ISSN 1817-7883 eISSN 2522-9354

DOI: 10.31393/reports-vnmedical-2024-28(1)-24
УДК: 577.121.7

ВИКОРИСТАННЯ ОСНОВНОГО ОБМІНУ ДЛЯ ОЦІНКИ ДОСТУПНОСТІ ЕНЕРГІЇ В СПОРТІ ВИЩИХ ДОСЯГНЕНЬ

Лошкарьова Є. О.[1], Пастухова В. А.[2]
[1]Державний науково-дослідний інститут фізичної культури і спорту (Столичне шосе, 19, м. Київ, Україна, 03131),
[2]Національний університет фізичного виховання та спорту України (вул. Фізкультури, 1, м. Київ, Україна, 03150)

Відповідальний за листування:
e-mail: *lea.dietdoc@gmail.com*

Статтю отримано 22 грудня 2023 р.; прийнято до друку 26 січня 2024 р.

Анотація. *Низька доступність енергії є причиною розвитку синдрому відносного дефіциту енергії у спорті (RED-S), який викликає порушення багатьох функцій організму. Оцінка доступності енергії є важливою складовою профілактики розвитку цього синдрому. Традиційний підхід до визначення доступності енергії передбачає підрахунок спожитих із їжею калорій і витрат енергії на фізичну активність, що не завжди є можливим зробити з високою точністю. Тому науковий інтерес становить пошук біомаркерів доступності енергії. Мета роботи - дослідити можливість використання основного обміну для оцінки доступності енергії у спортсменів. Основний обмін - це мінімальна кількість енергії, необхідна для забезпечення життєдіяльності людини у стані спокою. Хоча загалом кваліфіковані спортсмени мають вищий основний обмін порівняно з нетренованими особами, під час спостереження в динаміці він може знижуватися після періоду інтенсивних тренувань. Це свідчить про зниження швидкості метаболічних реакцій і можливе посилення катаболічних процесів. Під час інтенсивних тренувань виникає більша потреба в енергії, яка, якщо вона недостатньо компенсується за рахунок раціону харчування, провокує каскад метаболічних, гормональних і нервових реакцій з метою підтримки гомеостазу та збереження енергії. Найбільш точним методом визначення основного обміну, доступним для використання у спортивній практиці, є непряма калориметрія. Однак його визначення потребує стандартизації умов проведення, зокрема режиму тренувань напередодні вимірювання та урахування фази менструального циклу у жінок-спортсменок. Подальше вивчення біомаркерів доступності енергії дозволить більш об'єктивно оцінювати наявність низької доступності енергії та виявляти спортсменів у групі ризику розвитку RED-S синдрому.*

Ключові слова: *спортсмени, основний обмін, енерговитрати, низька доступність енергії, синдром відносного дефіциту енергії в спорті.*

Вступ

Харчування є важливою складовою спортивної працездатності. Ураховуючи значні енерговитрати, що пов'язані з фізичною активністю, для кваліфікованих спортсменів украй важливо компенсувати їх за рахунок дієти з адекватною калорійністю, оскільки відшкодування енергетичних витрат організму є базовим принципом раціонального харчування. При цьому добові енерговитрати (ДЕВ) кваліфікованих спортсменів варіюють в широких межах залежно від виду спорту, специфіки тренувальної та змагальної діяльності, періоду підготовки, клімато-географічних умов та інших чинників [3]. Більшість кваліфікованих спортсменів на фізичну активність витрачають не менше 1000-2000 ккал, а під час інтенсивних тренувань ДЕВ може перевищувати 10 000 ккал [13].

Такі значні енерговитрати створюють передумови для виникнення дефіциту енергії. Цей стан виникає, коли споживання енергії з їжею недостатнє для компенсації енерговитрат на фізичну активність [18]. Його виникненню сприяє навмисне обмеження добової калорійності їжі, яке практикують спортсмени з метою зменшення ваги тіла для досягнення більш тендітного зовнішнього вигляду в артистичних видах спорту або для потрапляння в певну вагову категорію у видах спорту, де існує такий розподіл [13].

