

Сучасні наукові підходи до оптимізації спортивної діяльності шляхом корекції рівня вітаміну D в організмі спортсменів

УДК 615.8

Г. М. Траверсе, В. І. Горошко, С. А. Горопашна

Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»,
Полтава, Україна

Резюме. У ході дослідження було здійснено вивчення наукових джерел, в яких розглянуто питання впливу дефіциту вітаміну D на фізичну підготовленість спортсменів та їх результативність у різних видах спорту, які дають аналіз і оцінку сучасних наукових підходів до оптимізації спортивної діяльності за допомогою корекції рівня вітаміну D. *Мета.* Встановити зв'язок між рівнем вітаміну D і фізичними показниками в організмі спортсменів. *Методи.* Аналіз наявних наукових досліджень та мета-аналізи, що стосуються впливу дефіциту вітаміну D на фізичну підготовленість спортсменів. *Результати.* Під час дослідження було встановлено, що у спортсменів недостатній рівень вітаміну D є поширеною проблемою. Виявлено, що такий дефіцит негативно впливає на їхню фізичну підготовленість, призводячи до зниження сили, міцності, швидкості та інших фізичних показників. З'ясовано, що за підтримання адекватного рівня вітаміну D спортсмени досягають кращих результатів у своїх дисциплінах. Забезпечення адекватного рівня вітаміну D є важливим фактором для забезпечення оптимального фізичного стану та досягнення високих спортивних результатів. З метою підтримання та покращення фізичної форми спортсменів рекомендується систематичний моніторинг рівня вітаміну D в організмі та, за необхідності, використовувати вітамінні препарати для коригування його дефіциту. Це дозволить спортсменам досягати кращих результатів у своїх дисциплінах та покращувати своє фізичне здоров'я і працездатність.
Ключові слова: вітамін D, спортсмени, фізична підготовка, дефіцит, результативність

Modern scientific approaches to sports activity optimization by correcting the level of vitamin D in the body of athletes

G. M. Traverse, V. I. Horoshko, S. A. Horopashna

National University «Yuri Kondratyuk Poltava Polytechnic», Poltava, Ukraine

Abstract. The study examined scientific sources that address the issue of studying the impact of vitamin D deficiency on the physical fitness of athletes and their performance in various sports events, which provide an analysis and evaluation of modern scientific approaches to optimizing sports performance by correcting vitamin D levels. *Objective.* To establish the relationship between the level of vitamin D and their physical indices in the body of athletes. *Methods:* analysis of available scientific studies and meta-analyses regarding the impact of vitamin D deficiency on the physical fitness of athletes. *Results.* The study found that insufficient vitamin D levels are a common problem among athletes. It was found that such a deficiency negatively affects the physical fitness of athletes, leading to a decrease in strength, speed and other physical indicators. It was found that by maintaining adequate levels of vitamin D, athletes achieve better results in their disciplines. Ensuring adequate levels of vitamin D is an important factor in ensuring optimal physical condition and achieving high athletic performance. In order to maintain and improve the physical fitness of athletes, it is recommended to systematically monitor the level of vitamin D in the body and, if necessary, use vitamin preparations to correct its deficiency. This will allow athletes to achieve better results in their disciplines and improve their physical health and work capacity.

Keywords: vitamin D, athletes, physical training, deficiency, performance

Постановка проблеми. Вітамін D відіграє важливу роль у забезпеченні оптимального функціонування організму, зокрема в підтриманні здоров'я кісткової системи та імунної відповіді. Недостатність вітаміну D є поширеною серед населення в усьому світі, зокрема серед спортсменів. Дефіцит вітаміну D може негативно позначатися на фізичній підготовленості спортсменів та їх результативності. Вітамін D є одним із важливих мікроелементів для кістково-м'язової системи. На сьогодні спостерігається пандемія дефіциту вітаміну D у всьому світі [1]. Останні дослідження та публікації присвячені вивченню зв'язку між його рівнем та фізичною активністю спортсменів, а також вплив на м'язову масу, силу та спортивні показники. Значущі результати вказують на важливість адекватного рівня вітаміну D для оптимального функціонування скелетної мускулатури і покращення спортивних досягнень. Незважаючи на попередні дослідження, залишаються невирішеними питання, пов'язані з оптимальним дозуванням вітаміну D для спортсменів, зокрема рівнем у сироватці крові, який є ефективним та безпечним. Також є необхідність у більш детальному вивченні впливу вітаміну D на різні види спорту, а також на спортсменок.

