

**ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ЗМІН ЛАКТАТУ І СЕЧОВИНИ
У СЕЧІ СПОРТСМЕНІВ-ЛУЧНИКІВ ЗА РІЗНОГО ФІЗИЧНОГО
ТА ПСИХОЛОГІЧНОГО НАВАНТАЖЕННЯ**

М. Сибіль¹, Я. Свищ¹, Б. Виноградський¹, М. Бура², Р. Первачук¹

*¹Львівський державний університет фізичної культури
імені Івана Боберського*

вул. Костюшка, 11, Львів 79007, Україна

²Львівський національний університет імені Івана Франка

вул. Грушевського, 4, Львів 79005, Україна

e-mail: marta.bura@lnu.edu.ua

Підготовка кваліфікованих спортсменів включає, крім фізичних тренувань, також вдосконалення психологічного стану, спрямованого на формування у спортсмена стану готовності до змагальної діяльності. Зважаючи на це, актуальними є пошуки неінвазивних методів оцінки моніторингу фізичної та психологічної діяльності спортсменів. Розуміння цього стану може допомогти створенню методів та засобів для адаптації до екстремальних умов такої діяльності. Згідно з теорією «засмічення», втома – це понаднормове нагромадження різних метаболітів (зокрема, молочної кислоти, сечовини тощо) у біологічних рідинах організму. Тому дослідження було спрямоване на оцінку впливу спеціалізованої методики аутотренінгу за різних психологічних (тренувальні та офіційні змагання) та фізичних (до та після фізичного навантаження) станів на зміни екскреції метаболітів сечі спортсменів-лучників.

У дослідженні взяли участь 16 спортсменів-юнаків (5 МС зі стрільби з лука та 11 спортсменів КМС). Спортсменів рандомно розподілено за віком та кваліфікацією на дві групи: контрольну (займалися за стандартним протоколом) та експериментальну (додатково застосовували методику аутотренінгу). Дослідження проводили за різних фізичних (перед і після тренування) та психологічних (тренувальні (етап спокій) та офіційні змагання (етап старт)) умов. Предметом біохімічного моніторингу були метаболіти лактат і сечовина, які визначали у відібраних згідно з протоколом зразках сечі лучників до та після виконання фізичних навантажень під час регулярних тренувань та офіційних змагань.

Концентрація молочної кислоти, як і сечовини, у сечі лучників під час тренувальних зборів спортсменів після виконання фізичного навантаження звичного типу не змінювалася. Тобто застосування методики аутотренінгу під час звичайних тренувальних зборів не впливає на нагромадження в сечі досліджуваних метаболітів, що, ймовірно, обумовлено короткотривалим застосуванням самої методики. За допомогою дисперсійного аналізу встановлено, що зміни концентрації молочної кислоти у сечі обумовлені в основному фізичним (80 %) і психологічним (3,6 %) навантаженням спортсменів, а сечовини – неврахованими чинниками (в середньому 88,8 %).

На етапі офіційних змагань після систематичного застосування методики аутотренінгу концентрація лактату достовірно знижувалась на $9,7 \pm 0,4$ % ($p > 0,95$) у сечі лучників порівняно з контрольною групою після виконання звичного фізичного навантаження (вправ). За умов Старту зміни концентрації молочної кислоти у сечі спортсменів залежать в основному від застосування методики аутотренінгу (68,2 %) та психологічного (6,4 %) навантаження лучників. Слід зазначити, що частка впливу

неврахованих чинників для обох груп спортсменів була помірною та становила в середньому 20,4 %. Рівень сечовини достовірно не змінювався після виконання спортсменами обох груп фізичного навантаження, як під час тренувальних зборів, так і під час офіційних змагань, а також не залежав від застосування спортсменами методики аутотренінгу.

Ключові слова: молочна кислота, сечовина, лучники, аутотренінг, тренування, змагання

Одним із вирішальних чинників успіху і результативності спортсмена за відносно однакових рівнів фізичної та техніко-тактичної підготовленості [2, 7, 16] є його психічна готовність до змагань, яка формується в процесі індивідуальної психологічної підготовки особи [10]. Психічні якості спортсмена спрямовані на адекватну цим психологічним умовам саморегуляцію власних дій, думок, почуттів, поведінки в цілому [34, 38], що пов'язані з розв'язанням окремих змагальних завдань та ведуть до досягнення поставленої мети. Зважаючи на це, психологічна підготовка спрямована на формування у спортсмена стану готовності до змагальної діяльності та на створення методів і засобів для адаптації до екстремальних умов такої діяльності [18]. Це зумовлено, з одного боку, винятковістю умов змагань, а з іншого – неповторністю, індивідуальністю особистості самого спортсмена [15]. У сфері спорту існує стійкий інтерес до поведінкових стратегій спортсменів, в тому числі у стрілецьких видах спорту, тому дослідження психосоціальних характеристик кваліфікованих лучників є досить актуальною темою.

Одним з рекомендованих методів управління та правильної організації психологічної підготовки спортсменів є методика підвищення рівня психологічної готовності [1, 15]. Аутогенний та ідеомоторний метод за відповідної організації в кожному виді спорту [1, 2] може істотно підвищити «м'язову витривалість», спортивну працездатність та сприяти збереженню техніки складних вправ після перерви в тренуваннях [13, 18, 34]. Ідеомоторика ефективна за психорегуляції емоційних станів спортсменів перед змаганнями.

Сеча є важливою біологічною рідиною організму, яку легко отримати неінвазивним шляхом. Аналіз сечі надає інформацію про стан метаболізму організму спортсмена та функціонування видільної системи нирок, що важливо для діагностики різних метаболічних захворювань [35], а також для оцінки стану тренуваності та витривалості спортсменів. До основних метаболітів сечі у нормі залучають сечовину, креатинін, молочну кислоту, продукти вільнорадикального окиснення [8, 9] та низку неорганічних солей. Зокрема, взаємозв'язок між фізичними вправами та окислювальним стресом надзвичайно складний і залежить від режиму, інтенсивності та тривалості фізичних вправ [8, 29]. Однак тканнна гіпоксія та різні патологічні стани організму призводять до значного підвищення продукції метаболітів і їхнього нагромадження в сечі через порушення транспорту чи ескреції.