Дефіцит енергії спочатку досліджували в контексті Тріади жінок-спортсменок - синдрому, що містить три компоненти: порушення харчування, дисфункцію менструального циклу та низьку щільність кісткової маси [6, 10]. Ці стани виникають через недостатнє споживання енергії порівняно з енергетичними витратами внаслідок інтенсивних тренувань та фізичної активності [21]. З плином часу розуміння цих станів розширилося за межі концепції тріади. У 2014 році консенсусною групою Міжнародного олімпійського комітету (МОК) у практику спортивної медицини був введений термін "синдром відносного дефіциту енергії в спорті" RED-S - "Relative Energy Deficiency in Sport" [22]. Це різні фізіологічні порушення, включаючи швидкість метаболізму, менструальну функцію, здоров'я кісток, імунітет, синтез білка та здоров'я серцево-судинної системи [7]. Основною причиною RED-S є низька доступність енергії - це відбувається, коли споживання калорій є недостатнім для забезпечення калорій, витрачених під час фізичних вправ, залишаючи недостатню енергію для нормального функціонування організму [8].

Доступність енергії в спортивній практиці прийнято визначати за формулою "харчове споживання мінус енерговитрати на фізичну активність" [18]. Оцінюють показник відносно безжирової маси тіла (БМТ) спортсмена. Значення 30 ккал на кг БМТ є пороговим - вважають, що це мінімальна кількість енергії для підтримання базових фізіологічних функцій організму. Значен-

ня нижче цього порогу свідчать про низьку доступність енергії [13, 18].

Однак такий підхід має низку недоліків, які суттєво впливають на точність отриманих результатів. Обчислення даних щоденників харчування та енерговитрат на фізичну активність потребують великих затрат часу. Використання спеціалізованих комп'ютерних програм допомагає скоротити час на обробку даних, проте не може усунути вплив інших факторів, що впливають на точність даних, зокрема якщо щоденники харчування та фізичної активності спортсмени заповнюють самостійно [3, 10].

Так, при самостійному заповненні щоденників харчування спортсмени можуть не зафіксувати всі спожиті продукти та напої. Крім того, великі труднощі викликає самостійна оцінка розміру порції, особливо якщо харчування не є централізованим. Мета-аналіз досліджень, які порівнюють самостійно заповнені щоденники харчування та дані, отримані за допомогою методу подвійної мітки води, демонструє, що в середньому відбувається недооцінка калорійності спожитої їжі на 19% [5].

Схожі недоліки мають і щоденники фізичної активності. При їх самостійному заповненні можуть бути не зафіксовані всі епізоди фізичної активності та їхня інтенсивність. Як і під час підрахунку енерговитрат за допомогою коефіцієнтів фізичної активності, при цьому не враховуються індивідуальні особливості спортсмена, зокрема, у яких пульсових зонах відбувалося те чи інше навантаження [23].

Слід також враховувати, що отримані за короткий період часу дані, наприклад, протягом тижня, можуть бути непоказовими для оцінки доступності енергії на більш тривалий період часу [10]. Індивідуальні зміни у фізичній активності та харчуванні можуть суттєво вплинути на загальний баланс енергії [15]. Тому актуальним завданням спортивної науки є пошук біомаркерів, які можуть бути додатково використані для більш точної оцінки доступності енергії. Одним із таких маркерів може бути основний обмін (ОО), оскільки він відображає витрати енергії на підтримання життєдіяльності організму [14, 17, 24, 27].

Мета роботи - дослідити можливість використання основного обміну для оцінки доступності енергії у спортсменів.

Матеріали та методи

На основі бази PubMed був виконаний ретроспективний аналіз наукових публікацій за темою дослідження, посилаючись переважно на публікації останніх п'яти років (2018-2023), окрім двох статей, що опубліковані у 2017 році. Провівши огляд анотацій статей та ознайомившись із їхнім повним текстом, було відібрано 30 джерел, що відповідали умовам запиту. Нижче наведено огляд та детальний аналіз оригінальних статей щодо досліджуваної проблеми.

Робота виконана в межах наукових тем "Удосконалення системи оцінки функціональних можливостей кваліфікованих спортсменів" (ДР № 0120U102907), "Контроль та корекція метаболізму кваліфікованих спортсменів за умов інтенсивних фізичних навантажень" (ДР № 0120U103004), "Вплив ендогенних та екзогенних факторів на перебіг адаптаційних реакцій організму до фізичних навантажень різної інтенсивності" (ДР № 0121U108187).