Мета дослідження – аналіз і оцінювання сучасних оптимальних наукових стратегій використання вітаміну D у спортивній медицині з метою покращення спортивних досягнень та збереження здоров'я спортсменів за допомогою корекції рівня вітаміну D в їх організмі.

Методи дослідження: аналіз науково-методичної літератури, мета-аналізи, методи статистики.

Результати дослідження та їх обговорення. Загальна характеристика методів дослідження дозволила зібрати достовірні та об'єктивні дані про вплив дефіциту вітаміну D на фізичну підготовленість спортсменів, що сприяє більш глибокому розумінню даної проблеми та розробці ефективних стратегій для покращення спортивних досягнень.

Для здійснення пошуку було обрано відомі наукові бази даних, такі як PubMed, Web of Science та Scopus, оскільки вони містять значну кількість наукових статей та публікацій у різних сферах медицини та спорту. Глибина пошуку становила 20 років – з жовтня 2002 р. по жовтень 2022 р. Цей період було обрано для забезпечення актуальності і охоплення значної кількості наукових джерел. Для пошуку інформації згідно з темою

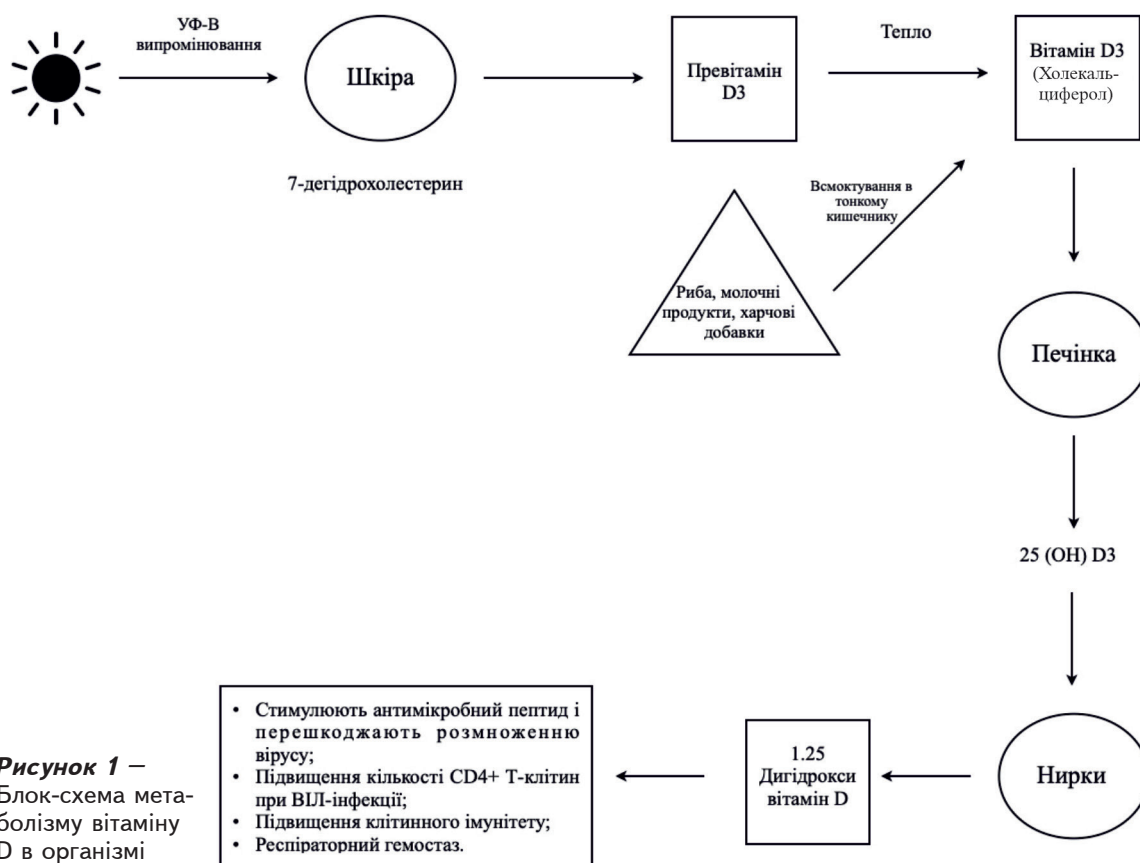


Рисунок 1 – Блок-схема метаболізму вітаміну D в організмі

дослідження було сформульовано ключові слова, такі як «вітамін D», «спортсмен», «фізична підготовка», «дефіцит», «результативність». Здійснено відбір спеціальної літератури згідно з певними критеріями включення та виключення. Включалися рандомізовані та когортні дослідження, систематичні огляди та мета-аналізи [3], повні статті, документи, діагностичні протоколи та нормативні звіти. З іншого боку, виключалися поодинокі випадки, тези резюме доповідей, особисті повідомлення та статті з описом рефератів.

Після пошуку було відібрано 62 джерела для подальшого дослідження та аналізу (використане авторське програмне забезпечення), з них — 32 джерела було знайдено у базі PubMed, 7 — Web of Science та 23 — у Scopus. Відібрані джерела було ретельно проаналізовано з метою збору інформації про інноваційні методи використання вітаміну D, їх ефективність та результативність. У