Цілком відмінну картину нагромадження метаболітів виявлено у біологічних рідинах організму спортсменів. Вимірювання рівнів метаболітів у біологічних зразках спортсменів у різні часові проміжки після виконання фізичних вправ та під час психологічних навантажень надає інформацію щодо метаболічних змін фізіологічного стану їхнього організму. Wang L. та співавтори (2021) спостерігали збільшення окремих проміжних метаболітів циклу трикарбонових кислот у плазмі крові аматорів-бігунів Бостонського марафону (2-4-кратне збільшення для фумарату, лактату, малату та сукцинату), з більш помірним збільшенням цитрату/ізоцитрату та без змін для α -кетоглутарату [35]. Метаболіти, які сильно корелюють з параметрами фізичної форми, були виявлені у бігунів, які проходили інтенсивне фізичне тренування та марафонський біг. Stander та

співавтори (2018) довели, що концентрації проміжних продуктів циклу трикарбонових кислот та кетонів у сироватці крові підвищилися у бігунів саме після марафону, тоді як рівні амінокислот, навпаки, були занижені [32].

Науковці уже описували збільшення лактату під час виконання фізичних вправ різної інтенсивності у організмі спортсменів та волонтерів (нетренованих осіб) [11, 27]. Встановлено, що при збільшенні питомої ваги анаеробного процесу в організмі підвищується концентрація лактату в крові спортсменів найвищого рівня з веслування, велоспорту та тхеквондо [9], сечовини у лучників [22] та концентрація обидвох метаболітів у плазмі крові та секреті потових залоз елітних регбістів-аматорів [5]. У дослідженні Ніх С. та співробітників (2021) було виявлено, що концентрація молочної, яблучної та 2-оксоглютарової кислот, проміжних продуктів циклу трикарбонових кислот, значно підвищується під час фізичних вправ (бігу) у крові волонтерів (без фізичної підготовки) як жіночої, так і чоловічої статі. Через 30 хв після закінчення фізичного навантаження концентрація лактату знизилася до концентрації, близької до номінальної [23]. Цей висновок відповідає результатам, отриманим раніше в дослідженнях Stander Z. та співавторів [32].

За змінами концентрації молочної кислоти у тканинах та біологічних рідинах визначають анаеробну частку енергетичного обміну, а за змінами сечовини – ступінь переносимості та витривалості спортсменів до різного типу фізичних навантажень аеробної спрямованості [1]. Визначення концентрації лактату та сечовини в плазмі крові є традиційним методом виявлення патологічних змін організму. Проте цей інвазивний метод створює додатковий психологічний стрес для спортсменів та чинить фізичні перешкоди в процесі реалізації завдань під час підготовки чи покращення результатів змагань. Саме тому неінвазивне визначення зазначених метаболітів (під час екскреції їх зі сечею) є оптимальним методом біохімічного моніторингу діяльності спортсменів лучників та їхнього психологічного стану.

Мета даної роботи полягала у аналізі впливу спеціалізованої методики аутотренінгу за різних психологічних та фізичних станів та кількісній оцінці впливу чинників фізичного та психологічного навантаження на зміни екскреції метаболітів у сечі спортсменів-лучників.

Матеріали та методи

Учасники. В експериментальному дослідженні взяли участь 16 спортсменів-юнаків (5 майстрів спорту (МС) та 11 кандидатів у майстри спорту (КМС)), вік яких становив 19–22 роки (середній вік $M=19,8\pm 0,27$). Стаж занять спортом усіх учасників експерименту становив 5–7 років. Згідно з правилами біоетики, спортсмени надали письмову згоду щодо участі в експериментальних дослідженнях. Спортсмени також зобов'язані забезпечити відповідний стан здоров'я, без травм, больового синдрому та прийому постійних ліків.

Для визначення ефективності методики аутотренінгу спортсменів поділено на дві групи (експериментальну та контрольну, $n=8$), які сформовані випадковим чином. Величини основних параметрів, а саме вік, кваліфікація (рівень поточної спортивної результативності), спеціальна підготовленість (рівень силової витривалості та статичної стійкості) у спортсменів-лучників початкової, а також в утворених експериментальній та контрольній групах, не мали статистично значущих різниць ($p\geq 0,95$). Отримані вибірки характеризувалися нормальним розподілом розсіювання зазначених основних параметрів під час розрахунку середньоквадратичних відхилень. Після рандомізації до експериментальної групи потрапило 2 лучники МС і 6 КМС, а до контрольної – 3 МС і 5 КМС, однак середній результат у праві 70×2 був 614 ± 3 очка в обох вибірках.

Перед кожним тренуванням спортсмени експериментальної групи застосовували запропоновану методику аутотренінгу. Дослідження тривали з вересня по березень і проходили в два етапи. На першому етапі (умовно позначено етап спокій) досліджували біохімічні показники упродовж тренувального навантаження звиклого типу за умов доведення здобутих навичок до автоматизму. Другий етап досліджень (умовно позначено етап старт) – це змагальні навантаження, які проведено під час офіційних змагань різного рівня.

Дослідження проводили на базі кафедри стрільби та технічного спорту й кафедри біохімії та гігієни Львівського державного університету фізичної культури імені Івана Боберського. Психолого-педагогічний експеримент полягав у впровадженні аутотренінгової спеціалізованої методики регуляції психологічних станів лучників [1]; проводили упродовж 2 місяців. Спеціалізована методика підвищення рівня психологічної підготовленості лучників (методика аутотренінгу) включає концентрацію уваги на кожному елементі техніки та характері емоційного переживання спортсмена під час виконання пострілу з лука [1]. Застосування методики аутотренінгу полягало в тому, що перед кожним тренуванням спортсмени-лучники спочатку виконують заспокійливу частину (в одному з положень: лежачи на спині, напівлежачи в м'якому кріслі або в позі кучера). Після першої частини аутотренінгу лучники переходили до виконання іммобілізуючої частини психорегуляторного тренування. Потім спортсмени розпочинали стрільбу і перед самим пострілом (в положенні стоячи) застосовували 3 частину ідеомоторної підготовки. Спортсмен закриває очі і чітко уявляє собі схему правильного пострілу. І лише після ідеомоторної підготовки та прокручування елементів пострілу відбувається бойовий постріл.

Біохімічний аналіз. Сеча є важливою рідиною організму, яку легко отримати неінвазивним шляхом, що надає цінну інформацію для діагностики різних метаболічних захворювань [35]. Біохімічне обстеження лучників також проводили в два етапи під час тренувальних навантажень (спокій) та офіційних змагань (старт) перед та після фізичних навантажень. Відбір зразків біологічної рідини (сечі) проводили під час відносного спокою спортсмена після кожної конкретної події; відбір зразків був ідентичний на двох досліджуваних етапах. Концентрацію лактату в сечі визначали за кольоровою реакцією Штрёма [6], а сечовину [19, 24] – колориметричним методом.