Результати. Обговорення

Основний обмін - це мінімальна кількість енергії, необхідна для забезпечення життєдіяльності людини у стані спокою (дихання, кровотворення, функції виділення, збереження тонусу м'язів, діяльність нервової та ендокринної систем тощо) [20, 24]. У разі тривалого дефіциту надходження енергії з раціону харчування ОО може знижуватись порівняно з нормальними значеннями [4, 12, 25]. Тому визначення основного обміну потенційно є інформативним для оцінки доступності енергії [14, 17, 24, 27].

ОО можна визначити за допомогою таких методів: пряма калориметрія, непряма калориметрія, прогнозування розрахунковим методом за допомогою стандартних формул.

Пряма калориметрія. У спеціальній калориметричній камері, повністю ізольованій від зовнішнього середовища, реєструється температура тіла людини, що знаходиться всередині. У наш час через складність використання цього методу в загальній практиці він не використовується [3].

Непряма калориметрія. В основі методу лежить розрахунок витрат енергії відповідно до споживання кисню та виділення вуглекислого газу. На основі аналізу газового складу повітря, що вдихається та видихається, розраховують продукцію тепла. За наявності відповідного обладнання (газовий аналізатор) дослідження нескладне для проведення і тому досить широко використовується при проведенні обстежень у спорті вищих досягнень [24].

Прогнозування розрахунковим методом за допомогою стандартних формул. У 1918 році Дж. Харріс та Ф. Бенедикт опублікували результати дослідження, в якому проаналізували показники ОО, отримані шляхом непрямої калориметрії у здорових людей та визначили залежність між цими значеннями та довжиною і масою тіла, статтю та віком, яка була врахована у формулу Харріса-Бенедикта. У подальшому було розроблено й інші формули [1, 12, 20]. Ці формули мають обмеження для використання у спорті, оскільки вони є екстраполяцією усереднених загальнопопуляційних даних і не враховують важливі індивідуальні параметри, наприклад, гормональний статус, генетичні особливості тощо [12, 24].

Варто зазначити, що хоча термін "основний обмін" є загальновживаним у сучасній науковій літературі, існує певна специфіка його використання. Визначення основного обміну (англ. BMR - Basal Metabolic rate) передбачає дотримання певних умов: дослідження проводять у

стані повного спокою, вранці, лежачи на спині, одразу після пробудження, натщесерце та після 12-14 інтервалу після останнього прийму їжі, у приміщенні за температури 20° С. Такі вимоги значно ускладнюють процес отримання даних дослідження та суттєво обмежують можливість його здійснення. Якщо ж ці умови не дотримані в повній мірі, то йдеться про енерговитрати спокою (ЕВС, англ. RMR - Resting Metabolic Rate). Різниця між основним обміном та енерговитратами спокою невелика та становить близько 10% [1, 3].

У спортсменів частіше вимірюють ЕВС методом непрямої калориметрії, оскільки такі дослідження легше організувати, особливо якщо вони мають на меті довготривалий моніторинг цього параметру [24].

Досить багато досліджень демонструють, що кваліфіковані спортсмени мають вищі ЕВС порівняно з нетренованими особами [1, 12, 24, 25]. Проте низка дослідників зазначають про можливе зниження ЕВС у спортсменів після періоду інтенсивних тренувань [4, 19, 30]. Такі зміни пов'язані зі зниженням швидкості метаболічних реакцій та вірогідним посиленням катаболічних процесів. Під час інтенсивних тренувань значно зростає потреба в енергії, у разі недостатньої компенсації енерговитрат за рахунок раціону харчування, провокується каскад метаболічних, регуляторних реакцій з метою підтримки гомеостазу та збереження енергії [4, 26, 29]. У зв'язку із цим використання основного обміну як біомаркеру доступності енергії становить інтерес у спортивній практиці.

У більшості досліджень зниженим рівнем вважається зменшення фактичних ЕВС на 10% і більше порівняно із прогнозованими ЕВС (за стандартними формулами) [1, 18, 28]. Дослідження демонструють, що найбільш точною у спортивній практиці є формула Каннінгема, оскільки вона враховує безжирову масу тіла, яка є основною детермінантою основного обміну [3].

Останні дослідження демонструють кореляцію між зниженим рівнем енерговитрат спокою та низькою доступністю енергії [16, 25, 27]. Отже, зниження основного обміну може бути корисним біомаркером доступності енергії, особливо під час довготривалого моніторингу цього параметру. Проте слід враховувати, що на його значення у спортсменів можуть впливати наведені нижче фактори.