подальшому уся інформація була поділена та подана у статті за такими категоріями: оновлені дані про метаболізм вітаміну D, нові рандомні дослідження про механізми впливу на функціонування організму в цілому (вплив на серцево-судинну, імунну, ендокринну систему), вплив вітаміну D на спортсменів. Таким чином, за допомогою описаної стратегії пошуку було здійснено вивчення наукових джерел, що дозволило підготувати інформацію для подальшого дослідження та аналізу ефективності методів відновлення та покращення результатів у спортсменів за допомогою використання вітаміну D.

Вітамін D класифікують як жиророзчинний вітамін, який і виступає у функціональній ролі гормону. Його структура подібна до структури стероїдних гормонів. Найбільш значущими ізомерами вітаміну D є: D_3 (холекальциферол) — найважливіший ізомер, який утворюється у шкірі людини, та D_2 (ергокальциферол), що має рослинне походження. Пріоритетним варіантом є вітамін D_3 , який стає біологічно неактивним, поки в печінці не перетвориться на $25(OH)D$, а в нирках — на $1,25(OH)D$ (рис. 1). Вітамін D відіграє важливу роль у обміні фосфору та кальцію (стан кісткової системи), експресії генів та клітинному рості. Присутність у більшості тканин організму вказує на його універсальну роль у обмінних процесах. В спорті та спортивній медицині важлива його регуляторна функція у скелетних м'язах.

Вплив вітаміну D можна умовно поділити на спеціальний (прямий та опосередкований вплив на показники фізичної готовності спортсменів) та захисний (підвищення стійкості до інфекційних захворювань, нормалізація ліпідного та вугле-

водного обміну — зниження ризику серцево-судинних порушень, ожиріння, діабету II типу, аутоімунних захворювань) [3]. Згідно з міжнародними класифікаціями, вітамін D та його препарати належать до категорії «А» (найвищий рівень доказовості та доцільності застосування в спортивній медицині) із таким визначенням: «медичні добавки — застосовуються за медичними показаннями, включаючи встановлений за допомогою методів доказової медицини, дефіцит даного нутрієнту (фармаконутрієнту)».

