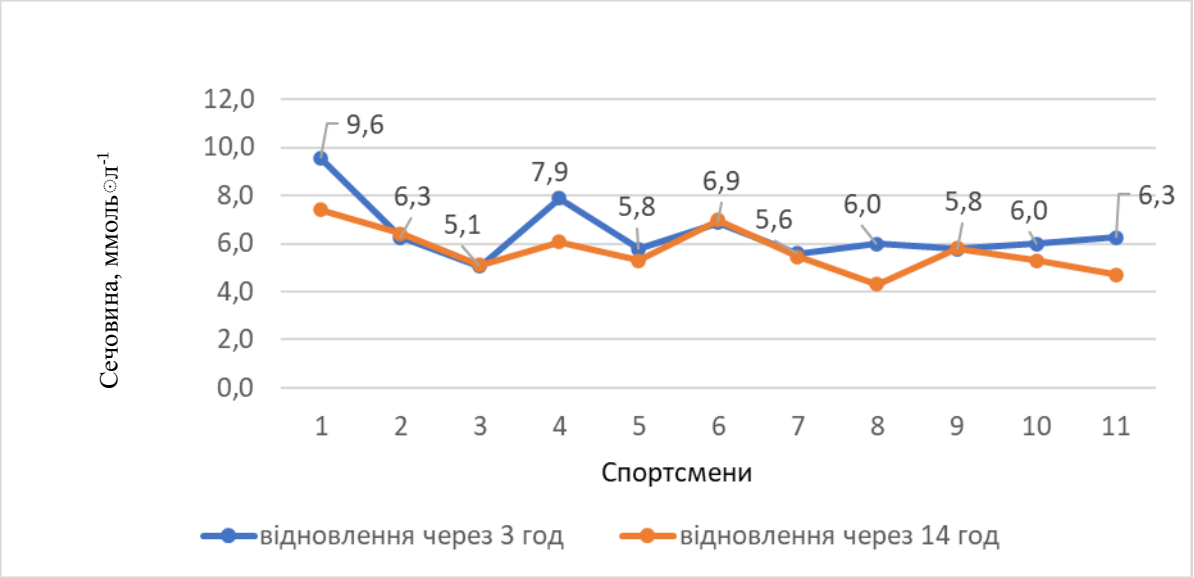


Рис. 3. Динаміка сечовини крові на 3 год та 14 год відновлювального періоду після контрольно-тестуючого навантаження 10 км спортсменів спортивної ходьби

Значний приріст сечовини спостерігається коли спортсмени в одному мезоциклі протягом двох мікроциклів виконують великий обсяг тренувальної роботи. Індивідуальна реакція на такі тренувальні навантаження за показником сечовина крові може виявити їх переносимість і отримати уявлення про функціональний стан спортсмена.

Нами було проведено дослідження вмісту сечовини в різні терміни після закінчення спеціальної контрольної роботи 10 км (рис. 3). У деяких спортсменів через 3 год після роботи вміст сечовини в крові значно зростав, і склав від 6,99 до 9,60 ммоль$^{-1}$, а через 14 год відновлення залишався підвищеним у трьох спортсменів. Можна зробити висновок, що процеси відновлення метаболізму білків у цих спортсменів був сповільненим. Найбільш сприятлива динаміка відновлення метаболічних процесів відмічається у спортсменів, у яких вміст сечовини відповідає стану спокою, або збільшується до 5,0-6,0 ммоль·л$^{-1}$.

Проведений кореляційний аналіз отриманих даних показав незначний взаємозв'язок між такими показниками метаболізму: вмістом еритроцитів та Hct (r=0,484), ЧСС на 1 хв та еритроцитами (r=0,401), сечовина крові на 3 год та еритроцитами (r=0,419), потужності навантаження (час, хв) та ПГЕ (r=-0,401), а також більш значимий кореляційний взаємозв'язок між вмістом лактату в крові на 3 хв та еритроцитами (r=0,596), лактату на 1 хв та Hb (r=0,520), потужності навантаження (час, хв) та Hb (r=-0,619, p<0,05), лактату на 1 хв та лактату крові на 3 хв (r=0,560), ЧСС 3 хв та лактату на 1 хв (r=0,656), ЧСС 3 хв та лактату на 3 хв (r=0,508), потужності навантаження (час, хв) та сечовина крові на 14 год (r=-0,505, p<0,05), сечовина крові на 3 год та сечовина крові на 14 год (r=0,673, p<0,05) (Таблиця 2).

