

# Характеристики функціональної підготовленості як основа удосконалення тренувального процесу кваліфікованих ультрамарафонців, які спеціалізуються на дистанції 100 км

Сергій Совенко, Сергій Попов

Національний університет фізичного виховання і спорту України, Київ, Україна

**Анотація.** Нині в Україні та у світі спостерігається зростання популярності бігу на дистанцію 100 км по шосе. Це проявляється у збільшенні кількості учасників змагань та підвищенні рівня результатів, які демонструють кваліфіковані спортсмени. Існуюча динаміка викликає зацікавленість з боку науковців, тренерів, організаторів змагань та фахівців спортивної медицини. Наявні дослідження свідчать про значні вимоги, які висувають підготовка та участь в ультрамарафоні (біг на дистанції понад 42 195 м) до організму спортсмена, що викликає суттєві зміни його стану та може нести ризики для здоров'я. Це потрібно врахувати під час побудови тренувального процесу бігунів на 100 км, який має на меті мінімізувати ризики для здоров'я при досягненні максимального спортивного результату. Проте, як короткострокові, так і віддалені наслідки участі в ультрамарафонах залишаються вивченими недостатньо. Обмеженими є дані про адаптацію, яку проходять різні функціональні системи організму спортсмена в рамках підготовки до надмарафонських дистанцій та які відрізняють більш успішних ультрамарафонців від менш успішних. **Мета.** Визначити специфічні фізіологічні характеристики тренувальної та змагальної діяльності ультрамарафонців, які спеціалізуються в бігу на дистанції 100 км, та способи впливу на них з метою покращення результату та мінімізації ризиків для здоров'я та життя спортсменів. **Методи.** Аналіз науково-методичної літератури, статистичних даних виступів спортсменів на змаганнях. **Результати.** Участь в ультрамарафоні викликає значні зміни в діяльності функціональних систем організму. Об'єктивні дослідження свідчать про наявність негативних порушень у діяльності різних систем організму та пошкодження органів. Рівень таких змін залежить від підготовки спортсмена, кліматичних особливостей змагань, швидкості бігу по дистанції, стратегії харчування та гідратації. Здебільшого вони мають тимчасовий характер, а діяльність систем та органів повертається до норми протягом годин або днів після участі у змаганнях. Підготовка до змагань з бігу на 100 км, що включає великі загальні бігові обсяги та значну тривалість окремих тренувальних сесій, призводить до адаптаційних змін в організмі, які дозволяють знизити ризики для здоров'я та покращити спортивний результат. Тому важливим напрямом оптимізації підготовки кваліфікованих ультрамарафонців, які спеціалізуються у бігу по шосе на дистанції 100 км, є вироблення ефективної методології удосконалення тренувального процесу, що базується на розробці раціонального співвідношення тренувальних засобів різної переважної спрямованості у макрокциклі підготовки з урахуванням функціональної підготовленості атлетів. **Ключові слова:** ультрамарафон, біг на 100 км, тренувальний процес, функціональна система, функціональна підготовленість.

Serhiy Sovenko, Serhiy Popov

## CHARACTERISTICS OF FUNCTIONAL PREPAREDNESS AS A BASIS FOR IMPROVING THE TRAINING PROCESS OF ELITE 100 KM ULTRA-RUNNERS

**Abstract.** Nowadays, in Ukraine and in the world, there is an increase in the popularity of 100 km road running. This is manifested in an increase in the number of participants in competitions and an increase in the level of results demonstrated by elite athletes. The existing dynamics arouse the interest of researchers, coaches, competition organizers and sports medicine professionals.

Sovenko S., Popov S. Characteristics of functional preparedness as a basis for improving the training process of elite 100 km ultra-runners. *Theory and Methods of Physical education and sports.* 2023; 3: 22–30  
DOI: 10.32652/tmfvs.2023.3.22–30

Совенко С., Попов С. Характеристики функціональної підготовленості як основа удосконалення тренувального процесу кваліфікованих ультрамарафонців, які спеціалізуються на дистанції 100 км. *Теорія і методика фізичного виховання і спорту.* 2023; 3: 22–30  
DOI: 10.32652/tmfvs.2023.3.22–30

**Вступ.** Біг на 100 км належить до ультрамарафонських дисциплін легкої атлетики, популярність яких стрімко зростає [2]. Це проявляється як у підвищенні кількості учасників змагань на цій дистанції, так і у збільшенні науково-методичної літератури, що стосується різних аспектів тренувальної та змагальної діяльності спортсменів, таких як фізіологічні зміни, специфічні хвороби та травми, харчування, психічне здоров'я, тренування, екіпірування [36]. Ультрамарафон висуває значні вимоги до різних функціональних систем організму.

Сучасні дослідження підтверджують ряд гострих фізіологічних змін, пов'язаних із участю в ультрамарафонах. Вони включають підвищення рівнів біомаркерів, які можуть свідчити про пошкодження скелетних та серцевого м'язів, печінки та інших органів, поширення запальних процесів. У фінішерів ультрамарафону спостерігається гіповолемічна відповідь, що проявляється у зниженому діастолічному тиску та сатурації [37]. Також під час ультрамарафону спостерігається зменшення функціональної ємності дихальної системи та збільшення легеневої вентиляції [17].

Віддалені наслідки участі в ультрамарафоні залишаються вивченими недостатньо. Одне з досліджень [32] показало структурні та функціональні зміни на рівні серцевого м'яза ультрамарафонців з досвідом тренувань та змагань 18 ± 12 років. Клінічне значення короткострокових та віддалених наслідків підготовки та участі в ультрамарафонах вивчене недостатньо. Подальшого дослідження потребує вирішення питання, чи ці зміни є адаптаційними, чи патологічними, а також яким чином оптимізувати тренувальний процес, щоб мінімізувати ризики для здоров'я та водночас покращити спортивний результат квалі-

The available research shows that the training and participation in an ultramarathon (running a distance of more than 42,195 m) imposes significant demands on the athlete's body, which causes significant changes in his condition and may pose health risks. This must be taken into account when building a training process for 100 km runners, which aims to minimize health risks while achieving maximum sports performance. However, both short-term and long-term consequences of participation in ultra running remain insufficiently studied. There are limited data on the adaptation of different functional systems of the athlete's body occurred during preparation for ultra running, which may distinguish more successful ultra runners from less successful ones.

**Objective.** To identify the specific physiological characteristics of the training and competitive activities of 100 km ultra runners and the approach to influence them in order to improve the performance and minimize the risks to the health and life of athletes. **Methods.** Analysis of scientific and methodological literature, and statistical data of athletes' competition performance. **Results.** Participation in ultra running causes significant changes in the functioning of the body's functional systems. Objective studies indicate the presence of negative disturbances in the activity of various body systems and organ damage. The level of such changes depends on the athlete's preparation, the climatic features of the competition, the speed of running over the distance, the nutrition and hydration strategy. Most of them are transient, and the function of systems and organs returns to normal within hours or days after competitions. Preparation for a 100 km race, which includes high overall running volumes and significant duration of individual workouts, leads to adaptive changes in the body that can reduce health risks and improve athletic performance. Therefore, an important focus of optimizing the training of elite 100 km ultra road runners is the creation of an effective methodology for improving the training process, which is based on the development of a rational ratio of training means of different predominant orientation in the training macrocycle taking into account the functional preparedness of athletes.

**Keywords:** ultramarathon, 100 km run, training process, functional system, functional preparedness.

фікованих спортсменів. Більше того, збереження здоров'я ультрамарафонців має розглядатись як фактор, що впливає на подальше удосконалення їхнього тренувального процесу.

**Мета дослідження** – визначити специфічні фізіологічні характеристики тренувальної та змагальної діяльності ультрамарафонців, які спеціалізуються в бігу на дистанції 100 км, та способи впливу на них з метою покращення результату та мінімізації ризиків для здоров'я та життя спортсменів.