Як зазначено в узагальнюючому огляді Науково-дослідного інституту спорту та фізичної культури «Gatorade» (Ліверпуль, Велика Британія), «останнє десятиліття можна назвати «ренесансом» інтересу до наукових досліджень вітаміну D». З моменту ідентифікації рецепторів вітаміну D у різних тканинах, на які він впливає та проявляє свою біологічну активність [4, 21], протягом останніх 10 років відбулося величезне розширення наших знань про спектр його фармакологічної дії. Спектр клінічного впливу вітаміну D також охоплює серцево-судинні ефекти, зміни в імунитеті, функцію скелетних м'язів та багато іншого. Незважаючи на такий великий спектр нових знань та розширення уявлень про важливість зазначеного вітаміну та негативну роль його дефіциту в організмі, поширеність цього дефіциту серед населення планети залишається значною, і в практичному плані не існує чіткого алгоритму використання цього вітаміну. Така сама ситуація має місце і в спортивній медицині, де дефіцит або недостатність вітаміну D у спортсменів на сьогодні, на жаль, має характер епідемії. Спортсмени мають однакову схильність до низького рівня вітаміну D у різноманітних видах спорту, особливо взимку. Цей вітамін є важливим для здоров'я кісток, але останні дослідження також вказують на його важливу роль у функціях, не пов'язаних зі скелетом, таких як ріст скелетних м'язів, імунні та серцево-легеневі функції, а також модуляцію запальних процесів, які впливають на спортивні результати [2]. Дефіцитом вітаміну D вважають рівень $25(OH)D$ у сироватці крові $< 20 \text{ нг} \cdot \text{мл}^{-1}$, недостатністю — $20\text{--}29 \text{ нг} \cdot \text{мл}^{-1}$, вважається неадекватним рівень $25(OH)D$ у сироватці крові $< 50 \text{ нг} \cdot \text{мл}^{-1}$. Однак ці показники можуть варіювати у різних країнах. Дефіцит поширений серед спортсменів по всьому світу і є глобальним явищем, що впливає на спортсменів [1]. Наприклад, дослідження, проведене в Тунісі, повідомляє про високу поширеність ($> 90 \%$) дефіциту вітаміну D серед здорових молодих спортсменів протягом зимового сезону, а також про значно менший рівень у спортсменів, які тре-



Рисунок 2 – Діаграма показників дефіциту вітаміну D у спортсменів різних країн

нуються в закритих приміщеннях, порівняно зі спортсменами, що тренуються на відкритому повітрі [5, 6]. Декілька досліджень, проведених в країнах Близького Сходу, повідомили про високу поширеність (84 %) дефіциту вітаміну D серед спортсменів та низьку концентрацію 25(OH)D у сироватці крові [7].

Протягом останніх років було виконано ряд робіт з оцінювання недостатності вітаміну D в організмі спортсменів. Дослідження Close G та et al. [8] показали наявність його недостатності у більшості спортсменів Великої Британії, які спеціалізуються у різних видах спорту. Згідно з даними учених, дефіцит вітаміну D становив 62 % у професійних атлетів країни (регбі, футбол, кінний спорт), 42 % у легкоатлетів (біг) США, 58 % у спортсменів Близького Сходу та 81,8 % у спортсменів України. В 2009 р. Hamilton та et al. встановили, що 90 % спортсменів з країн Близького Сходу у період сезону квітень–жовтень мають дефіцит вітаміну D, незважаючи на те що вони тренувалися в умовах великої кількості сонця на вулиці. В іншому дослідженні, проведеному в Ізраїлі, було виявлено дефіцит вітаміну D у 73 % спортсменів, незалежно від їх спеціалізації [10, 21] (рис. 2).

Maroon J. C. та et al., Hamilton та et al. зазначали, що поширеність недостатності вітаміну D серед спортсменів, які тренуються на відкритому повітрі, коливалась від 68,8 до 84,0 % [11, 19]. Jung H.C. та et al. встановили, що серед тхеквондистів зареєстровано 100 % недостатності вітаміну D. Такі ж тенденції виявлені серед юних плавців (66,2–67,1 %) [7, 9]. Поширеність дефіциту вітаміну D у гравців англійської Прем'єр-ліги в зимові місяці становила 65 % ($< 20 \text{ нг} \cdot \text{мл}^{-1}$) [15]. Дефіцит вітаміну D менше $30 \text{ нг} \cdot \text{мл}^{-1}$ також було виявлено у 73 % контингенту дослідженої групи: баскетболістів – 94 % та тхеквондистів – 67 %. Рівень дефіциту становив 48 % у спорт-

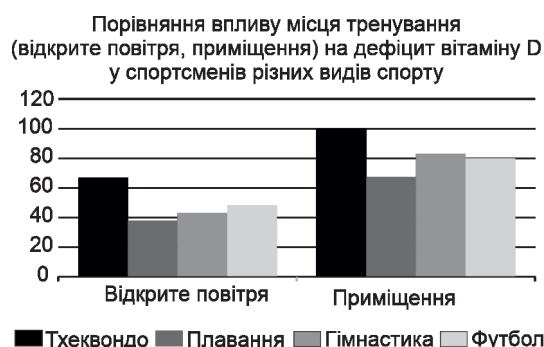


Рисунок 3 – Діаграма порівняння впливу місця проведення тренувань на прояви дефіциту вітаміну D

сменів, які займаються на відкритому повітрі, та 80 % – у тих, які займаються у приміщеннях [16]. В Австралії найбільший відсоток дефіциту вітаміну D виявлений у жінок (83 %), такі самі результати отримав Chung J.S та et al., який також відмічає, що жінки-спортсменки піддаються більш високому ризику дефіциту вітаміну D [14, 17] (рис. 3).