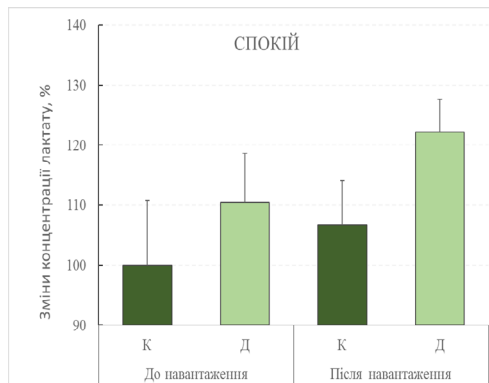
Статистичний аналіз. Для кожного параметра оцінювали середні значення (M), стандартну помилку середнього (m) та стандартні відхилення (σ), які визначали за допомогою *Microsoft Office Excel*. Статистичний аналіз даних (ймовірність різниці визначених показників (t-критерій Стюдента) та нормальність розподілу (тест Шапіро-Вілка)) проводили за допомогою програми SPSS Statistics Base (<https://www.ibm.com/products/spss-statistics>); для визначення часток впливу фізичного та психологічного чинника у зміні досліджуваних біохімічних показників було проведено одно- та двофакторний дисперсійний аналіз [12]. Для оцінки кореляції розраховували коефіцієнт кореляції Пірсона (r), де значення до 0,5 вказувало на слабку кореляцію, від 0,5 до 0,7 – на помірну кореляцію, а від 0,7 до 1 – на сильну кореляцію. Статистичну значущість визначали за $p \geq 0,95$.

Результати і їхнє обговорення

Стрес і психологічне навантаження під час змагань, а також тренувальних зборів, погіршують результативність спортсменів у спорті [25]. Відомо, що помірний рівень стресу пов'язаний із покращенням когнітивних здібностей і фізичної працездатності [16,

25] спортсменів, тоді як високий рівень стресу зумовлює порушення когнітивної гнучкості [14] та виконавчої діяльності [37]. Крім того, як фізичні здібності, так і когнітивні навички спортсменів (сприйняття, увага, концентрація, оперативна пам'ять і вчасність прийняття рішень) [26] є вирішальними для успіху та результативності спортсменів. Lu Q. та співавтори (2021) прийшли до висновку, що практику усвідомленості (своєрідну методику аутотренінгу) слід розглядати як корисне доповнення до щоденних тренувань спортсменів, зокрема й для лучників [21]. Власне на стабілізацію та закріплення когнітивних навичок під час високого рівня психологічного навантаження спрямоване застосування лучниками методики аутотренінгу.

А



Б

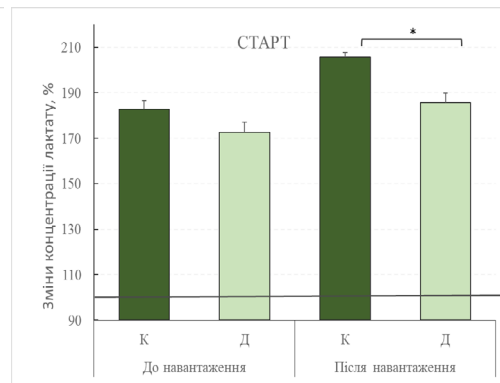


Рис. 1. Порівняння концентрації молочної кислоти під час тренувальних (А) та офіційних змагань (Б) у контрольній (К) та експериментальній (Д) групах лучників (n=8): за 100 % прийнято значення показників до фізичних навантажень за стану спокою; тут і надалі: * – $p > 0,95$; ** – $p > 0,99$; *** – $p > 0,999$. * – вірогідні зміни порівняно з контрольною групою

У результаті проведених досліджень визначення молочної кислоти в сечі лучників встановлено такі особливості виділення проміжного метаболіту обміну вуглеводів. Концентрація лактату в сечі лучників під час тренувальних зборів до фізичного навантаження відповідає діапазону концентрацій молочної кислоти в сечі у здорових людей без надмірного фізичного навантаження [28] та становить у середньому 1 ммоль/л (на рисунках прийнято за 100 %, рис. 1, А). Після виконання звиклого фізичного навантаження у зразках сечі лучників не виявлено збільшення концентрації лактату в контрольній групі.

При порівнянні змін рівня лактату в сечі спортсменів експериментальної групи під час тренувальних зборів також не виявлено змін досліджуваного показника порівняно з контрольною групою спортсменів, які не використовували під час тренувань методику психорегулюючого тренування. Отже, застосування методики аутотренінгу під час тренувальних зборів лучників не впливає на нагромадження в сечі проміжних метаболітів, що, мабуть, обумовлено короткотривалим (1 тиждень) застосуванням досліджуваної методики аутотренінгу.

Під час офіційних змагань змін рівня лактату у сечі лучників групи контролю також не виявлено (рис. 1, Б). Однак у зразках сечі спортсменів експериментальної групи зафіксовано нижчу концентрацію молочної кислоти. Довготривале (мінімум 8 тижнів) застосування методики психорегулюючого тренування лучниками експериментальної групи вело до достовірного зниження концентрації лактату на $9,7 \pm 0,4$ % ($p > 0,95$), порівняно з групою контролю.

Помірні навантаження на організм спортсменів, які зазвичай застосовують лучники, не впливають на процеси реабсорбції у проксимальних каналцях нефронів, оскільки саме в проксимальній мембрані нефроцитів напівфіксовані метаболіти (NH_4^+ , лактат, піруват, кетонні тіла) реабсорбуються за механізмом вторинно активного транспорту. Kistner S. та співробітники (2023) встановили, що безперервні інтенсивні вправи зумовлюють більш визначальні зміни в метаболітах сечі, ніж безперервні помірні вправи [17], повертаючись до вихідного рівня упродовж 24 год. Більшість відмінностей між випробуваннями фізичних навантажень, ймовірно, відображають вищі потреби в енергії під час безперервних інтенсивних навантажень, що підтверджено більшими вираженими зсувами метаболітів, пов'язаних з гліколізом (наприклад, лактат, піруват), циклом трикарбонових кислот, розпадом пуринових нуклеотидів, а також мобілізацією або деградацією амінокислот. Також Саєнко В. та співавторами (2015) продемонстровано, що у пауерліфтерів високої кваліфікації при виконанні звиклого тренувального навантаження та впродовж змагальних перевантажень у сечі з'являються метаболіти, не характерні для норми (кетони, глюкоза та протеїн), які в процесі поступового або повного відновлення організму зникають [3].