**Методи дослідження:** аналіз науково-методичної літератури, статистичних даних виступів спортсменів на змаганнях.

**Результати дослідження. Стійкість функціональних систем організму як передумова ефективної змагальної діяльності в ультрамарафоні.** Функціональна система в сучасній літературі розглядається як сукупність органів, клітин, процесів, які обумовлюють різноманітні сторони життєдіяльності організму та виконують певні функції [1]. Виділяють нервову, опорно-рухову систему, систему кровообігу, дихання, травлення, ендокринну та імунну. Участь в ультрамарафоні висуває значні вимоги до різних функціональних систем та їх ефективної взаємодії. Біохімічні зміни, які спостерігаються під час змагань, вказують на

патологічні процеси у різних тканинах та органах [18, 22]. Зміни біомаркерів під час ультрамарафону включають підвищення рівнів креатинінази, міоглобіну, серцевих тропонінів, креатиніну, кортизолу з одночасним зменшенням рівнів натрію та калію, еритроцитів, тестостерону [25]. Вищі рівні кортизолу спостерігаються в ультрамарафонців, які змагаються при підвищеній швидкості. Ступінь таких змін залежить від інтенсивності та тривалості навантаження. Зазвичай показники нормалізуються протягом кількох днів після змагань та не мають довготривалих шкідливих наслідків [22].

**Наслідки участі в ультрамарафоні для системи кровообігу.** Ряд досліджень продемонстрували підвищення біомаркерів (креатинкіназа, креатинкіназа MB, серцеві тропоніни, натрійуретичні пептиди), які свідчать про ймовірне пошкодження серцевого м'яза під час проходження ультрамарафону [22]. Ступінь цих змін пов'язаний з довжиною дистанції та швидкістю. Показники, які свідчать про пошкодження міокарда, вищі в учасників коротших ультрамарафонських дистанцій. Так, у спортсменів, які змагалися на дистанції 100 км, відповідні біомаркери були вищі, порівняно з тими, хто долав довшу дис-

танцію [45]. Крім того, учасники, які швидше долають ультрамарафон, мають вищі ризики пошкодження міокарда, порівняно з повільнішими бігунами [21, 33].

Дослідження з допомогою електрокардіографії та ехокардіографії показали зміни в роботі серця після замахань з ультрамарафону порівняно зі станом до старту, зокрема вони проявлялися у зменшенні функції лівого та правого шлуночків [22, 32]. На сьогодні не можна однозначно сказати, що ультрамарафон веде до суттєвих ушкоджень серця. Дослідження показали, що зміни мають тимчасовий характер та повертаються до норми протягом кількох днів [22].

Гіпертрофія серцевого м'яза (лівого шлуночка) притаманна ультрамарафонцям і є одним із параметрів, які дозволяють передбачити ефективність змагальної діяльності [28]. Підготовка та участь в ультрамарафоні може розглядатись як профілактика кардіосудинних захворювань. Одна з причин такого висновку полягає в тому, що тренування до надмарафонських дистанцій супроводжується зменшенням рівня холестеролу, який вважається чинником ризику та підвищеної смертності серед населення [22]. Під час ультрамарафону спостерігається явище гемолізу (Hemolysis), яке веде до зниження кількості еритроцитів [6, 24]. Це може бути пов'язано з повторними потужними ударами ніг по поверхні, що веде до руйнування клітин крові та призводить до макроцитарної анемії і внутрішньосудинного гемолізу [11]. Хоча вплив саме такого чинника ймовірно дуже помірний. Основною причиною зниження рівня гемоглобіну може бути збільшення об'єму плазми («анемія розчинення», dilute anemia). Прояви гемолізу можуть бути суттєво зменшені відповідним тренуванням [22].

**Вплив ультрамарафону на опорно-рухову систему.** Тривалий біг викликає запальну реакцію та набряк робочих м'язів, тимчасове обмеження їх функції, зниження маси [22] та пошкодження кісткової тканини [35]. Для визначення пошкодження м'язів використовують ряд біомаркерів, таких як міоглобін, лактатдегідрогена-

за, креатинкіназа [6, 22]. У бігунів на 100 км спостерігається зв'язок між маркерами гострого запалення організму (нейтрофіли, тромбоцити, моноцити) та маркерами пошкодження м'язів (креатинкіназа, лактатдегідрогеназа) [46].

Ексцентричне навантаження, зокрема під час змагань у гірській місцевості, призводить до суттєвого збільшення рівнів креатинкінази та вираженого м'язового болю. Найвищий рівень креатинкінази фіксували через 1 год після фінішу. Підвищений рівень фіксували через 36–72 год [22].

Рівень пошкоджень залежить від тривалості змагань. Чим довше подолання дистанції, тим вищий рівень креатинкінази [45]. Після завершення дистанції 100 км по шосе рівень креатинкінази збільшувався у понад 20 разів [22]. Під час порівняння біомаркерів пошкодження м'язів та запалення серед учасників ультрамарафонських дистанцій було виявлено, що спортсмени, які завершили довшу дистанцію, мали вищий рівень пошкодження м'язів та запалення. Щоправда, відповідні біомаркери нормалізувалися через 72 год. Рівень підготовки спортсмена впливає на ступінь пошкодження м'язів. Ультрамарафонці вищої кваліфікації мають менші рівні креатинкінази порівняно з повільнішими бігунами як перед стартом, так і після фінішу.

Тренувальні програми ультрамарафонців мають включати стратегії запобігання пошкодження м'язів [29]. У сучасній науковій літературі описуються спроби зменшити рівень пошкодження м'язів шляхом вживання додаткових нутрієнтів. Так, споживання амінокислот, зокрема ВСАА, перед та під час бігу на 100 км не мало ефективного впливу на результат та біомаркери пошкодження м'язів і не зменшувало біль [22]. Поширеною практикою серед ультрамарафонців є вживання нестероїдних протизапальних препаратів для зменшення або запобігання болю [10], що може нести додаткові ризики для здоров'я спортсменів та потребує подальшого вивчення. Тренування, що передбачає великі бігові обсяги, є найкращою стратегією запобігання пошко-

дження м'язів та швидкого відновлення після змагань. Ультрамарафонська підготовка призводить до характерних змін та адаптації м'язової тканини. Серед них – зростання кількості капілярів та збільшення повільноскоротних м'язових волокон [22]. Рівень креатинкінази нижчий у тих спортсменів, які мають кращу підготовку [15].

З пошкодженням м'язів та наростаючою втомою пов'язані зміни нейром'язової діяльності під час ультрамарафону [22]. Збільшується рекрутування менш ефективних швидкокоротних волокон, що тягне за собою зміни біомеханічних характеристик, серед яких зменшення довжини кроку та підвищення його частоти [7]. Спортсмени здатні автоматично підлаштовувати параметри бігового кроку для досягнення кращих показників економічності [41]. Ультрамарафонці вищого рівня демонструють менший рівень нейром'язової втоми, порівняно з повільнішими бігунами [29]. Ймовірно, ультрамарафонські вправи викликають позитивні зміни у нервовому контролі рухів. Втома може бути зменшена через перерозподіл навантаження між м'язами. Таке переключення легше відбувається під час бігу з низькою інтенсивністю [42]. Потрібні подальші дослідження зі стандартизацією методології для визначення закономірностей зміни енергетичної вартості бігу під час ультрамарафону.

**Вплив ультрамарафону на травну систему.** Щоб задовольнити потреби в енергії, ультрамарафонці мають отримувати додаткове харчування під час змагань. Успішні фінішери здатні краще споживати та доставляти необхідну енергію під час навантаження [14]. Потреба споживати додаткове харчування під час змагань часто призводить до ускладнень, пов'язаних із травленням. Проблеми шлунково-кишкового тракту можуть бути причиною зниженої ефективності та погіршення фінішного результату [19].

На проблеми з травленням, за даними різних досліджень, скаржилися 35–96 % учасників ультрамарафонів [22]. Поширеними станами були метеоризм, відрижка та нудота. Остання була найчастішою причиною сходування з дистанції. Для запобігання

проблем кишково-шлункового тракту серед ультрамарафонців важливим є тренувальний досвід. За даними Glase et al. [14], бігуни з проблемами травлення мали менший загальний біговий обсяг та коротші тренувальні заняття.

Стратегія харчування є невід'ємною частиною програми підготовки до ультрамарафону. Травлення під час навантаження піддається тренуванню. Стратегії включають: високоуглеводну дієту (щонайменше два тижні перед змаганнями), тренування з відносно великими об'ємами споживання рідини, тренування безпосередньо після прийому їжі, прийом відносно великих доз вуглеводів під час тренування, симуляція умов змагань з відповідним планом харчування [19].