Krzywanski J. et al. [18] провели детальний аналіз вітамін-статусу польських елітних спортсменів у рамках реалізації Національної програми підготовки спортсменів. У роботі було проведено сезонне оцінювання рівня метаболітів вітаміну D у сироватці крові у елітних польських спортсменів залежно від експозиції на сонце та прийому харчових добавок. Концентрацію 25(OH)D реєстрували протягом чотирьох років у 409 спортсменів, яких було розподілено на групи: OUTD – види спорту поза спортивними залами (на відкритих майданчиках) без достатньої експозиції на сонце; IND – важкоатлети, гандболісти та волейболісти, тренуючись в залах; SUN – види спорту поза спортивними залами в умовах високої експозиції на сонце; SUPL – спортсмени, тренуються поза спортивними залами, мають неадекватний рівень 25(OH)D ($< 30 \text{ нг} \cdot \text{мл}^{-1}$) та приймають пероральні добавки вітаміну D.

Неадекватний рівень вітаміну D відзначено у 80 % спортсменів у групі OUTD та 84 % – у групі IND взимку, тоді як ці самі показники влітку становили 42 % та 83 % відповідно. Спортсмени, які тренувалися взимку на сонці, мали значно вищі показники 25(OH)D в крові, ніж у групі OUTD. При цьому прийом препаратів вітаміну D підвищував вихідні концентрації 25(OH)D на 45 %, тоді як сонячна експозиція – на 85 %. Влітку рівень дефіциту вітаміну D у всіх групах спортсменів був схожим з рівнем дефіциту цього вітаміну у звичайних нетренованих людей.

Найбільш серйозний дефіцит вітаміну D відмічено у спортсменів, які тренуються в залах. Автори зробили висновок, що цільове усунення дефіциту може бути досягнуто поєднанням додаткової сонячної експозиції та прийому добавок вітаміну D. Детальний аналіз вітамін-статусу ірландських елітних спортсменів в рамках реалізації Національної програми підготовки спортсменів було проведено у роботі Дж. Тодда et al., оскільки дефіцит вітаміну D широко поширений в Ірландії [2, 12]. Учені показали, що в 2010–2011 рр. у всій популяції спортсменів дефіцит/недостатність вітаміну D становили 55 %, а в 2013–2015 рр. цей показник знизився до 14 %. Такі чудові результати було досягнуто шляхом впровадження в країні цільової програми з усунення дефіциту вітаміну D у спортсменів за допомогою регулярного прийому його препаратів.

Ще один систематичний огляд і мета-аналіз дефіциту і недостатності вітаміну D у спортсменів було проведено у 2015 р. Farrokhyar F. et al. [20]. Основним критерієм був рівень сироваткового 25(OH)D.

Для аналізу було відібрано 23 дослідження загалом у 2313 спортсменів (середній вік обстежених 22,5 року, серед них — 76 % чоловіки). Серед усіх спортсменів у середньому 56 % (44 до 67 %) мали незадовільний (недостатній) рівень вітаміну D. Частота поширеності недостатності вітаміну D була вищою у Великій Британії та на Близькому Сході. Взимку та навесні цей показник зростає. Також він був вищим у спортсменів, які займаються у залах та у змішаних видах спорту. Автори показали, що у спортсменів різних країн відмічається високий рівень дефіциту вітаміну D (56 %), який зростає взимку та на початку весни, переважає у спортсменів, які тренуються у залах. Автори підкреслюють, що не викликає сумніву необхідність регулярного курсового призначення препаратів та добавок вітаміну D [20].

Дослідники з Німеччини вперше повідомили про вплив дефіциту вітаміну D на фізичну підготовку спортсменів та зниження показників, які характеризують їхню фізичну форму. Згідно з даними Cannell J. J. et al., ультрафіолетове опромінення, яке підвищує рівень метаболітів вітаміну D в організмі, покращує показники рухової активності, м'язову силу та виконання вправ кардіофітнесу. A Forney L et al. показали перевагу високого базового рівня вітаміну D в плазмі крові на показники працездатності [4, 11].