Таблиця 2

Коефіцієнти кореляції між показниками метаболізму до та після навантаження 10 км спортсменів спортивної ходьби, n=11

	Hct	Еритр	Hb	ПГЕ	La/1 хв	ЧЧС/ 1 хв	La/ 3 хв	ЧСС / 3 хв	Urea/ 3 год	Urea/ 14 год	Час, хв
Hct		0,484									
Еритр							**0,596**				
Hb					**0,520**						**-0,619**
ПГЕ											
La/1 хв											
ЧСС/ 1 хв		0,401									
a/ 3 хв					**0,560**						
ЧСС/ 3 хв					**0,656**		**0,508**				
Urea/ 3 год		0,419								**0,508**	
Urea/ 14 год									**0,673**		
Час, хв				-0,401						**-0,505**	

Всі ці показники відображають відставлені та довготривалі адаптаційні реакції з різних видів обміну речовин (білковому та вуглеводному) та стані проникності мембран еритроцитів.

З отриманих даних випливає, що підвищення лактату в крові пов'язане з підвищенням вмісту сечовини крові, що може різнобічно відбивати перебіг процесів відновлення в організмі за показниками метаболізму.

Найбільш характерним є тісний взаємозв'язок між показниками потужності навантаження (час, хв) та Hb (r=-0,619, p<0,05), потужності навантаження (час, хв) та сечовина крові на 14 год (r=-0,505, p<0,05), а також сечовиною крові на 3 год та 14 год (r=0,673, p<0,05) відновлення.

Зокрема, дані наукової літератури свідчать про те, що сечовина крові під впливом значних стресових впливів підвищується не відразу після закінчення дії стресових агентів, а в пізніші терміни, а тому може розглядатися і бути як показник термінових, так і відставлених адаптаційних реакцій на вплив фізичних навантажень. Контроль цього показника у віддалені періоди відновлення може бути показником перебігу відновлювальних процесів, що свідчить стан відновлення.

Проте, між вмістом гемоглобіну крові після проходження контрольної роботи 10 км виявлено значимий негативний кореляційний взаємозв'язок (r=-0,619, p<0,05). Таким чином, чим вищий внесок гемоглобіну крові під час навантаження 10 км, тим економніше аеробне енергозабезпечення спортсменів, і вищий рівень спеціальної працездатності.

Висновки. Стан тренованості висококваліфікованих спортсменів спортивної ходьби залежить від стану системи метаболізму і гемодинамічних характеристик. Проводячи моніторинг тренувального процесу з використанням низки біохімічних методів досліджень, можна здійснювати корекцію метаболізму та функцій з метою зростання спортивних результатів.

Отримані дані свідчать про взаємозв'язок метаболічної реакції на навантаження з її фізіологічними й потужностними характеристиками становлять чималий інтерес у плані контролю динаміки цих показників на різних етапах спортивної підготовки спортсменів спортивної ходьби.

Література

1. Андрущенко Ю.М. Легка атлетика: підручник. Київ: НУФВСУ, 2023. 529 с.

2. Бурла О.М., Возний А.П., Сергієнко В.М. Легкоатлетичне семиборство жінок : навчальний посібник. Суми: СумДУ, 2021. 301 с.

3. Станкевич Л.Г., Земцова І.І., Хмельницька Ю.К., Вдовенко Н.В., Краснова С.П., Тронь Р.А. Участь антиоксидантної системи в процесах адаптації організму спортсменів при напруженій м'язовій діяльності. *Спортивна наука та здоров'я людини Університету ім. Бориса Грінченка*. № 1 (9), 2023. С. 126-139.

4. Хмельницька Ю.К., Станкевич Л.Г., Земцова І.І. Можливості використання лактату крові в процесі фізіологічного тестування веслярів на байдарках і каное під час загальнопідготовчого етапу підготовчого періоду : *Phisical culture and sports in the european educational space. Wloclawek. Republic Poland*. Juli 9–10. 2021. С. 94-97.

5. Khmelnytska Y., Stankevych L., Zemtsova I., Tron R., Krasnova S., Ephanova V., Khurtyk D. Physiological and metabolic effects of using interval training loads by athletes specializing in race walking in different training periods. *Health, Sport, Rehabilitation* 2024. V.10. No. 1. P 3 P 39-48.
DOI: https://doi.org/10.58962/HSR.2024.10.1.39-51.