Наступним завданням роботи було визначити та проаналізувати концентрацію сечовини в сечі лучників до та після звиклого фізичного навантаження за різних психологічних станів. Як і очікувалося [19, 31], виявлено тенденцію до зростання рівня сечовини як за психологічного, так і за фізичного навантаження у спортсменів обох груп, однак ці зміни не підтверджені статистично (рис. 2, А–Б). За даних умов не виявлено змін рівня сечовини після застосування методики аутотренінгу, що в першу чергу зумовлено типом, режимом харчування та рівнем вживання протеїну спортсменами, а також рівнем тренуваності організму спортсменів.

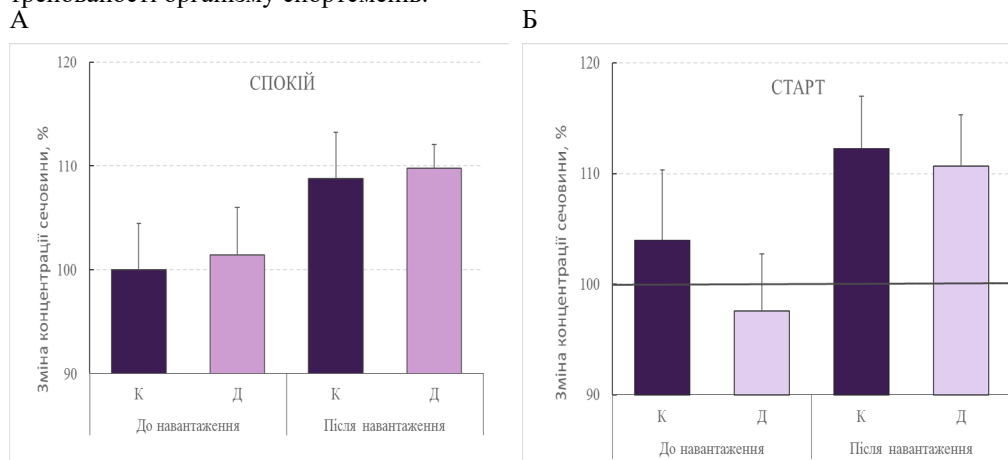


Рис. 2. Порівняння концентрації сечовини під час тренувальних (А) та офіційних змагань (Б) у контрольній (К) та експериментальній (Д) групах лучників (n=8): за 100 % прийнято значення показників до фізичних навантажень за стану спокою

Одним із адекватних способів оцінки впливу чинників (за відносними частками впливу у мінливість значень досліджуваного показника), а також підтвердження цього впливу на функціонування організму є дисперсійний аналіз [12].

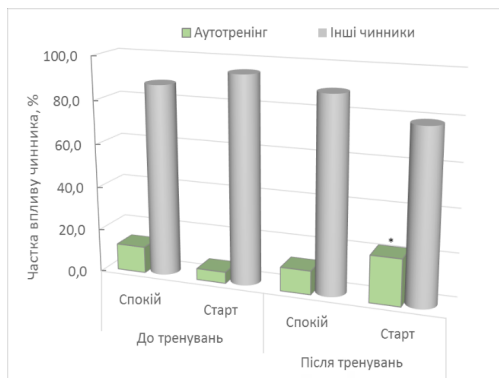
Результати однофакторного дисперсійного аналізу наведено на рис. 3. На етапі спокою виявлено недостовірний внесок впливу застосування методики підвищення рівня психологічної готовності спортсменів-лучників на результативність (спостерігали

покращення результативності лучників експериментальної групи в середньому на 10–11 балів; результати не наведено) та нагромадження молочної кислоти в сечі (12,5 %).

Частка впливу інших неврахованих чинників перевищувала 85 %. Отже, на етапі спокою основними чинниками, які визначають результативність лучників під час звичлих тренувань, є невраховані чинники, до яких найвірогідніше можна віднести фізичну підготовку та індивідуальну витривалість спортсмена.

Однак довготривале застосування методики аутотренінгу (мінімум два місяці) достовірно збільшило внесок частки впливу цієї методики в зміни екскреції молочної кислоти в сечі лучників.

А



Б

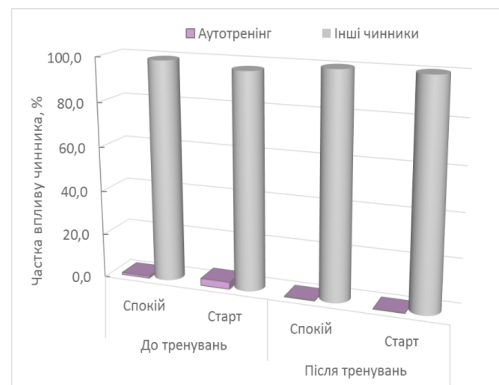


Рис. 3. Однофакторний дисперсійний аналіз застосування методики підвищення рівня психологічної готовності до метаболітів (А – лактат, Б – сечовина) у лучників на етапах спокою та старту: * – $p > 0,95$

На етапі старту внесок спеціалізованої методики у зміни екскреції лактату становив 21,4 % ($p > 0,95$; рис. 3, А). Слід зазначити, що внесок неврахованих чинників у продуктивність спортсменів залишався вагомим (78,2 %).

Щодо аналізу змін сечовини у сечі лучників, то за досліджуваних станів не встановлено достовірного внеску методики підвищення рівня психологічної готовності на зміни показника. Частка внеску методики аутотренінгу на зміни екскреції сечовини була недостовірною і становила в середньому 1,1 %.

Як відомо, дисперсійний аналіз дає змогу не лише оцінити достовірність впливу різних чинників на досліджуваний показник та їхній внесок у загальну мінливість показника (у межах 100 %), а за значенням відносних (відсоткових) часток впливу чинників порівнювати ці впливи [12]. Для виокремлення часток впливу чинників на зміни концентрації метаболітів у сечі спортсменів за різних станів та порівняння часток їхнього впливу проведено двофакторний дисперсійний аналіз змін лактату та сечовини у сечі лучників за різних станів, результати якого наведено на рис. 4 та 5.

Встановлено, що зміни концентрації лактату в сечі визначалися в основному фізичною активністю та психологічним навантаженням спортсменів контрольної групи. Частки внеску зазначених чинників були достовірними та становили 80,0 % та 3,5 % відповідно (рис. 4, А).

Найвагоміший внесок на зміни рівня лактату у сечі спортсменів-лучників експериментальної групи двофакторний дисперсійний аналіз виявив для чинника

методики аутотренінгу (68,4 %) та чинника психологічного навантаження (рис. 4, Б). Варто зазначити, що комплексне поєднання зазначених чинників для обох груп (рис. 4, А–Б) не проявляло достовірного впливу на досліджуваний показник. Частка впливу неврахованих чинників для обох груп спортсменів була помірною та становила в середньому 20,4 %.