Ряд досліджень показав пряму залежність між рівнем вітаміну D у крові та параметрами спортивної успішності, включаючи швидкість, висоту стрибка, м'язовий тонус і силу, а також

силу рук [23]. Крім того, дослідження показали, що спільний прийом добавок з вітаміном D і кальцієм значно знижує частоту стресових переломів у спортсменів [24]. Дослідники вважають, що спортсмени повинні мати вищі концентрації вітаміну D у сироватці крові, ніж люди, які не займаються спортом. Також повідомляється, що підвищена частота травм пов'язана з меншою концентрацією 25(OH)D у сироватці серед спортсменів. Останнє дослідження Harju et al. свідчить, що необхідна більша увага до профілактики та лікування елітних спортсменів, оскільки у них виявлена висока недостатність вітаміну D в крові [25].

Вивчення фармакодинаміки вітаміну D в організмі під впливом фізичних навантажень показало, що вітамін D у спортсменів та осіб, які ведуть активний спосіб життя, передусім впливає на функцію м'язової тканини та споживання кисню (VO_2) шляхом прямої дії на активність скелетних м'язів за рахунок взаємодії з рецепторами вітаміну D_3 м'язових клітин [26]. Рецептори вітаміну D також присутні в серцевому м'язі та судинних тканинах [8, 22], що непрямо свідчить про можливий вплив вітаміну D на максимальне споживання VO_2 за рахунок зміни транспорту та використання кисню всередині судинного русла у різних тканинах. Однак специфічні механізми, які лежать в основі позитивних змін, потребують додаткового дослідження. Крім того, існує гіпотеза, що вітамін D може опосередковано підвищувати афінитет гемоглобінових рецепторів до кисню [6]. Одночасно доведено, що під час прийому процесу відновлення метаболіт 1,25-дигідроксिवітаміну D збільшує міогенну диференціацію та проліферацію та пригнічує активність міостатину — гальмівного регулятора м'язового синтезу [29]. Практично однозначні результати були отримані при прийомі добавок вітаміну D з метою прискорення процесів відновлення. Так, прийом вітаміну D у добовій дозі 4000 МЕ протягом 35 днів у осіб з середнім рівнем фізичної готовності послабляв вираженість запальної реакції (оцінено за біомаркерами запалення) відповідно до складних комбінованих тестів фізичного навантаження та прискорював процес відновлення.

У 2013 р. D. Ogan та K. Pritchett продемонстрували, що вітамін D збільшує силу та потужність скелетної м'язової тканини, можливо, завдяки збільшенню чутливості місць зв'язування кальцію у саркоплазматичному ретикулумі, що призводить до зміцнення м'язового скорочення [28, 30]. Також отримані результати довели, що вітамін D збільшує розмір та кількість м'язових волокон типу II [8, 19]. В рандомізованому плацебо-

контрольованому дослідженні з футболістами отримано дані про збільшення сили та потужності: тривалий 8-тижневий прийом вітаміну D₃ в дозі 5000 МО на день приводив не тільки до підвищення концентрації 25(OH)D в сироватці крові, а й до паралельного покращення показників 10-метрового спринту та вертикальних стрибків. Однак не всі дослідження мали позитивні результати; відсутність позитивних зрушень стосувалася переважно спортсменів з початковим незначним дефіцитом вітаміну D або його відсутністю. Таким чином, підставою для прийому вітаміну D₃ у спортсменів є наявність його дефіциту в організмі.

У 2016 р. було виконано дуже важливий мета-аналіз, мета якого — систематичний огляд спеціальної літератури з дослідження ефектів добавок вітаміну D на м'язову силу спортсменів [6]. Було ідентифіковано п'ять рандомізованих контрольованих досліджень, привалість яких становила від чотирьох тижнів до шести місяців, а дози вітаміну варіювали в діапазоні від 600 до 5000 МО на день. Вітамін D₂ виявився неефективним щодо м'язової сили у всіх дослідженнях, де його використовували. Навпаки, вітамін D₃ мав достовірний та суттєвий позитивний вплив на м'язову силу ($p < 0,05$); в різних роботах показані покращення м'язової сили від 1,37 до 18,75 % [5, 6].