6. Lehninger A., New York., Freeman W.H. *Principles of Biochemistry. and Company.* 2013. 1010 p.

7. Stankevich L., Zemtsova I., Khmelnitska Y., Vdovenko N., Osipenko A., Krasnova S., Lulvychenko O. and Moroz Y. Correction of Endurance Training and Competitive Aktivities of Atletes bi Determing the Blood Urea Content. *Sport Mont*, Vol. 19 (2021) 52. P 3-15. DOI: 10.26773/smj.210922.

8. Zemtsova I., Stankewic L., Khmelnitskaja J., Vdovenko N., Dolgopolova V., Krasnova S., Ludvichenko O. Efficiency of using a range of biologicalty active additiveves for middle distance runnes. *Journal of Physical Education and Sport*, vol. 20, art. 75. 2020, P. 505510. DOI:10.7752/jpes.2020.s1075.

References

1.Andrushchenko, Yu. M. (2023). *Lehka atletyka* [Track and field athletics]. Natsionalnyi universytet fizychnoho vykhovannia i sportu Ukrainy.

2.Burla, O. M., Voznyi, A. P., & Serhiienko, V. M. (2021). *Lehkoatletychne semyborstvo zhinok* [Women's heptathlon in track and field]. SumDU. (in Ukrainian).

3.Stankevych, L. H., Zemtsova, I. I., Khmelnytska, Yu. K., Vdovenko, N. V., Krasnova, S. P., & Tron, R. A. (2023). Uchast antyoksydantnoi systemy v protsesakh adaptatsii orhanizmu sportsmeniv pry napruzhenii miazovii diialnosti [Participation of the antioxidant system in adaptation processes of athletes' bodies under intense muscular activity]. *Sportyvna nauka ta zdorovia liudyny Universytetu imeni Borysa Hrinchenka, 1*(9), 126–139. (in Ukrainian).

4.Khmelnytska, Yu. K., Stankevych, L. H., & Zemtsova, I. I. (2021). Mozhlyvosti vykorystannia laktatu krovi v protsesi fiziolohichnoho testuvannia vesliariv na baidarkakh i kanoe pid chas zahalnopidhotovchoho etapu pidhotovchoho periodu [Possibilities of using blood lactate in physiological testing of kayak and canoe rowers during the general preparatory stage of the preparatory period]. In *Physical culture and sports in the European educational space* (pp. 94–97). Wloclawek, Republic of Poland. (in Ukrainian).

5.Khmelnytska, Yu.K., Stankevych, L.H., & Zemtsova, I.I. (2021). Mozhlyvosti vykorystannia laktatu krovi v protsesi fiziolohichnoho testuvannia vesliariv na baidarkakh i kanoe pid chas zahalnopidhotovnoho etapu pidhotovnoho periodu [Possibilities of using blood lactate in the process of physiological testing of kayak and canoe rowers during the general preparatory stage of the preparatory period]. *In Physical culture and sports in the european educational space* (pp. 94–97). Wloclawek: Republic Poland (in Ukrainian).

5. Khmelnytska, Y., Stankevych, L., Zemtsova, I., Tron, R., Krasnova, S., Ephanova, V., & Khurtyk, D. (2024). Physiological and metabolic effects of using interval training loads by athletes specializing in race walking in different training periods. *Health, Sport, Rehabilitation*, 10(1), 39–48. DOI: https://doi.org/10.58962/HSR.2024.10.1.39-51 (in Ukrainian).

6. Lehninger, A., & Freeman, W.H. (2013). Principles of Biochemistry. New York: Company [in English].

7. Stankevych, L., Zemtsova, I., Khmelnytska, Y., Vdovenko, N., Osypenko, A., Krasnova, S., Ludvychenko, O., & Moroz, Y. (2021). Correction of Endurance Training and Competitive Activities of Athletes by Determining the Blood Urea Content. *Sport Mont*, 19(52), 3–15. DOI: 10.26773/smj.210922 [in English].

8. Zemtsova, I., Stankevych, L., Khmelnytska, J., Vdovenko, N., Dolgopolova, V., Krasnova, S., & Ludvichenko, O. (2020). Efficiency of using a range of biologically active additives for middle distance runners. *Journal of Physical Education and Sport*, 20(75), 505-510. DOI: 10.7752/jpes.2020.s1075 [in English].

Стаття надішла до редакції / Received 02.03.2026
Прийнята до друку / Accepted .17.03.2026
Опубліковано / Published 25.03.2026