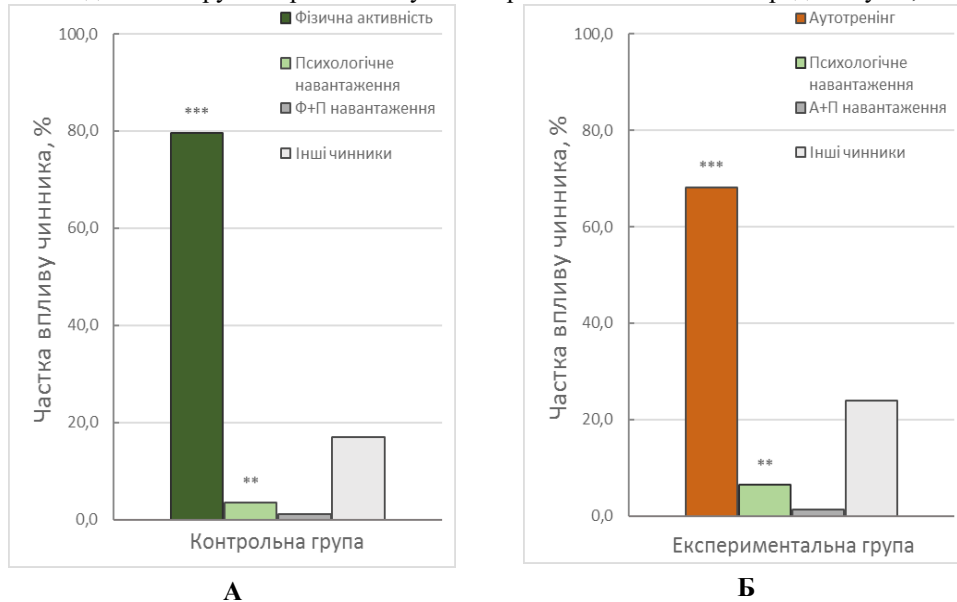


Рис. 4. Оцінка впливу методики підвищення рівня психологічної готовності на рівень лактату у сечі лучників; ** – $p > 0,99$; *** – $p > 0,999$, вплив інших чинників несуттєвий

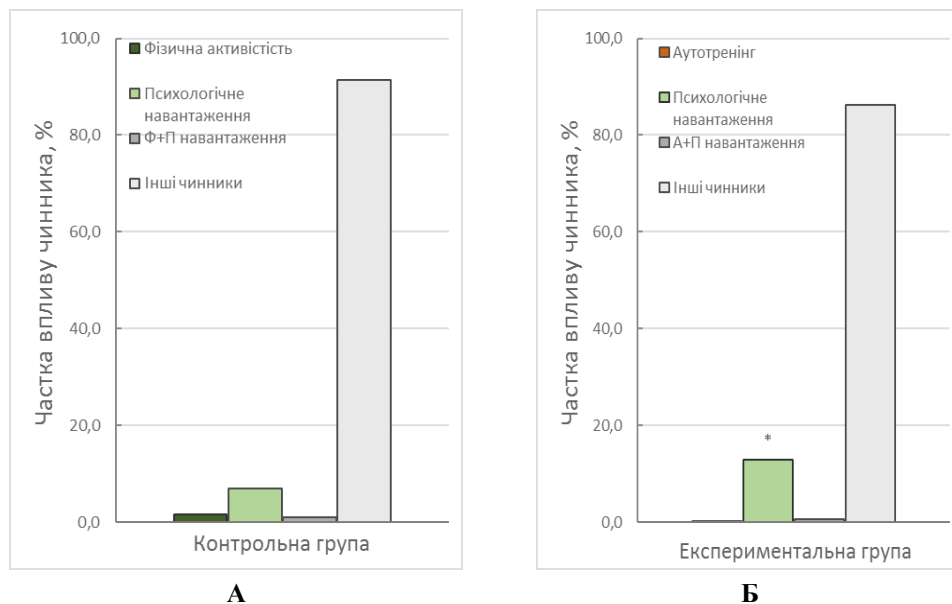


Рис. 5. Оцінка впливу методики підвищення рівня психологічної готовності на рівень сечовини у сечі лучників; * – $p > 0,95$; вплив інших чинників несуттєвий

Щодо оцінки впливу перерахованих чинників на зміни нагромадження сечовини у сечі лучників, то внесок їх був мінімальним та недостовірним (рис. 5, А – 5, Б), окрім частки впливу чинника психологічного навантаження 12,9 %, $p > 0,95$. В основному зміни сечовини у сечі спортсменів залежали від інших неврахованих чинників в експерименті (тип та режим харчування, якість та склад їжі [22], інтенсивність метаболізму тощо).

Ми не виявили достовірного кореляційного зв'язку між рівнем досліджуваних метаболітів ($r = 0,02$, $p < 0,95$, $n = 16$) до та після фізичного навантаження під час тренувальних зборів у обох групах спортсменів. Також і під час офіційних змагань до фізичного навантаження (рис. 6) між досліджуваними показниками не встановлено достовірного кореляційного зв'язку ($r = 0,4$, $p < 0,95$, $n = 16$) у контрольній групі спортсменів (не застосовували методики аутотренінгу).

Отримані результати свідчать про те, що застосування методики аутотренінгу суттєво не впливає на показники лактату та сечовини в сечі лучників до виконання фізичних вправ за обох досліджуваних психологічних станів. Це також підтверджують низькі частки впливу чинника методики аутотренінгу, визначені дисперсійним аналізом, та недостовірний кореляційний зв'язок. Встановлено, що зміни концентрації молочної кислоти у сечі спортсменів обумовлені в основному фізичним (80 %) та психологічним (3,6 %) навантаженням.