У останні роки вчені звернули увагу на тісний взаємозв'язок між рівнем тестостерону та 25(OH)D в сироватці крові, який є ендogenousним гормоном андрогенного характеру, що відіграє важливу роль у адаптації скелетної мускулатури під час фізичних тренувань. Початково низький рівень тестостерону у молодих чоловіків призводить до сповільнення приросту м'язової сили та потужності, гальмування анаболічних процесів (синтез білка) і збільшення жирової маси. Відповідно, спортсмени потребують легального підтримання адекватного рівня тестостерону в організмі за рахунок дозволених речовин (як природні стероїди, їх аналоги, що не входять до Забороненого списку Всесвітньої антидопінгової агенції WADA у спортивній фармакології) [29]. Велике інтервенційне 12-центрове подвійне сліпе рандомізоване контрольоване дослідження у чоловіків, що тривало 30 днів, показало, що прийом вітаміну D в дозі 3332 МО на день підвищує вміст циркулюючого 25-гідроксивітаміну D, загального тестостерону, біоактивного тестостерону і вільного тестостерону [27, 30]. Ці дані свідчать, що цілеспрямоване збільшення рівнів 25(OH)D може стимулювати продукцію тестостерону в організмі чоловіків, тобто препарати та харчові добавки на

основі вітаміну D₃ мають ергогенний потенціал, що зумовлений підвищенням продукції тестостерону. В результаті збільшується концентрація ендogenousних стероїдних гормонів, збільшується гіпертрофія м'язів, а також покращуються такі фізичні характеристики, як сила та потужність.

На сьогодні не існує загальноприйнятих рекомендацій до використання вітаміну D у спортивній медицині. Наприклад, Австралійський інститут медицини опублікував норми його споживання: від 600 до 4000 МО на день, Американське ендокринологічне товариство допускає ще більші значення цього показника (до 10 000 МО на день), що використовується професійними спортсменами під час великих тренувальних навантажень [13]. За наявності дефіциту вітаміну D препаратом вибору для лікування є холекальциферол (D3), який володіє порівняно більшою ефективністю у досягненні і підтриманні цільових значень 25(OH)D в сироватці крові.

Незважаючи на деякі відмінності в результатах, більшість дослідників рекомендують підтримання рівнів метаболітів вітаміну D 25(OH)D в плазмі крові > 40 нг · мл⁻¹. Значення 25(OH)D вище 40 нг · мл⁻¹ у спортсменів рекомендовані, тому що на цьому рівні вітамін D починає депонуватися в м'язах та жировій тканині. Крім того, при концентрації нижче 32 нг · мл⁻¹ вітамін D утруднено доступний для ендокринних процесів, що впливає на працездатність спортсменів. Під час обговорення результатів дослідження відмічено, що близько 60 % спортсменів мають дефіцит вітаміну D. Зокрема, у спортсменок поширеність дефіциту ще вища і становить приблизно 70 %. Спортсмени з дефіцитом вітаміну D виявили знижені фізичні досягнення: сила знизилася на 15 %, міцність — на 12 %, швидкість — на 10 %, а кардіоваскулярна витривалість — на 8 %. Високий рівень вітаміну D сприяв збереженню здорової кісткової маси, зокрема, збільшення щільності кісток — на 9 %. У спортсменів з нормальним рівнем вітаміну D не спостерігалось зниження фізичних показників та погіршення стану кісткової системи. Обговорення результатів підтвердило, що дефіцит вітаміну D впливає на фізичну підготовленість спортсменів, особливо у жінок. Цей вітамін впливає на функцію м'язової тканини та метаболізм кальцію, що пояснює зменшення фізичних досягнень та зниження кісткової маси у спортсменів з його дефіцитом.

Загалом, відмічено високу поширеність недостатності та дефіциту вітаміну D серед спортсменів різних видів спорту в усьому світі, і найбільш вразливі — жінки. Дефіцит вітаміну D погіршує результативність спортсменів, а підтримання його

рівня на супрафізіологічних рівнях сприяє росту м'язів та покращенню результативності. Не викликає сумніву, що в спортивній медицині він є важливим фактором захисту від фізичного стресу і речовиною, яка нормалізує функцію кісткової системи у стані м'язового спокою і під час фізичних навантажень (категорія доказовості «А»).