У сучасній літературі є ряд рекомендацій, які стосуються тренувальної та змагальної діяльності [38]. Зокрема, ультрамарафонці мають споживати достатньо калорій, вони мають слідувати індивідуалізованій стратегії, побудованій на принципах періодизації та підходу «їжа передовсім». Спортсмени мають спланувати та імплементувати стратегію харчування протягом тривалого часу, щоб сприяти покращенню механізму використання жирів як джерела енергії.

Вуглеводи мають бути основою дієти та забезпечувати близько 60 % потреб в енергії або 5–8 г на 1 кг маси тіла на добу, щоб мінімізувати негативні ефекти від хронічного виснаження запасів глікогену. Покращенню функцій мітохондрій та окисненню жирів може сприяти обмеження споживання вуглеводів перед окремими низькоінтенсивними тренуваннями. Водночас цей підхід може обмежити продуктивність під час високоінтенсивних тренувань. Прийом білків в обсязі 1,6 г на 1 кг маси тіла на добу необхідний для її підтримання та відновлення. Цей обсяг може бути збільшений до 2,5 г в дні важких тренувань. Під час змагань харчування має бути різноманітним та забезпечувати надходження 150–400 ккал на годину, що включає 30–50 г вуглеводів та 5–10 г білків. Є свідчення більшої ефективності вживання 120 г вуглеводів на годину для зменшення нейром'язової

втомі та пришвидшення відновлення в наступну добу після змагань [39]. Стратегією запобігання проблем із травленням під час змагань є споживання їжі, до якої звик та яка подобається [22].

**Наслідки участі в ультрамарафоні для видільної системи.** Поведінка спортсмена може впливати на ступінь проблем з нирками під час ультрамарафону. Фактори ризику включають жіночу стать, низьку вагу тіла, значну втрату маси тіла під час бігу [23], а також значні пошкодження м'язів з рабдоміолізом, дегідратацією, гіпотензією, гіпонатріємією та використанням нестероїдних протизапальних препаратів [22]. Для здоров'я нирок коротші та швидші ультрамарафони ймовірно більш ризиковані, ніж довші та повільніші. Підвищені рівні гострих ниркових травм під час ультрамарафону спостерігалися у тих, хто приймав ібупрофен [23]. За твердженням Knechtle [22], усі учасники ультрамарафонів стикаються під час змагань з дегідратацією та зниженням маси тіла. Найбільша втрата маси спостерігається в перші години ультрамарафону, в зв'язку з чим спортсменам рекомендовано споживання значних обсягів рідини. Водночас, надмірна гідратація може призводити до викликання вправами гіпонатріємії [22], а також до набряків кінцівок [5].

Викликана навантаженнями гіпонатріємія – це стан, який визначають як зниження рівня натрію до  $135 \text{ ммол} \cdot \text{л}^{-1}$  та нижче [27]. Надмірне вживання рідини призводить до зміни в електролітному складі та зміни об'єму плазми. Сучасні дослідження підтверджують відсутність необхідності пити надміру (більше, ніж хочеться) під час ультрамарафону [22]. Навіть при втраті понад 3 % маси тіла необхідності надмірного вживання рідини для запобігання перегріву немає [40]. Під час ультрамарафону спортсмен вагою 70 кг може втратити від 1,9 до 5,0 % маси тіла, щоб підтримати водний баланс і при цьому не допустити надмірної гідратації [16].

Дослідження показують, що середнє споживання води на кілометр дистанції зменшується зі збільшенням дистанції змагань [26]. Швид-

ші бігуни на 100 км пили більше рідини, ніж повільніші. При цьому вони втрачали більше маси тіла. При меншому споживанні рідини втрати маси були більшими [22]. Втрата маси тіла не веде до зменшення ефективності, а скоріше навпаки. Під час бігу на 100 км спортсмени, які втрачали більше маси виявлялися швидшими [34].

Факторами виникнення гіпонатріємії окрім надмірного споживання рідини є проведення змагань у спекотному кліматі [22]. Акліматизація дозволяє адаптуватися до високих температур [44], чотири дні акліматизації достатньо для перцептивної адаптації. Ефективними стратегіями є паузи під час бігу в жаркому кліматі [20] та достатнє і своєчасне охолодження при ознаках перегріву або теплового удару [22]. Ультрамарафонцям рекомендують вживати рідину *ad libitum* та пам'ятати, що як висока, так і низька температура повітря, можуть вести до надмірного вживання води. Загалом зміни функції нирок мають короткостроковий характер та можуть відновлюватися протягом одного дня. Споживання рідини має становити 450–750 мл на год, що включає 150–250 мл кожні 20 хв. Щоб мінімізувати ризику гіпонатріємії, може бути використаний додатковий прийом електролітів. На пізніших етапах змагань доцільний прийом кофеїну.

**Вплив ультрамарафону на імунну систему.** Захворювання верхніх дихальних шляхів є характерною особливістю ультрамарафонців. Рівень захворюваності цієї популяції вищий, ніж у бігунів на коротші дистанції [22]. Зниження ризиків інфекції може бути важливим фактором підготовки та участі у змаганнях. Так, прийом глутаміну перед та після ультрамарафону зменшував частоту інфікування, також позитивний ефект спостерігався при прийомі вітаміну С. Загалом ультрамарафонська підготовка має позитивний вплив на імунітет.

**Показники функціональної підготовленості, які впливають на ефективність змагальної діяльності в ультрамарафоні.** Ефективність змагальної діяльності в ультрамарафоні залежить від функціональної підготовленості, під якою розуміють стан орга-

нізму, що відображає рівень розвитку фізіологічних, біохімічних, психологічних та інших резервів, досягнутих у процесі тренування, та здатність до їх реалізації, або стан організму, який забезпечує ефективну змагальну діяльність на основі високого рівня розвитку якостей та здібностей, які мають значення для конкретного виду спорту [1]. Фінішний час під час ультрамарафону корелює з такими показниками функціональної підготовленості, як максимальне споживання кисню (МСК), швидкість бігу на рівні максимального споживання кисню, економічність бігу (киснева вартість бігу), швидкість на рівні анаеробного (лактатного) порогу [8]. Більший показник максимального споживання кисню корелює з меншим фінішним часом [12]. Водночас, значення цього параметра не є ключовим для передбачення результату в ультрамарафоні [17]. За Denadai et al. [8], для ультрамарафонських дисциплін характерним є проходження дистанції зі швидкістю на рівні 50–70 % швидкості на рівні максимального споживання кисню та підтримання рівня споживання кисню на рівні 45–60 % максимально. Включення в тренувальну програму засобів підвищення швидкості на рівні МСК має потенціал для покращення результату в ультрамарафонських дисциплінах.

Економічність бігу являє собою комплексну взаємодію фізіологічних та біомеханічних факторів, які відображають енергетичні вимоги для певної швидкості та виражаються у субмаксимальному споживанні кисню при визначеній швидкості бігу [3]. На економічність бігу впливає ряд фізіологічних та біомеханічних чинників. Серед них збільшення кількості мітохондрій та окисних ферментів, еластичні властивості м'язів, покращення механіки бігу для зменшення гальмівних сил та вертикальних коливань [17]. Важливими факторами покращення економічності бігу є історія тренувань та біговий обсяг. Стратегії для покращення економічності бігу включають збільшення бігового обсягу, включення в тренувальний процес бігу вгору та високоінтенсивних інтервальних тренувань, силових, зокрема пліоме-

тричних вправ, а також проведення тренувань в умовах високогір'я [3, 8].