Можливе тимчасове підвищення основного обміну після високоінтенсивних тренувань [1, 9]. У кваліфікованих спортсменів видів спорту на витривалість, які знаходяться в енергетичному балансі, ЕВС можуть залишатися підвищеними 1-2 дні після тренування порівняно з нетренованими людьми з однаковою БМТ [20]. Тому у кваліфікованих спортсменів ЕВС може бути постійно підвищеним порівняно з аматорами.

Відсутність стандартизації вимірювань. Це стосується як умов вимірювання (час вимірювання, тривалість, температура тощо), так і врахування індивідуальних параметрів, зокрема фази менструального циклу у жінок спортсменок, оскільки основний обмін може значно змінюватися протягом різних його фаз [2, 11, 13].

Висновки та перспективи подальших розробок

1. Низька доступність енергії - це патологічний стан, який негативно впливає на працездатність та здоров'я спортсменів.

2. Традиційна методика визначення доступності енергії шляхом співставлення спожитої з раціоном харчування енергії з енерговитратами на фізичну активність має низку недоліків, зокрема низьку точність вхідних даних.

3. Перспективним напрямом науки є пошук біомаркерів, які можуть бути використані для більш точної оцінки доступності енергії.

4. Основний обмін, виміряний шляхом непрямої калориметрії, може бути біомаркером доступності енергії у спорті. Його визначення потребує стандартизації умов проведення, зокрема режиму тренувань напередодні вимірювання та урахування фази менструального циклу у жінок-спортсменок.

Подальше вивчення біомаркерів доступності енергії дозволить більш об'єктивно оцінювати наявність низької доступності енергії та виявляти спортсменів у групі ризику розвитку RED-S синдрому.

Список посилань - References

[1] Balci, A., Badem, E. A., Yilmaz, A. E., Devrim-Lanpir, A., Akinoglu, B., Kocahan, T., ... & Knechtle, B. (2021). Current Predictive Resting Metabolic Rate Equations Are Not Sufficient to Determine Proper Resting Energy Expenditure in Olympic Young Adult National Team Athletes. *Frontiers in Physiology,* 12(12), 625370. https://doi.org/10.3389/fphys.2021.625370

[2] Benton, M. J., Hutchins, A. M., & Dawes, J. J. (2020). Effect of menstrual cycle on resting metabolism: A systematic review and meta-analysis. *PLOS ONE,* 15(7), e0236025. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0236025

[3] Burke, L., Deakin, V., & Minehan, M. (2021). *Clinical sports nutrition.* Mcgraw-Hill Education/Australia.

[4] Cadegiani, F. A., & Kater, C. E. (2019). Novel insights of overtraining syndrome discovered from the EROS study. *BMJ Open Sport & Exercise Medicine,* 5(1), e000542. https://doi.org/10.1136/bmjsem-2019-000542

[5] Capling, L., Beck, K., Gifford, J., Slater, G., Flood, V., & O'Connor, H. (2017). Validity of Dietary Assessment in Athletes: A Systematic Review. *Nutrients,* 9(12), 1313. https://doi.org/10.3390/nu9121313

[6] Cupka, M., & Sedliak, M. (2023). Hungry runners - low energy availability in male endurance athletes and its impact on performance and testosterone: mini-review. *European Journal of Translational Myology*, 33(2), 11104. https://doi.org/10.4081/ejtm.2023.11104

[7] Dave, S. C., & Fisher, M. (2022). Relative energy deficiency in sport (RED - S). *Current Problems in Pediatric and Adolescent Health Care,* 52(8), 101242. https://doi.org/10.1016/j.cppeds.2022.101242

[8] Dipla, K., Kraemer, R. R., Constantini, N. W., & Hackney, A. C. (2020). Relative energy deficiency in sports (RED-S): elucidation of endocrine changes affecting the health of males

and females. *Hormones,* (20), 35-47. https://doi.org/10.1007/s42000-020-00214-w

[9] Freire, R., Pereira, G., Alcantara, J. M. A., Santos, R., Hausen, M., & Itaborahy, A. (2022). New Predictive Resting Metabolic Rate Equations for High-Level Athletes: A Cross-validation Study. *Medicine & Science in Sports & Exercise,* 54(8), 1335-1345. https://doi.org/10.1249/mss.0000000000002926