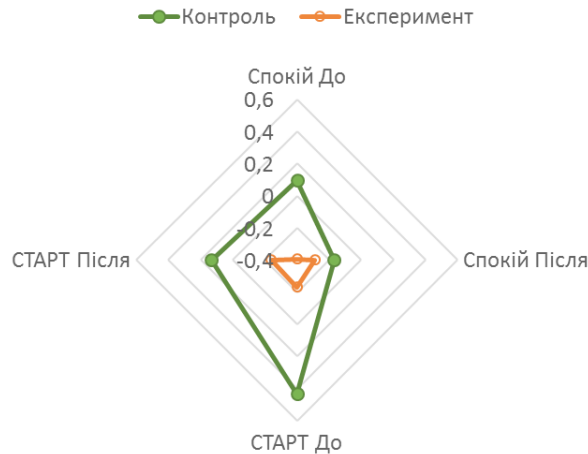


Рис. 6. Кореляційний аналіз між рівнем лактату та сечовини у сечі лучників за різних станів: до та після фізичного навантаження; спокій – тренувальні змагання, старт – офіційні змагання

Триваліше застосування методики аутотренінгу спортсменами на етапі старту достовірно знижувало концентрацію лактату на $9,7 \pm 0,4$ % ($p > 0,95$) у сечі лучників порівняно з контролем після виконання фізичних вправ. За цих умов рівень молочної кислоти у сечі спортсменів експериментальної групи визначається в основному застосуванням методики аутотренінгу (68,2 %) та психологічним (6,4 %) навантаженням. Слід зазначити, що частка впливу неврахованих чинників для обох груп спортсменів була помірною та становила в середньому 20,4 %.

Ми також встановили, що рівень сечовини не змінювався після виконання фізичного навантаження у обох групах спортсменів, як під час тренувальних зборів, так і під час офіційних змагань. Водночас не виявлено й змін рівня сечовини після застосування методики аутотренінгу за різних досліджуваних станів, що в першу чергу зумовлено

типом, режимом харчування та рівнем вживання білкових продуктів спортсменами, а також психологічним навантаженням (12,9 %, $p > 0,95$).

Стрільба з лука є унікальним спортом для вправ і точності, ключами до результативності якого є емоційний контроль, увага та концентрація, а не рушійна енергія, сила м'язів і витривалість [33]. Під час виконання стрільби з лука уважність є основою до продуктивності/результативності елітних гравців, особливо в початковий період під час етапу натягування лука. А для цього спортсмен потребує стабільного емоційного та психологічного контролю балансу тіла, координації своїх рухів і когнітивних навичок [21, 26] за будь яких умов.

Дослідження впливу частоти серцевих скорочень на ефективність стрільби у елітних лучників показало [4], що в симульованому середовищі змагань високі значення ЧСС (короткого серцевого циклу) при пороговому рівні лактату в крові (зразки відібрані в стані відносного спокою через 10 хвилин після виконання фізичних вправ (бігу)) у стрільців елітного рівня різної статі не мають негативного впливу на результативність стрільби в приміщенні [4]. У стані відносного спокою після виконання пострілу значення молочної кислоти в крові лучників становило 0,9–2,6 ммоль/л, тоді як після виконання фізичних вправ – бігу, що імітував фізіологічний стандартизований рівень стресу, – значення лактату в крові спортсменів ідентифіковано у діапазоні 1,3–7,0 ммоль/л.

Дані метаболомії сечі ватерполістів встановили зміни метаболічних характеристик одразу після офіційних змагань порівняно з результатами перед змаганнями. Підвищувався рівень деяких органічних кислот (молочна та бурштинова кислоти) і глюкози, і водночас знижувався вміст холіну та аміну, які беруть участь у метаболізмі глюкози, ліпідів та амінокислот [36]. Однак такі зміни метаболітів спортсменів швидше за все пов'язані з застосуванням активних видів тренувальних вправ та потужним навантаженням на активні м'язи під час офіційних змагань з ватерполо.

Нагромадження молочної кислоти в біологічних рідинах організму відображає перехід від аеробної до анаеробної системи виробництва енергії. Моніторинг цього зсуву є важливим параметром для адаптації підготовки спортсменів до видів спорту на витривалість [10]. У нашому дослідженні було встановлено, що концентрації молочної кислоти та сечовини в сечі лучників мають тенденцію до зростання як за психологічного, так і за фізичного навантаження у спортсменів контрольної та експериментальної груп, однак ці зміни не підтверджені статистично. Відомо, що концентрація досліджуваних нами метаболітів у крові стрімко підвищується під час виконання інтенсивних або безперервних фізичних вправ спортсменами [3, 17]. Тоді як стрільці під час тренувальних вправ в основному не застосовують інтенсивного навантаження, їхнє тренування спрямоване на контроль рівноваги тіла, координації рухів, когнітивних навичок [21] та психологічного/емоційного стану. У результаті проведених досліджень встановлено, що систематичне застосування запропонованої методики ауторенінгу впродовж 8 тижнів достовірно позитивно знизило концентрацію лактату у сечі лучників. Отже, можемо припустити, що маркером оцінки психологічного навантаження може виступати молочна кислота.

Вироблення лактату у ссавців та людини збільшується, коли потреба в АТФ і O_2 перевищує надходження субстратів, як це відбувається під час інтенсивних фізичних вправ і захворювань, зокрема, ішемії чи онкопатології [30]. Накопичення лактату в стресових м'язах та ішемічних тканинах закріпило репутацію лактату як шкідливого продукту життєдіяльності [20]. Водночас забезпечуючи клітини здорового організму як зручним джерелом, так і поглиначем сполук вуглецю, молочна кислота в крові дозволяє відокремити мітохондріальну генерацію енергії від гліколізу. Лактат і піруват разом є циркулюючим

окисно-відновним буфером, який врівноважує співвідношення НАДН/НАД⁺ у клітинах і тканинах [30]. Тривалість відновлення різних енергетичних субстратів в організмі відіграє важливу роль у правильній побудові тренувального процесу та відновленні ресурсів організму, як після фізичного, так і після психологічного навантаження.