**Показники жирового обміну як передумова ефективної змагальної діяльності в ультрамарафоні.** Здатність використовувати ліпіди як джерело енергії є одним з головних чинників успіху в ультрамарафоні. Частка жиру у енергозабезпеченні зростає зі збільшенням дистанції [26]. Максимальна утилізація жирних кислот відбувається під час тренувань з інтенсивністю 45–65 % МСК (на цій інтенсивності спостерігається максимальна швидкість окиснення жирів) [30]. При більшій інтенсивності використання жирів обмежене, оскільки ускладнюється їх транспорт через мембрани клітин та мітохондрій. Рівень інтенсивності, на якому спостерігається зміна домінуючого джерела енергії з ліпідів на вуглеводи, становить у середньому 65 % МСК. Під час досліджень на біговій доріжці спостерігалось переключення на окиснення жирних кислот, яке корелює зі збільшенням вартості бігу після 32 км або 2:45:00 ± 00:25:58. Це супроводжувалося зменшенням дихального коефіцієнта, збільшенням легеневої вентиляції та підвищенням частоти серцевих скорочень на контрольній швидкості [17]. Тренування на витривалість, особливо тривалістю понад 2 год, сприяє адаптаціям, які змінюють джерело жирних кислот та швидкість їх окиснення [30]. Максимальне окиснення жирів варіює від 0,17 до 1,27 г · хв<sup>-1</sup> [31]. Цей показник може перевищувати 1,5 г у кетогенно адаптованих індивідів [43]. Тріацилгліцерин – форма зберігання жиру в адипоцитах та смугастих м'язах. Він складається з молекули гліцерину, яка зв'язана з трьома лонцюгами жирних кислот. Внаслідок ліполізу жирні кислоти потрапляють в кров та транспортуються до робочих м'язів. Адипозна тканина зберігає значну кількість тріацилгліцерину та є практично необмеженим джерелом енергії для тривалих вправ. Людина з 7–14 % жиру в організмі має понад 30000 ккал, які зберігаються в адипозній тканині [43]. При підвищенні інтенсивності частка жирів зменшуватиметься на користь вуглеводів.

Процес ліполізу контролюється ендокринною системою і залежить від вивільнення гормону епінефрину. Його виділення наднирковими залозами збільшується при підвищенні інтенсивності тренувань. При швидкості на рівні близько 60 % МСК концентрація жирних кислот в плазмі збільшується у два-три рази, порівняно з показниками у стані спокою [30]. Жирні кислоти у м'язових тканинах також роблять внесок у виробництво енергії для тривалого бігу. Вони знаходяться у смугастих м'язах переважно першого типу в безпосередній близькості до мітохондрій. Процес вивільнення внутрішньом'язових жирних кислот для окиснення дещо відрізняється від того, що відбувається в адипозній тканині. Транспорт через клітинну мембрану не є обмеженням для цих жирних кислот. Водночас ліполітичні ензими ліпопротеїназа та гормончутливіліпаза необхідні для мобілізації внутрішньом'язових жирних кислот [30]. Оптимальним для функціонування окиснювальних ферментів є рівень рН 7,0.

Слід зазначити, що питання концентрації та реального внеску у забезпечення енергією з боку внутрішньом'язових жирних кислот залишається дискусійним та потребує подальших досліджень. Регулярні тренування на витривалість збільшують можливість використання жирів як енергії. Треновані спортсмени здатні краще окиснювати жири при більшій інтенсивності [30].

Тренування, спрямоване на підвищення витривалості, збільшує циркуляцію крові в підшкірній адипозній тканині, що підвищує загальний транспорт жирних кислот до працюючих м'язів, а також веде до збільшення кількості протеїнів, необхідних для транспорту жирних кислот через мембрани м'язових клітин. Тренування з інтенсивністю 60 % МСК підвищують рівень білків, необхідних для транспорту жирних кислот через мітохондріальні мембрани. Крім того аеробні тренування та дієта з високим вмістом жиру підвищують концентрацію ензимів, потрібних для окиснення жирних кислот безпосередньо у мітохондріях [30]. Поточні досліджен-

ня підтверджують, що дієта з високим вмістом жиру збільшує окиснення жирів під час відпочинку та занять спортом [43]. Водночас саме інтенсивність вправ диктує, які саме субстрати утилізуватимуться. Тому дієта з високим вмістом жиру може бути рекомендована під час підготовчого періоду, коли обсяги великі, а рівень інтенсивності низький [30].

**Дискусія.** Досягнення адаптації, потрібної для ефективної змагальної діяльності, залежить від морфофункціональних змін, які досягаються відповідним тренуванням. Як зазначає В. М. Платонов [1], багаторазове використання подразників, які ведуть до мобілізації системи, поступово призводить до розвитку довготривалої адаптації. Водночас у структурі функціональної підготовленості спортсменів може бути виділено багато локальних функціональних систем, які знаходяться на різних ієрархічних рівнях по відношенню до спортивного результату. Кожна функціональна система характеризується рядом властивостей, які забезпечують досягнення спортивного результату. Вони включають: потужність – максимальний рівень фізичних та психічних ресурсів, які можуть бути мобілізовані для досягнення бажаного результату; швидкість розгортання процесів; динамічність – здатність оперативно реагувати на зміни внутрішнього та зовнішнього середовища; резистентність – стійкість до дії внутрішніх та зовнішніх факторів, які протидіють досягненню заданого результату; ємність – обсяг ресурсів, які можуть бути мобілізовані; економічність – здатність до досягнення кінцевого результату при мінімальних витратах ресурсів. Функціональні системи, які забезпечують результативність у видах витривалості, характеризуються складною взаємодією цих властивостей. Сучасні дослідження [13, 18, 22, 25, 32] підтверджують, що ультрамарафонські дисципліни висувають значні вимоги до різних функціональних систем організму. Тренування на витривалість викликають структурні та функціональні зміни, які дозволяють адаптуватися до вимог ультрамарафону.

Сьогодні наукові дослідження спрямовані передовсім на пошук факторів, які корелюють з кращим результатом на ультрамарафонських дистанціях. Серед таких факторів – нижчий індекс маси тіла, вищий тренувальний обсяг та інтенсивність тренування, попередній досвід змагань, використання кофеїну, дієта з низьким вмістом певних типів вуглеводів, режим гідратації «до спраги», споживання вуглеводів під час змагань, «тренування шлунка» для збільшення споживання калорій під час бігу [36]. В більшості випадків гострі зміни, які стосуються серцево-судинної, дихальної, ендокринної, скелетно-м'язової та нервової систем у спортсменів-ультрамарафонців мають тимчасовий характер, а відповідні маркери повертаються до норми протягом годин або днів після змагань на дистанції, що перевищує 42 195 м.

В сучасній науковій літературі триває дискусія про користь ультрамарафонів для здоров'я. З огляду на маркери пошкодження різних органів та систем, завершення ультрамарафонської дистанції не має користі для здоров'я в короткостроковій перспективі. Проте, в довгостроковій перспективі ультрамарафони можуть мати користь для здоров'я з огляду на дотримання спортсменами принципів здорового способу життя. Дослідження свідчать про позитивний вплив ультрамарафонської підготовки на довжину тіломірів, що може сприяти уповільненню старіння [4, 9]. Водночас, довготривалий вплив ультрамарафонської підготовки на організм спортсменів та механізми адаптації різних функціональних систем та стимули, які їх викликають, залишаються вивченими недостатньо.

Ретроспективний аналіз літератури показує, що тренування, які передбачають виконання великого бігового обсягу, ведуть до необхідної адаптації на рівні різних систем та органів. Водночас точні параметри таких тренувань залишаються дискусійними. Наприклад, незрозуміло, що важливіше для бігунів на ультрамарафонській дистанції – високий загальний біговий обсяг чи тривалість окремих тренувальних занять. Проведення відпо-

відних досліджень має технічні, часові та фінансові обмеження. Це уповільнює процес наукового пошуку та розробку науково обґрунтованих рекомендацій для побудови тренувального процесу. Потрібні подальші дослідження, які б включали визначення та уточнення предикторів ультрамарафонської діяльності на основі використання сучасних методів функціональної діагностики, контролю біохімічних змін в організмі, змін у роботі нервової системи. Потрібна розробка протоколів таких досліджень, які б враховували тривалість змагальної діяльності ультрамарафонців (наприклад, 6–7 год для кваліфікованих бігунів на 100 км). А також проведення відповідних досліджень з метою визначення змін функціональних систем протягом місяців та років тренувань.

**Висновки.** Ефективність змагальної діяльності ультрамарафонців визначається широким спектром тренувальних та позатренувальних факторів. На функціональному рівні предикторами результату ультрамарафону є параметри максимального споживання кисню, швидкості на рівні анаеробного порогу, показники, пов'язані з ліпідним обміном. Тренувальні фактори, які асоціюються з кращим результатом на ультрамарафонських дистанціях, включають тренувальний обсяг та інтенсивність.