[10] Heikura, I. A., Stellingwerff, T., & Areta, J. L. (2021). Low energy availability in female athletes: From the lab to the field. *European Journal of Sport Science,* 22(5), 1-11. https://doi.org/10.1080/17461391.2021.1915391

[11] Jagim, A. R., Camic, C. L., Askow, A., Luedke, J., Erickson, J., Kerksick, C. M., … & Oliver, J. M. (2019). Sex Differences in Resting Metabolic Rate Among Athletes. *Journal of Strength and Conditioning Research,* 33(11), 3008-3014. https://doi.org/10.1519/jsc.0000000000002813

[12] Jagim, A. R., Camic, C. L., Kisiolek, J., Luedke, J., Erickson, J., Jones, M. T., & Oliver, J. M. (2018). Accuracy of Resting Metabolic Rate Prediction Equations in Athletes. *Journal of Strength and Conditioning Research,* 32(7), 1875-1881. https://doi.org/10.1519/jsc.0000000000002111

[13] Jagim, A. R., Fields, J., Magee, M. K., Kerksick, C. M., & Jones, M. T. (2022). Contributing Factors to Low Energy Availability in Female Athletes: A Narrative Review of Energy Availability, Training Demands, Nutrition Barriers, Body Image, and Disordered Eating. *Nutrients*, 14(5), 986. https://doi.org/10.3390/nu14050986

[14] Jonvik, K. L., Vardardottir, B., & Broad, E. (2022). How Do We Assess Energy Availability and RED-S Risk Factors in Para Athletes? *Nutrients,* 14(5), 1068. https://doi.org/10.3390/nu14051068

[15] Jurov, I., Keay, N., & Rauter, S. (2022). Reducing energy availability in male endurance athletes: a randomized trial with a three-step energy reduction. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 19(1), 179-195. https://doi.org/10.1080/15502783.2022.2065111

[16] Kinoshita, N., Uchiyama, E., Ishikawa-Takata, K., Yamada, Y., & Okuyama, K. (2021). Association of energy availability with resting metabolic rates in competitive female teenage runners: a cross-sectional study. *Journal of the International Society of Sports Nutrition,* 18(1). https://doi.org/10.1186/s12970-021-00466-w

[17] Kuikman, M. A., Coates, A. M., & Burr, J. F. (2022). Markers of Low Energy Availability in Overreached Athletes: A Systematic Review and Meta-analysis. *Sports Medicine,* (52), 2925-2941. https://doi.org/10.1007/s40279-022-01723-x

[18] Logue, D. M., Madigan, S. M., Melin, A., Delahunt, E., Heinen, M., Donnell, S.-J. M., & Corish, C. A. (2020). Low Energy Availability in Athletes 2020: An Updated Narrative Review of Prevalence, Risk, Within-Day Energy Balance, Knowledge, and Impact on Sports Performance. *Nutrients,* 12(3), 835. https://doi.org/10.3390/nu12030835

[19] Martin, A., Fox, D., Murphy, C. A., Hofmann, H., & Koehler, K. (2022). Tissue losses and metabolic adaptations both contribute to the reduction in resting metabolic rate following weight loss. *International Journal of Obesity*, 14(5), 1068. https://doi.org/10.1038/s41366-022-01090-7

[20] Martinho, D., Naughton, R., Faria, A., Rebelo, A., & Sarmento, H. (2023). Predicting resting energy expenditure among athletes: a systematic review. *Biology of Sport*, 40(3). https://doi.org/10.5114/biolsport.2023.119986

[21] Melin, A. K., Heikura, I. A., Tenforde, A., & Mountjoy, M. (2019). Energy Availability in Athletics: Health, Performance, and Physique. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism,* 29(2), 152-164. https://doi.org/10.1123/ijsnem.2018-0201

[22] Mountjoy, M., Sundgot-Borgen, J. K., Burke, L. M., Ackerman, K. E., Blauwet, C., Constantini, N., … & Budgett, R. (2018). IOC consensus statement on relative energy deficiency in sport (RED-S): 2018 update. *British Journal of Sports Medicine,* 52(11), 687-697. https://doi.org/10.1136/bjsports-2018-099193

[23] O'Driscoll, R., Turicchi, J., Beaulieu, K., Scott, S., Matu, J., Deighton, K., Finlayson, G., & Stubbs, J. (2018). How well do activity monitors estimate energy expenditure? A systematic review and meta-analysis of the validity of current technologies. *British Journal of Sports Medicine,* 54(6), 332-340. https://doi.org/10.1136/bjsports-2018-099643