Аналізуючи результати двофакторного дисперсійного аналізу, встановлено, що внесок чинника методики аутотренінгу (68,4 %) на зміни концентрації лактату в сечі лучників є найбільшим та вагомим лише власне під час максимального психологічного навантаження спортсменів – офіційних змагань. Тоді як за звичайного тренувального режиму рівень лактату та сечовини у сечі лучників за різних досліджуваних станів визначаються або фізичним навантаженням, або неврахованими чинниками відповідної групи. Враховуючи отримані дані та результати проведеного дисперсійного аналізу можемо рекомендувати як маркер оцінки психологічного стану спортсмена-лучника використовувати рівень молочної кислоти у сечі. На відміну від лактату, рівень сечовини краще використовувати як показник втоми та відновлення спортсменів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. *Виноградський Б. А.* Спортивна стрільба з лука: основи й удосконалення спеціальної підготовленості: монографія. Львів: ЛДУФК, 2012. 304 с.
2. *Войтенко С. М.* Психолого-педагогічні засоби регуляції спільної діяльності спортивних команд із різним типом взаємодії: автореф. дис. ... канд. наук з фіз. виховання і спорту: 24.00.01. Львів: ЛДУФК, 2017. 23 с.
3. *Сасенко В., Дубовий О., Дубовий В.* Біохімічний аналіз сечі пауерліфтерів високої кваліфікації на тренувальних заняттях та змаганнях // Фізичне виховання, спорт і культура здоров'я у сучасному суспільстві: збірник наукових праць. 2015. Т. 2 (30). С. 155–159.
4. *Açıkada C., Hazır T., Asçı A.* et al. Effect of heart rate on shooting performance in elite archers // *Heliyon*. 2019. Vol. 5 (3). P. e01428. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2019.e01428>
5. *Alvear-Ordenes I., García-López D., de Paz J. A.* et al. Sweat lactate, ammonia, and urea in rugby players // *Inter. J. Sports Med*. 2005. Vol. 26 (8). P. 632–7. <https://doi.org/10.1055/s-2004-830380>
6. *Barker S. B., Summerson W. H.* The colorimetric determination of lactic acid in biological material // *J. Biol. Chem*. 1941. Vol. 138 (2). P. 535–554.
7. *Borges T. O., Moreira A., Bacurau R. F. P.* et al. Physiological demands of archery: effect of experience level // *Rev. Bras. Cineantropom. Hum*. 2020. Vol. 22. P. e72276. <http://dx.doi.org/10.1590/1980-0037.2020v22e7227>
8. *Clemente-Suárez V. J., Bustamante-Sánchez Á., Mielgo-Ayuso J.* et al. Antioxidants and sports performance // *Nutrients*. 2023. Vol. 15 (10). P. 2371. <https://doi.org/10.3390/nu15102371>
9. *Cubriilo D., Djordjevic D., Zivkovic V.* et al. Oxidative stress and nitrite dynamics under maximal load in elite athletes: relation to sport type // *Mol. Cell. Biochem*. 2011. Vol. 355(1–2). P. 273–9. <https://doi.org/10.1007/s11010-011-0864-8>
10. *Etxegarai U., Portillo E., Irazusta J.* et al. A heuristic approach for lactate threshold estimation for training decision-making: An accessible and easy to use solution for recreational runners // *Eur. J. Oper. Res*. 2021. Vol. 291 (2). P. 427–437 <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2019.08.023>
11. *Gáspari A. F., Berton R., Lixandrão M. E.* et al. The blood lactate concentration responses in a real indoor sport climbing competition // *Science Sports*. 2015. Vol. 30. P. 228–231. <https://doi.org/10.1016/j.scispo.2015.05.002>

12. *Glantz S. A.* Primer of Biostatistics, 7th Edition. McGraw-Hill // Medical. 2012. 800 p.
13. *Hamdan Z. A., Ahmad Z., Johari N. H.* Investigation of muscle fatigue of the archer's during endurance shooting // *JMES*. 2022. Vol. 16 (3). P. 8987–8995. <http://dx.doi.org/10.15282/jmes.16.3.2022.02.0711>
14. *Kalia V., Vishwanath K., Knauft K.* et al. Acute stress attenuates cognitive flexibility in males only: an fNIRS examination // *Front. Psychol.* 2018. Vol. 9. P. 2084. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2018.02084>
15. *Keast D.* Goal setting for the archery // *Sports Coach*. 1991. Vol. 14 (3). P. 3–5.
16. *Kelly R. S., Kelly M. P., Kelly P.* Metabolomics, physical activity, exercise and health: a review of the current evidence // *Biochim. Biophys. Acta. Mol. Basis Dis.* 2020. Vol. 1866. P. 165936. <https://doi.org/10.1016/j.bbadis.2020.165936>
17. *Kistner S., Mack C.I., Rist M. J.* et al. Acute effects of moderate vs. vigorous endurance exercise on urinary metabolites in healthy, young, physically active men-A multi-platform metabolomics approach // *Front. Psychol.* 2023. Vol. 14. P. 1028643. <https://doi.org/10.3389/fphys.2023.1028643>
18. *Korobeynikov G., Mazmanian K., Korobeynikova L., Jagiello W.* Diagnostics of psychophysiological states and motivation in elite athletes // *Bratisl. Med. J.* 2011. Vol. 112 (11). P. 637–43.
19. Laboratório Biomédico. Ureia urinária (Urinary urea). Disponível em: <https://www.labbio-medico.com.br/copia-copia-17>
20. *Li X., Yang Y., Zhang B.* et al. Lactate metabolism in human health and disease // *Signal transduction and targeted therapy*. 2022. Vol. 7 (1). P. 305. <https://doi.org/10.1038/s41392-022-01151-3>
21. *Lu Q., Li P., Wu Q.* et al. Efficiency and enhancement in attention networks of elite shooting and archery athletes // *Front. Psychol.* 2021. Vol. 12. P. 638822. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2021.638822>
22. *Mahlovanyj A., Pazychuk O., Musyka F.* The level of energy metabolism of archers // *Sport science of Ukraine*. 2016. Vol. 4 (74). P. 40–45. (In Ukrainian) <https://repository.ldufk.edu.ua/bitstream/34606048/9859/1/445-915-1-SM.pdf>
23. *Nix C., Hemmati M., Cobraiville G.* et al. Blood microsampling to monitor metabolic profiles during physical exercise // *Front. Mol. Biosci.* 2021. Vol. 27 (8). P. 681400. <https://doi.org/10.3389/fmolb.2021.681400>
24. *Ormsby A. A.* A direct colorimetric method for the determination of urea in blood and urine // *J. Biol. Chem.* 1942. Vol. 146. P. 595–604.
25. *Park I., Kim Y., Kim S. K.* Athlete-specific neural strategies under pressure: a fNIRS pilot study // *Int. J. Environ. Res. Public Health*. 2020 Vol. 17 (22). P. 8464. <https://doi.org/10.3390/ijerph17228464>
26. *Parnabas V., Abdullah N. M., Shapie M. N. M.* et al. Level of cognitive and somatic anxiety on performance of university kebangsaan malaysia athletes // *Proceedings of the International Colloquium on Sports Science, Exercise, Engineering and Technology*. 2014. P. 291–300. https://doi.org/10.1007/978-981-287-107-7_31
27. *Pechlivanis A., Kostidis S., Saraslanidis P.* et al. 1H NMR study on the short- and long-term impact of two training programs of sprint running on the metabolic fingerprint of human serum // *J. Proteome Res.* 2013. Vol. 12. P. 470–480. <https://doi.org/10.1021/pr300846x>
28. *Phypers B., Pierce J. M. T.* Lactate physiology in health and disease. Continuing education in anesthesia // *Critical Care and Pain*. 2006. Vol. 6. P. 128–132. <http://dx.doi.org/10.1093/bjaceaccp/mkl018>