Специфічним фактором для ультрамарафону є адаптація травної системи до споживання висококалорійної їжі та регідратації під час тривалих навантажень. Важливе значення має адаптація кістково-м'язової системи до вимог тривалих циклічних навантажень, що включає як структурні зміни (потовщення сухожил'я та зв'язок, збільшення щільності кісток, помірна гіпертрофія м'язів), так і покращення біомеханіки рухів, міжм'язової та внутрішньом'язової координації. Необхідним є підтримання високого рівня загального здоров'я з метою мінімізації факторів ризику, пов'язаних з можливими порушеннями в діяльності окремих органів та систем (нирки, печінка, серце).

Подальше удосконалення тренувального процесу кваліфікованих ультрамарафонців, які спеціалізуються у

бігу по шосе на дистанції 100 км, вбачається в розробці програми, що базується на раціональному співвідношенні тренувальних засобів різної переважної спрямованості у макроциклі підготовки з урахуванням функціональної підготовленості атлетів.

**Конфлікт інтересів.** Автори заявляють, що відсутній будь-який конфлікт інтересів.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Платонов В. Теории адаптации и функциональных систем в развитии системы знаний в области подготовки спортсменов. Наука в олимпийском спорте. 2017;(1):29–47.
2. Попов С. Побудова тренувального процесу кваліфікованих ультрамарафонців на дистанції 100 км: ретроспективний аналіз та сучасні підходи. Теорія і методика фізичного виховання і спорту. 2022;(3):51–58. doi: 10.32652/tmfvs.2022.3.51-58
3. Barnes KR, Kilding AE. Strategies to improve running economy. Sports Med. 2015;45(1):37–56. doi: 10.1007/s40279-014-0246-y. PMID: 25164465.
4. Borghini A, Giardini G, Tonacci A, Mastorci F, Mercuri A, Mrakic-Sposta S, Moretti S, Andreassi MG, Pratali L. Chronic and acute effects of endurance training on telomere length. Mutagenesis. 2015;30(5):711–6. doi: 10.1093/mutage/gev038. Epub 2015 May 22. Erratum in: Mutagenesis. 2016 Mar;31(2):231. PMID: 26001753.
5. Cejka N, Knechtle B, Rüst CA, Rosemann T, Lepers R. Performance and Age of the Fastest Female and Male 100-KM Ultramarathoners Worldwide From 1960 to 2012. Journal Strength Cond Res. 2015;29(5):1180–90. doi: 10.1519/JSC.0000000000000370. PMID: 24476771.
6. Chiu YH, Lai JI, Wang SH, How CK, Li LH, Kao WF, Yang CC, Chen RJ. Early changes of the anemia phenomenon in male 100-km ultramarathoners. Journal Chin Med Assoc. 2015;78(2):108–13. doi: 10.1016/j.jcma.2014.09.004. Epub 2014 Nov 1. PMID: 25456038.
7. Degache F, Morin J, Oehen L, et al. Running mechanics during the World's most challenging mountain Ultramarathon. Int Journal Sports Physiol Perform. 2016;11:608–614. doi: 10.1123/ijsp.2015-0238.
8. Denadai BS, Greco CC. Could middle- and long-distance running performance of well-trained athletes be best predicted by the same aerobic parameters? Curr Res Physiol. 2022; 23;5:265–269. doi: 10.1016/j.crphys.2022.06.006. PMID: 35800136; PMCID: PMC9253837.
9. Denham J, Nelson CP, O'Brien BJ, Nankervis SA, Denniff M, Harvey JT, Marques FZ, Codd V, Zukowska-Szczechowska E, Samani NJ, Tomaszewski M, Charchar FJ. Longer leukocyte telomeres are associated with ultra-endurance exercise independent of cardiovascular risk factors. PLoS One. 2013; 31;8(7):e69377. doi: 10.1371/journal.pone.0069377. PMID: 23936000; PMCID: PMC3729964.
10. Didier S, Vauthier JC, Gambier N, Renaud P, Chenuel B, Poussel M. Substance use and misuse in a mountain ultramarathon: new insight into ultrarunners population? Res Sports Med. 2017;25(2):244–251. doi:

- 10.1080/15438627.2017.1282356. Epub 2017 Jan 23. PMID: 28114830.
11. Fazal AA, Whittemore MS, DeGeorge KC. Foot-strike haemolysis in an ultramarathon runner. *BMJ Case Rep.* 2017; 13;2017:bcr2017220661. doi: 10.1136/bcr-2017-220661. PMID: 29237656; PMCID: PMC5728222.
12. Fornasiero A, Savoldelli A, Fruet D, Boccia G, Pellegrini B, Schena F. Physiological intensity profile, exercise load and performance predictors of a 65-km mountain ultra-marathon. *Journal Sports Sci.* 2018;36(11):1287–1295. doi: 10.1080/02640414.2017.1374707. Epub 2017 Sep 4. PMID: 28869746.
13. Garbisu-Hualde A, Santos-Concejero J. What are the Limiting Factors During an Ultra-Marathon? A Systematic Review of the Scientific Literature. *Journal Hum Kinet.* 2020; 31;72:129–139. doi: 10.2478/hukin-2019-0102. PMID: 32269654; PMCID: PMC7126261.
14. Glace B, Murphy C, McHugh M. Food and fluid intake and disturbances in gastrointestinal and mental function during an ultramarathon. *Int Journal Sport Nutr Exerc Metab.* 2002;12(4):414–27. doi: 10.1123/ijnsnem.12.4.414. PMID: 12500985.
15. Hoffman MD, Badowski N, Chin J, Stuempfle KJ, Parise CA. Determinants of recovery from a 161-km ultramarathon. *Journal Sports Sci.* 2017;35(7):669–677. doi: 10.1080/02640414.2016.1183808. Epub 2016 May 11. PMID: 27167683.
16. Hoffman MD, Goulet EDB, Maughan RJ. Considerations in the Use of Body Mass Change to Estimate Change in Hydration Status During a 161-Kilometer Ultramarathon Running Competition. *Sports Med.* 2018;48(2):243–250. doi: 10.1007/s40279-017-0782-3. Erratum in: *Sports Med.* 2018 Dec;48(12):2893–2894. PMID: 28895063.
17. Howe CCF, Swann N, Spendiff O, Kosciuk A, Pummell EKL, Moir HJ. Performance determinants, running energetics and spatiotemporal gait parameters during a treadmill ultramarathon. *Eur Journal Appl Physiol.* 2021;121(6):1759–1771. doi: 10.1007/s00421-021-04643-2. Epub 2021 Mar 11. PMID: 33704547; PMCID: PMC8144128.
18. Jastrzębski Z, Żychowska M, Jastrzębska M, Prusik K, Prusik K, Kortas J, Ratkowski W, Konieczna A, Radziński Ł. Changes in blood morphology and chosen biochemical parameters in ultra-marathon runners during a 100-km run in relation to the age and speed of runners. *Int Journal Occup Med Environ Health.* 2016;29(5):801–14. doi: 10.13075/ijomeh.1896.00610. PMID: 27518889.
19. Jeukendrup AE. Training the Gut for Athletes. *Sports Med.* 2017; 47(Suppl 1):101–110. doi: 10.1007/s40279-017-0690-6. PMID: 28332114; PMCID: PMC5371619.
20. Joslin J, Mularella J, Bail A, Wojcik S, Cooney DR. Mandatory Rest Stops Improve Athlete Safety during Event Medical Coverage for Ultramarathons. *Prehosp Disaster Med.* 2016;31(1):43–5. doi: 10.1017/S1049023X15005555. Epub 2016 Jan 11. PMID: 26750179.
21. Khodae M, Spittler J, VanBaak K, Changstrom BG, Hill JC. Effects of Running an Ultramarathon on Cardiac, Hematologic, and Metabolic Biomarkers. *Int Journal Sports Med.* 2015;36(11):867–71. doi: 10.1055/s-0035-1550045. Epub 2015 Jul 2. PMID: 26134662.
22. Knechtle B, Nikolaidis PT. Physiology and Pathophysiology in Ultra-Marathon Running. *Front Physiol.* 2018; 1;9:634. doi: 10.3389/fphys.2018.00634. PMID: 29910741; PMCID: PMC5992463.
23. Lipman GS, Krabak BJ, Rundell SD, Shea KM, Badowski N, Little C. Incidence and Prevalence of Acute Kidney Injury During Multistage Ultramarathons. *Clin Journal Sport Med.* 2016;26(4):314–9. doi: 10.1097/JSM.0000000000000253. PMID: 26513390.
24. Liu CH, Tseng YF, Lai JI, Chen YQ, Wang SH, Kao WF, Li LH, Chiu YH, How CK, Chang WH. The changes of red blood cell viscoelasticity and sports anemia in male 24-hr ultra-marathoners. *Journal Chin Med Assoc.* 2018;81(5):475–481. doi: 10.1016/j.jcma.2017.09.011. Epub 2017 Nov 10. PMID: 29133160.
25. Longman DP, Prall SP, Shattuck EC, Stephen ID, Stock JT, Wells JCK, Muehlenbein MP. Short-term resource allocation during extensive athletic competition. *Am Journal Hum Biol.* 2018;30(1):e23052. doi: 10.1002/ajhb.23052. Epub 2017 Oct 10. PMID: 28994489; PMCID: PMC5846891.
26. Martinez S, Aguilo A, Rodas L, Lozano L, Moreno C, Tauler P. Energy, macronutrient and water intake during a mountain ultra-marathon event: The influence of distance. *Journal Sports Sci.* 2018;36(3):333–339. doi: 10.1080/02640414.2017.1306092. Epub 2017 Mar 21. PMID: 28322630.
27. McGreal K, Budhiraja P, Jain N, Yu AS. Current Challenges in the Evaluation and Management of Hyponatremia. *Kidney Dis (Basel).* 2016;2(2):56–63. doi: 10.1159/000446267. Epub 2016 May 14. PMID: 27536693; PMCID: PMC4947691.
28. Nagashima J, Musha H, Takada H, Murayama M. Left ventricular chamber size predicts the race time of Japanese participants in a 100 km ultramarathon. *Br. Journal Sports Med.* 2006;40:331–333. doi: 10.1136/bjism.2005.022673
29. Pradas F, Falcón D, Peñarubia-Lozano C, Toro-Román V, Carrasco L, Castellar C. Effects of Ultratrail Running on Neuromuscular Function, Muscle Damage and Hydration Status. Differences According to Training Level. *Int Journal Environ Res Public Health.* 2021; 12;18(10):5119. doi: 10.3390/ijerph18105119. PMID: 34065969; PMCID: PMC8150532.
30. Purdom T, Kravitz L, Dokladny K, Mermier C. Understanding the factors that effect maximal fat oxidation. *Journal Int Soc Sports Nutr.* 2018; 12;15:3. doi: 10.1186/s12970-018-0207-1. PMID: 29344008; PMCID: PMC5766985.
31. Randell RK, Rollo I, Roberts TJ, Dalrymple KJ, Jekendrup AE, Carter JM. Maximal fat oxidation rates in an athletic population. *Med Sci Sports Exerc.* 2017;49(1):133–40.
32. Rothwell O, George K, Somauroo J, et al. Right ventricular structure and function in the veteran ultramarathon runner: is there evidence for chronic maladaptation? *Journal Am. Soc. Echocardiogr.* 2018;31:598–605 e1.
33. Rubio-Arias JÁ, Ávila-Gandía V, López-Román FJ, Soto-Méndez F, Alcaraz PE, Ramos-Campo DJ. Muscle damage and inflammation biomarkers after two ultra-endurance mountain races of different distances: 54 km vs 111 km. *Physiol Behav.* 2019; 1;205:51–57. doi: 10.1016/j.physbeh.2018.10.002. Epub 2018 Oct 3. PMID: 30291850.
34. Rüst CA, Knechtle B, Knechtle P, Wirth A, Rosemann T. Body mass change and ultraendurance performance: a decrease in body mass is associated with an increased running speed in male 100-km ultramarathoners. *Journal Strength Cond Res.* 2012;26(6):1505–16. doi: 10.1519/JSC.0b013e318231a7b5. PMID: 22614141.
35. Sansoni V, Vernillo G, Perego S, Barbuti A, Merati G, Schena F, La Torre A, Banfi G, Lombardi G. Bone turnover response is linked to both acute and established metabolic changes in ultra-marathon runners. *Endocrine.* 2017;56(1):196–204. doi: 10.1007/s12020-016-1012-8. Epub 2016 Jul 15. PMID: 27422791.
36. Spittler J, Oberle L. Current Trends in Ultramarathon Running. *Curr Sports Med Rep.* 2019;18(11):387–393. doi: 10.1249/JSR.0000000000000654. PMID: 31702720.
37. Taksaudom N, Tongsir N, Potikul A, et al. Race predictors and hemodynamic alteration after an ultra-trail marathon race. *Open Access Journal Sports Med.* 2017;8:181–7.
38. Tiller NB, Roberts JD, Beasley L, Chapman S, Pinto JM, Smith L, Wiffin M, Russell M, Sparks SA, Duckworth L, O'Hara J, Sutton L, Antonio J, Willoughby DS, Tarpey MD, Smith-Ryan AE, Ormsbee MJ, Astorino TA, Kreider RB, McGinnis GR, Stout JR, Smith JW, Arent SM, Campbell BI, Bannock L. International Society of Sports Nutrition Position Stand: nutritional considerations for single-stage ultra-marathon training and racing. *Journal Int Soc Sports Nutr.* 2019; 7;16(1):50. doi: 10.1186/s12970-019-0312-9. PMID: 31699159; PMCID: PMC6839090.
39. Urdampilleta A, Arribalzaga S, Viribay A, Castañeda-Babarro A, Seco-Calvo J, Mielgo-Ayuso J. Effects of 120 vs. 60 and 90 g/h Carbohydrate Intake during a Trail Marathon on Neuromuscular Function and High Intensity Run Capacity Recovery. *Nutrients.* 2020; 15;12(7):2094. doi: 10.3390/nu12072094. PMID: 32679728; PMCID: PMC7400827.
40. Valentino TR, Stuempfle KJ, Kern M, Hoffman MD. The influence of hydration state on thermoregulation during a 161-km ultramarathon. *Res Sports Med.* 2016;24(3):212–21. doi: 10.1080/15438627.2016.1191491. Epub 2016 Jun 3. PMID: 27258701.
41. Vernillo G, Doucende G, Cassirame J, Mourot L. Energetically optimal stride frequency is maintained with fatigue in trained ultramarathon runners. *Journal Sci Med Sport.* 2019;22(9):1054–1058. doi: 10.1016/j.jsams.2019.04.003. Epub 2019 Apr 15. PMID: 31029549.
42. Vernillo G, Millet GP, Millet GY. Does the Running Economy Really Increase after Ultra-Marathons? *Front Physiol.* 2017; 9;8:783. doi: 10.3389/fphys.2017.00783. PMID: 29062284; PMCID: PMC5640780.
43. Volek JS, Noakes T, Phinney SD. Re-thinking fat as a fuel of endurance exercise. *Eur Journal Sport Sci.* 2015;15(1):13–20.
44. Willmott AGB, Hayes M, Waldock KAM, Relf RL, Watkins ER, James CA, Gibson OR, Smeeton NJ, Richardson AJ, Watt PW, Maxwell NS. Short-term heat acclimation prior to a multi-day desert ultra-marathon improves physiological and psychological responses without compromising immune status. *Journal Sports Sci.* 2017;35(22):2249–2256. doi: 10.1080/02640414.2016.1265142. Epub 2016 Dec 9. PMID: 27935427.
45. Yoon JH, Park Y, Ahn J, Shin KA, Kim YJ. Changes in the markers of cardiac damage in men following long-distance and ultra-long-distance running races. *Journal Sports Med Phys Fitness.* 2016;56(3):295–301.
46. Žakovská A, Knechtle B, Chlíbková D, Miličková M, Rosemann T, Nikolaidis PT. The Effect of a 100-km Ultra-Marathon under Freezing Conditions on Selected Immunological and Hematological Parameters. *Front Physiol.* 2017;

12;8:638. doi: 10.3389/fphys.2017.00638. PMID: 28955243; PMCID: PMC5600930.