[24] Schofield, K. L., Thorpe, H., & Sims, S. T. (2019). Resting metabolic rate prediction equations and the validity to assess energy deficiency in the athlete population. *Experimental Physiology,* 104(4), 469-475. https://doi.org/10.1113/ep087512

[25] Siedler, M. R., Jane, M., Kembra Albracht-Schulte, Sekiguchi, Y., & Tinsley, G. M. (2023). The Influence of Energy Balance and Availability on Resting Metabolic Rate: Implications for Assessment and Future Research Directions. *Sports Medicine,* 53(8), 1507-1526. https://doi.org/10.1007/s40279-023-01856-7

[26] Stellingwerff, T., Heikura, I. A., Meeusen, R., Bermon, S., Seiler, S., Mountjoy, M. L., & Burke, L. M. (2021). Overtraining syndrome (OTS) and relative energy deficiency in sport (RED-S): Shared pathways, symptoms and complexities. *Sports Medicine,* 51(11), 2251-2280. https://doi.org/10.1007/s40279-021-01491-0

[27] Sterringer, T., & Larson-Meyer, D. E. (2022). RMR Ratio as a Surrogate Marker for Low Energy Availability. *Current Nutrition Reports,* 11(2), 263-272. https://doi.org/10.1007/s13668-021-00385-x

[28] Torstveit, M. K., Fahrenholtz, I., Stenqvist, T. B., Sylta, O., & Melin, A. (2018). Within-Day Energy Deficiency and Metabolic Perturbation in Male Endurance Athletes. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism,* 28(4), 419-427. https://doi.org/10.1123/ijsnem.2017-0337

[29] Woods, A. L., Garvican-Lewis, L. A., Lundy, B., Rice, A. J., & Thompson, K. G. (2017). New approaches to determine fatigue in elite athletes during intensified training: Resting metabolic rate and pacing profile. *PLOS ONE,* 12(3), e0173807. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0173807

[30] Woods, A. L., Rice, A. J., Garvican-Lewis, L. A., Wallett, A. M., Lundy, B., Rogers, M. A., … & Thompson, K. G. (2018). The effects of intensified training on resting metabolic rate (RMR), body composition and performance in trained cyclists. *PLOS ONE,* 13(2), e0191644. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0191644

RESTING METABOLIC RATE FOR ENERGY AVAILABILITY ASSESSMENT IN HIGH-PERFORMANCE SPORTS

Loshkarova I. O., Pastukhova V. A.

Annotation. *Low energy availability is the primary factor contributing to the development of Relative Energy Deficiency Syndrome in sports (RED-S), leading to a disruption of various bodily functions. Evaluating energy availability plays a crucial role in preventing this syndrome. Traditionally, energy availability assessment involves tracking calorie intake from food and energy expenditure during physical activity. However, this approach may lack precision, especially when relying on athletes' self-reported data through food and activity diaries. Researchers are exploring potential biomarkers to gauge energy availability, which has sparked scientific interest. This study aims to investigate the feasibility of using basal metabolism to assess energy availability in athletes. Based on the PubMed database, a retrospective analysis of scientific publications on the topic of the study was performed, choosing either the most recent*

publications (over the last 5 years) or publications on this issue, regardless of age. Resting metabolic rate refers to the minimum energy required for a person's vital functions while at rest. Skilled athletes usually exhibit a higher basal metabolic rate compared to untrained individuals, but it may decrease after intense training periods, indicating a slowdown in metabolic reactions and potential increase in catabolic processes. During intense training, the body's energy demands rise, and if not adequately compensated by the diet, it triggers a series of metabolic, hormonal, and nervous reactions to maintain homeostasis and conserve energy. Numerous studies have revealed a correlation between reduced resting energy expenditure and low energy availability. Consequently, a decrease in basal metabolism could serve as a valuable biomarker for assessing energy availability, especially during long-term monitoring. The most accurate method for determining basal metabolism in sports practice is indirect calorimetry. However, its accuracy requires standardized conditions, including a controlled training regime before measurements and accounting for the menstrual cycle phase in female athletes. Further investigation into energy availability biomarkers will enable more objective assessments of its presence and aid in identifying athletes at risk of developing RED-S syndrome.

Keywords: *athletes, resting metabolic rate, energy expenditure, low energy availability, relative energy deficiency syndrome in sports.*