29. *Pingitore A., Lima G. P., Mastorci F.* et al. Exercise and oxidative stress: potential effects of antioxidant dietary strategies in sports // *Nutrition*. 2015. Vol. 31 (7-8). P. 16–22. <https://doi.org/10.1016/j.nut.2015.02.005>
30. *Rabinowitz J. D., Enerbäck S.* Lactate: the ugly duckling of energy metabolism // *Nature metabolism*. 2020. Vol. 2 (7). P. 566–571. <https://doi.org/10.1038/s42255-020-0243-4>
31. *Saatkamp C. J., de Almeida M. L., Bispo J. A.* et al. Quantifying creatinine and urea in human urine through Raman spectroscopy aiming at diagnosis of kidney disease // *J. Biomedical Optics*. 2016. Vol. 21 (3). P. 037001. <https://doi.org/10.1117/1.JBO.21.3.037001>
32. *Stander Z., Luies L., Mienie L. J.* et al. The altered human serum metabolome induced by a marathon // *Metabolomics*. 2018. Vol. 14. P. 1–11. <https://doi.org/10.1007/s11306-018-1447-4>
33. *Tsai Y. H., Wu S. Y., Hu W. L.* et al. Immediate effect of non-invasive auricular acupoint stimulation on the performance and meridian activities of archery athletes: A protocol for randomized controlled trial // *Medicine (Baltimore)*. 2021. Vol. 100 (8). P. e24753. <https://doi.org/10.1097/MD.00000000000024753>
34. *Vendrame E., Belluscio V., Truppa L.* et al. Performance assessment in archery: a systematic review // *Sports Biomech*. 2022 Vol. 29. P. 1–23. <https://doi.org/10.1080/14763141.2022.2049357>
35. *Wang H., Ran J., Jiang T.* Urea // *Sub-cellular biochemistry*. 2014. Vol. 73. P. 7–29. https://doi.org/10.1007/978-94-017-9343-8_2
36. *Wang L. L., Chen A. P., Li J. Y.* et al. Mechanism of the effect of high-intensity training on urinary metabolism in female water polo players based on UHPLC-MS non-targeted metabolomics technique // *Healthcare*. 2021. Vol. 9 (4). P. 381. <https://doi.org/10.3390/healthcare9040381>
37. *Wu J., Yan J.* Stress and cognition // *Front. Psychol*. 2017. Vol. 8. P. 970.
38. *Yi-Chieh C., Tsung-Min H.* Effects of pre-competition cognitive anxiety on attention and emotion during archery performance // *Int. J. Psychophysiol*. 2010. Vol. 77 (3). P. 268. <https://doi.org/10.1016/j.ijpsycho.2010.06.105>

Стаття надійшла до редакції 07.06.24

доопрацьована 11.07.24

прийнята до друку 19.08.24

COMPARATIVE ANALYSIS OF THE LACTATE AND UREA CHANGES IN THE ATHLETES-ARCHERS URINE UNDER DIFFERENT PHYSICAL AND PSYCHOLOGICAL LOADS

M. Sybil¹, Ya. Svyshch¹, A. Vynogradskyi¹, M. Bura² R. Pervachuk¹

*¹Ivan Bobersky Lviv State University of Physical Culture
11, Kostyushko St., Lviv 79007, Ukraine*

*²Ivan Franko National University of Lviv
4, Hrushevskyyi St., Lviv 79005, Ukraine
e-mail: marta.bura@lnu.edu.ua*

The qualified athletes training includes, in addition to physical training, also the improvement of the psychological state aimed at the formation of the athlete's state of the readiness for competitive activity. Considering this, the search for non-invasive assessment methods for monitoring the physical and psychological activity of athletes is very urgent. Understanding this condition can help create methods and tools to adaption to the extreme

conditions of such activities. According to the “clogging” theory, fatigue is an overtime accumulation of various metabolites (in particular, lactic acid, urea, etc.) in the body’s biological fluids. Therefore, the study was aimed at evaluating the impact of a specialized self-training technique under different psychological (training and official competitions) and physical (before and after physical exertion) states on the changes in urinary metabolite excretion of the archers.

In the study, 16 young athletes (5 masters of archery and 11 candidates for master of sports) participated. Athletes were randomly divided by age and qualification into two groups: control (worked out according to the standard protocol) and experimental (auto-training methods were additionally used). The research was conducted under different physical (before and after training) and psychological (training (rest stage) and official competitions (start stage)) conditions. The subject of biochemical monitoring was the metabolites lactate and urea, which were determined in urine samples of archers taken according to the protocol before and after physical exertion during regular training and official competitions.

The lactic acid concentration, as well as urea, in the urine of archers did not change during training sessions of sportsmen after performing physical activity of the usual type. That is, the use of the auto-training technique during regular training sessions does not affect the accumulation of the studied metabolites in the urine, which is probably due to the short-term use (one week) of the technique itself. With help of two-way ANOVA analysis, it was established that changes of the lactic acid concentration in urine are mainly due to physical (80 %) and psychological (3.6 %) loadings of athletes, and urea changes – the unaccounted factors (88.8 % on average).

At the official competitions stage, after the auto-training method systematic application, a concentration of the lactate significant decreased by 9.7 ± 0.4 % ($p > 0.95$) in the urine of archers compared to controls after the usual physical exercises implementation. Under these conditions, the lactic acid level in the urine of athletes is mainly determined by the using of auto-training technique (68.2 %) and the psychological (6.4 %) load. It should be noted that the share of influence of the unaccounted factors for both athlete’s groups was moderate and amounted to 20.4 % on average. The urea level in the urine insignificant increased after training in both athlete groups, both during training sessions and during official competitions, and was also independent of the athletes’ use of auto-training technique.

At the official competitions stage, after the systematic application of the auto-training technique, the concentration of lactate in the urine of archers significant decreased by 9.7 ± 0.4 % ($p > 0.95$) compared to the control group after performing the usual physical exercises implementation. Under these conditions of the Start stage, changes of the lactic acid concentration in the urine of athletes depend mainly by the using of auto-training technique (68.2 %) and psychological load of archers (6.4 %). It should be noted that the share of influence of unaccounted factors for both groups of athletes was moderate and amounted to 20.4 % on average. The urea level in the urine insignificant increased after training in both athlete groups, both during training sessions and during official competitions, and was also independent of the athletes’ use of auto-training technique.

Keywords: lactic acid, urea, archery, auto-training technique, physical activity