## LITERATURE

1. Platonov V. Theories of adaptation and functional systems in the development of knowledge in the field of preparation of athletes. *Science in Olympic sport*. 2017;(1):29–47.

2. Popov S. Designing the training process of qualified ultramarathon runners on 100 km distance: retrospective analysis and modern approaches. Theory and methods of physical education and sports. 2022;(3):51–58. doi: 10.32652/tmfvs.2022.3.51-58

3. Barnes KR, Kilding AE. Strategies to improve running economy. *Sports Med*. 2015; 45(1):37–56. doi: 10.1007/s40279-014-0246-y. PMID: 25164465.

4. Borghini A, Giardini G, Tonacci A, Mastorci F, Mercuri A, Mrakic-Spota S, Moretti S, Andreassi MG, Pratali L. Chronic and acute effects of endurance training on telomere length. *Mutagenesis*. 2015; 30(5):711–6. doi: 10.1093/mutage/gev038. Epub 2015 May 22. Erratum in: *Mutagenesis*. 2016 Mar;31(2):231. PMID: 26001753.

5. Cejka N, Knechtle B, Rüst CA, Rosemann T, Lepers R. Performance and Age of the Fastest Female and Male 100-KM Ultramarathoners Worldwide From 1960 to 2012. *Journal Strength Cond Res*. 2015;29(5):1180–90. doi: 10.1519/JSC.0000000000000370. PMID: 24476771.

6. Chiu YH, Lai JI, Wang SH, How CK, Li LH, Kao WF, Yang CC, Chen RJ. Early changes of the anemia phenomenon in male 100-km ultramarathoners. *Journal Chin Med Assoc*. 2015;78(2):108–13. doi: 10.1016/j.jcma.2014.09.004. Epub 2014 Nov 1. PMID: 25456038.

7. Degache F, Morin J, Oehen L, et al. Running mechanics during the World's most challenging mountain Ultramarathon. *Int Journal Sports Physiol Perform*. 2016;11:608–614. doi: 10.1123/ijcpp.2015-0238.

8. Denadai BS, Greco CC. Could middle- and long-distance running performance of well-trained athletes be best predicted by the same aerobic parameters? *Curr Res Physiol*. 2022; 23;5:265–269. doi: 10.1016/j.crphys.2022.06.006. PMID: 35800136; PMCID: PMC9253837.

9. Denham J, Nelson CP, O'Brien BJ, Nankervis SA, Denniff M, Harvey JT, Marques FZ, Codd V, Zukowska-Szczechowska E, Samani NJ, Tomaszewski M, Charchar FJ. Longer leukocyte telomeres are associated with ultra-endurance exercise independent of cardiovascular risk factors. *PLoS One*. 2013; 31;8(7):e69377. doi: 10.1371/journal.pone.0069377. PMID: 23936000; PMCID: PMC3729964.

10. Didier S, Vauthier JC, Gambier N, Renaud P, Chenuel B, Poussel M. Substance use and misuse in a mountain ultramarathon: new insight into ultrarunners population? *Res Sports Med*. 2017;25(2):244–251. doi: 10.1080/15438627.2017.1282356. Epub 2017 Jan 23. PMID: 28114830.

11. Fazal AA, Whittemore MS, DeGeorge KC. Foot-strike haemolysis in an ultramarathon runner. *BMJ Case Rep*. 2017; 13;2017:bcr2017220661. doi: 10.1136/bcr-2017-220661. PMID: 29237656; PMCID: PMC5728222.

12. Fornasiero A, Savoldelli A, Fruet D, Boccia G, Pellegrini B, Schena F. Physiological intensity profile, exercise load and performance predictors of a 65-km mountain ultra-marathon.

*Journal Sports Sci*. 2018;36(11):1287–1295. doi: 10.1080/02640414.2017.1374707. Epub 2017 Sep 4. PMID: 28869746.

13. Garbisu-Hualde A, Santos-Concejero J. What are the Limiting Factors During an Ultra-Marathon? A Systematic Review of the Scientific Literature. *Journal Hum Kinet*. 2020; 31;72:129–139. doi: 10.2478/hukin-2019-0102. PMID: 32269654; PMCID: PMC7126261.

14. Glace B, Murphy C, McHugh M. Food and fluid intake and disturbances in gastrointestinal and mental function during an ultramarathon. *Int Journal Sport Nutr Exerc Metab*. 2002;12(4):414–27. doi: 10.1123/ijnsnm.12.4.414. PMID: 12500985.

15. Hoffman MD, Badowski N, Chin J, Stuempfle KJ, Parise CA. Determinants of recovery from a 161-km ultramarathon. *Journal Sports Sci*. 2017;35(7):669–677. doi: 10.1080/02640414.2016.1183808. Epub 2016 May 11. PMID: 27167683.

16. Hoffman MD, Goulet EDB, Maughan RJ. Considerations in the Use of Body Mass Change to Estimate Change in Hydration Status During a 161-Kilometer Ultramarathon Running Competition. *Sports Med*. 2018;48(2):243–250. doi: 10.1007/s40279-017-0782-3. Erratum in: *Sports Med*. 2018 Dec;48(12):2893–2894. PMID: 28895063.

17. Howe CCF, Swann N, Spendiff O, Kosciuk A, Pummell EKL, Moir HJ. Performance determinants, running energetics and spatiotemporal gait parameters during a treadmill ultramarathon. *Eur Journal Appl Physiol*. 2021;121(6):1759–1771. doi: 10.1007/s00421-021-04643-2. Epub 2021 Mar 11. PMID: 33704547; PMCID: PMC8144128.

18. Jastrzębski Z, Zychowska M, Jastrzębska M, Prusik K, Prusik K, Kortas J, Ratkowski W, Konieczna A, Radziński Ł. Changes in blood morphology and chosen biochemical parameters in ultra-marathon runners during a 100-km run in relation to the age and speed of runners. *Int Journal Occup Med Environ Health*. 2016;29(5):801–14. doi: 10.13075/ijomeh.1896.00610. PMID: 27518889.

19. Jeukendrup AE. Training the Gut for Athletes. *Sports Med*. 2017; 47(Suppl 1):101–110. doi: 10.1007/s40279-017-0690-6. PMID: 28332114; PMCID: PMC5371619.

20. Joslin J, Mularella J, Bail A, Wojcik S, Cooney DR. Mandatory Rest Stops Improve Athlete Safety during Event Medical Coverage for Ultramarathons. *Prehosp Disaster Med*. 2016;31(1):43–5. doi: 10.1017/S1049023X15005555. Epub 2016 Jan 11. PMID: 26750179.

21. Khodae M, Spittler J, VanBaak K, Changstrom BG, Hill JC. Effects of Running an Ultramarathon on Cardiac, Hematologic, and Metabolic Biomarkers. *Int Journal Sports Med*. 2015;36(11):867–71. doi: 10.1055/s-0035-1550045. Epub 2015 Jul 2. PMID: 26134662.

22. Knechtle B, Nikolaidis PT. Physiology and Pathophysiology in Ultra-Marathon Running. *Front Physiol*. 2018; 1;9:634. doi: 10.3389/fphys.2018.00634. PMID: 29910741; PMCID: PMC5992463.

23. Lipman GS, Krabak BJ, Rundell SD, Shea KM, Badowski N, Little C. Incidence and Prevalence of Acute Kidney Injury During Multistage Ultramarathons. *Clin Journal Sport Med*. 2016;26(4):314–9. doi: 10.1097/JSM.0000000000000253. PMID: 26513390.

24. Liu CH, Tseng YF, Lai JI, Chen YQ, Wang SH, Kao WF, Li LH, Chiu YH, How CK, Chang WH. The changes of red blood cell viscoelasticity and sports anemia in male 24-hr ultra-marathoners.

*Journal Chin Med Assoc*. 2018;81(5):475–481. doi: 10.1016/j.jcma.2017.09.011. Epub 2017 Nov 10. PMID: 29133160.

25. Longman DP, Prall SP, Shattuck EC, Stephen ID, Stock JT, Wells JCK, Muehlenbein MP. Short-term resource allocation during extensive athletic competition. *Am Journal Hum Biol*. 2018;30(1):e23052. doi: 10.1002/ajhb.23052. Epub 2017 Oct 10. PMID: 28994489; PMCID: PMC5846891.

26. Martinez S, Aguilo A, Rodas L, Lozano L, Moreno C, Tauler P. Energy, macronutrient and water intake during a mountain ultramarathon event: The influence of distance. *Journal Sports Sci*. 2018;36(3):333–339. doi: 10.1080/02640414.2017.1306092. Epub 2017 Mar 21. PMID: 28322630.

27. McGreal K, Budhiraja P, Jain N, Yu AS. Current Challenges in the Evaluation and Management of Hyponatremia. *Kidney Dis (Basel)*. 2016;2(2):56–63. doi: 10.1159/000446267. Epub 2016 May 14. PMID: 27536693; PMCID: PMC4947691.

28. Nagashima J, Musha H, Takada H, Murayama M. Left ventricular chamber size predicts the race time of Japanese participants in a 100 km ultramarathon. *Br Journal Sports Med*. 2006;40:331–333. doi: 10.1136/bjsm.2005.022673

29. Pradas F, Falcón D, Peñarriba-Lozano C, Toro-Román V, Carrasco L, Castellar C. Effects of Ultratrail Running on Neuromuscular Function, Muscle Damage and Hydration Status. Differences According to Training Level. *Int Journal Environ Res Public Health*. 2021; 12;18(10):5119. doi: 10.3390/ijerph18105119. PMID: 34065969; PMCID: PMC8150532.

30. Purdom T, Kravitz L, Dokladny K, Mermier C. Understanding the factors that effect maximal fat oxidation. *Journal Int Soc Sports Nutr*. 2018; 12;15:3. doi: 10.1186/s12970-018-0207-1. PMID: 29344008; PMCID: PMC5766985.

31. Randell RK, Rollo I, Roberts TJ, Dalrymple KJ, Jekendrup AE, Carter JM. Maximal fat oxidation rates in an athletic population. *Med Sci Sports Exerc*. 2017;49(1):133–40.

32. Rothwell O, George K, Somauroo J, et al. Right ventricular structure and function in the veteran ultramarathon runner: is there evidence for chronic maladaptation? *Journal Am. Soc. Echocardiogr*. 2018;31:598–605 e1.

33. Rubio-Arias JA, Ávila-Gandía V, López-Román FJ, Soto-Méndez F, Alcaraz PE, Ramos-Campo DJ. Muscle damage and inflammation biomarkers after two ultra-endurance mountain races of different distances: 54 km vs 111 km. *Physiol Behav*. 2019; 1;205:51–57. doi: 10.1016/j.physbeh.2018.10.002. Epub 2018 Oct 3. PMID: 30291850.

34. Rüst CA, Knechtle B, Knechtle P, Wirth A, Rosemann T. Body mass change and ultraendurance performance: a decrease in body mass is associated with an increased running speed in male 100-km ultramarathoners. *Journal Strength Cond Res*. 2012;26(6):1505–16. doi: 10.1519/JSC.0b013e318231a7b5. PMID: 22614141.

35. Sansoni V, Vernillo G, Perego S, Barbuti A, Merati G, Schena F, La Torre A, Banfi G, Lombardi G. Bone turnover response is linked to both acute and established metabolic changes in ultra-marathon runners. *Endocrine*. 2017;56(1):196–204. doi: 10.1007/s12020-016-1012-8. Epub 2016 Jul 15. PMID: 27422791.

36. Spittler J, Oberle L. Current Trends in Ultramarathon Running. *Curr Sports Med Rep*. 2019;18(11):387–393. doi: 10.1249/JSR.0000000000000654. PMID: 31702720.



37. Taksaudom N, Tongsiri N, Potikul A, et al. Race predictors and hemodynamic alteration after an ultra-trail marathon race. *Open Access Journal Sports Med.* 2017;8:181–7.
38. Tiller NB, Roberts JD, Beasley L, Chapman S, Pinto JM, Smith L, Wiffin M, Russell M, Sparks SA, Duckworth L, O'Hara J, Sutton L, Antonio J, Willoughby DS, Tarpey MD, Smith-Ryan AE, Ormsbee MJ, Astorino TA, Kreider RB, McGinnis GR, Stout JR, Smith JW, Arent SM, Campbell BI, Bannock L. International Society of Sports Nutrition Position Stand: nutritional considerations for single-stage ultra-marathon training and racing. *Journal Int Soc Sports Nutr.* 2019; 7;16(1):50. doi: 10.1186/s12970-019-0312-9. PMID: 31699159; PMCID: PMC6839090.
39. Urdampilleta A, Arribalzaga S, Viribay A, Castañeda-Babarro A, Seco-Calvo J, Mielgo-Ayuso J. Effects of 120 vs. 60 and 90 g/h Carbohydrate Intake during a Trail Marathon on Neuromuscular Function and High Intensity Run Capacity Recovery. *Nutrients.* 2020; 15;12(7): 2094. doi: 10.3390/nu12072094. PMID: 32679728; PMCID: PMC7400827.
40. Valentino TR, Stuempfle KJ, Kern M, Hoffman MD. The influence of hydration state on thermoregulation during a 161-km ultramarathon. *Res Sports Med.* 2016;24(3):212–21. doi: 10.1080/15438627.2016.1191491. Epub 2016 Jun 3. PMID: 27258701.
41. Vernillo G, Doucende G, Cassirame J, Mourot L. Energetically optimal stride frequency is maintained with fatigue in trained ultramarathon runners. *Journal Sci Med Sport.* 2019;22(9):1054–1058. doi: 10.1016/j.jsams.2019.04.003. Epub 2019 Apr 15. PMID: 31029549.
42. Vernillo G, Millet GP, Millet GY. Does the Running Economy Really Increase after Ultra-Marathons? *Front Physiol.* 2017; 9;8:783. doi: 10.3389/fphys.2017.00783. PMID: 29062284; PMCID: PMC5640780.
43. Volek JS, Noakes T, Phinney SD. Rethinking fat as a fuel of endurance exercise. *Eur Journal Sport Sci.* 2015;15(1):13–20.
44. Willmott AGB, Hayes M, Waldock KAM, Relf RL, Watkins ER, James CA, Gibson OR, Smeeton NJ, Richardson AJ, Watt PW, Maxwell NS. Short-term heat acclimation prior to a multi-day desert ultra-marathon improves physiological and psychological responses without compromising immune status. *Journal Sports Sci.* 2017;35(22): 2249–2256. doi: 10.1080/02640414.2016.1265142. Epub 2016 Dec 9. PMID: 27935427.
45. Yoon JH, Park Y, Ahn J, Shin KA, Kim YJ. Changes in the markers of cardiac damage in men following long-distance and ultra-long-distance running races. *Journal Sports Med Phys Fitness.* 2016;56(3):295–301.
46. Žáková A, Knechtle B, Chlíbková D, Miličková M, Rosemann T, Nikolaidis PT. The Effect of a 100-km Ultra-Marathon under Freezing Conditions on Selected Immunological and Hematological Parameters. *Front Physiol.* 2017; 12;8:638. doi: 10.3389/fphys.2017.00638. PMID: 28955243; PMCID: PMC5600930.

#### ІНФОРМАЦІЯ ПРО АВТОРІВ

**Совенко Сергій Петрович** <https://orcid.org/0000-0001-9996-4712>, [sovenkos@ukr.net](mailto:sovenkos@ukr.net)

**Попов Сергій Юрійович** <https://orcid.org/0000-0002-0674-9579>, [popovsergey@ukr.net](mailto:popovsergey@ukr.net)

Національний університет фізичного виховання і спорту України,  
вул. Фізкультури 1, м. Київ, 03150, Україна

#### INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

**Sovenko Serhii** <https://orcid.org/0000-0001-9996-4712>, [sovenkos@ukr.net](mailto:sovenkos@ukr.net)

**Popov Serhii** <https://orcid.org/0000-0002-0674-9579>, [popovsergey@ukr.net](mailto:popovsergey@ukr.net)

National University of Ukraine on Physical Education and Sport  
Fizkul'tury str. 1, Kyiv, 03150, Ukraine

Надійшла 02.03.2023