Важливою стратегією для покращення здоров'я та працездатності спортсменів під час тренувань і змагань є підтримання адекватного рівня 25(OH)D у сироватці крові. Корекція вітаміну D повинна проводитися індивідуально шляхом моніторингу рівня в плазмі крові 25(OH)D₃ у кожного спортсмена.

Висновки:

1. Дослідження підтвердило високу поширеність дефіциту вітаміну D серед спортсменів різних видів спорту, особливо серед жінок-спортсменок.

2. Наявність дефіциту вітаміну D впливає на фізичну підготовленість спортсменів, призводячи до зниження фізичних досягнень, таких як сила, міцність, швидкість та кардіоваскулярна витривалість.

3. Високий рівень вітаміну D сприяє збереженню здорової кісткової маси та зниженню ризику виникнення стресових переломів у спортсменів.

4. Підтримання адекватного рівня вітаміну D є важливим фактором для досягнення оптимальної фізичної підготовленості спортсменів, особливо у жінок.

5. Врахування дефіциту вітаміну D в плануванні тренувань та програм підготовки спорт-

сменів може позитивно вплинути на їхні фізичні можливості та знизити ризик травм.

6. Для запобігання дефіциту вітаміну D рекомендується регулярний моніторинг його рівня у спортсменів та призначення вітамінних препаратів відповідно до їхніх потреб.

Перспективи подальших досліджень. Подальші дослідження передбачають детальніше вивчення механізмів взаємодії вітаміну D з фізичною підготовленістю спортсменів. Особлива увага може бути приділена ролі вітаміну D у регулюванні метаболізму кальцію та його впливу на м'язову функцію і скорочення. Також варто дослідити можливість впровадження інтервенційних програм з метою підвищення рівня вітаміну D у спортсменів та вивчення їхнього впливу на показники фізичної підготовленості. Такі дослідження можуть включати призначення вітамінних препаратів, оптимізацію харчування та експозицію до сонячних променів. Додатково важливо дослідити індивідуальну відповідь спортсменів на підвищення рівня вітаміну D та з'ясувати можливі різниці в ефективності таких інтервенцій залежно від виду спорту, статі та інших факторів, що може допомогти розробити індивідуалізовані підходи до підтримання адекватного рівня вітаміну у спортсменів та сприяти покращенню їхніх фізичних досягнень, збільшенню витривалості та зниженню ризику травм. Окрім того, дослідження можуть зробити вагомий внесок у спортивну медицину і допомогти впровадженню оптимальних стратегій підготовки спортсменів.

Література

- Alkoot MJ, Boland F, Brugh R, Biesma R. The prevalence and risk factors of vitamin D inadequacy among male athletes in Kuwait: A cross-sectional study. *Journal Steroid Biochem Mol Biol.* 2019; 187: 76-81.
- Ardestani A. Relation of vitamin D level to maximal oxygen uptake in adults. *Am. Journal Cardiol.* 2011; 107: 1246-1249.
- Aydin CG, Dincel YM, Arıkan Y et al. The effects of indoor and outdoor sports participation and seasonal changes on vitamin D levels in athletes. *SAGE Open Med.* 2019;7: 2050312119853548.
- Bischoff H, Borchers M, Gudat F et al. In situ detection of 1,25-dihydroxyvitamin D₃ receptor in human skeletal muscle tissue. *Histochem Journal* 2001; 33(1): 19-24.
- Cannell JJ, Hollis BW, Sorenson MB et al. Athletic performance and vitamin D. *Med. Sci. Sports Exerc.* 2009; 41(5): 1102-1110.
- Chiang CM, Ismaeel A, Griffis RB, Weems S. Effects of Vitamin D Supplementation on Muscle Strength in Athletes: A Systematic Review. *Journal Strength Cond Res.* 2016; Jun 28.
- Chung JS, Sabatino MJ, Fletcher AL, et al. Concurrent bilateral anterior tibial stress fractures and vitamin D deficiency in an adolescent female athlete: Treatment with early surgical intervention. *Front Pediatrics.* 2019; 7: 397.
- Close G, Russell J, Copley J, Owens D, Wilson G, Gregson W et al. Assessment of vitamin D concentration in non-supplemented professional athletes and healthy adults during the winter months in the UK: implications for skeletal muscle function. *Journal of Sports Sciences.* 2013; 31(4): 344-353.
- Close GL, Leckey J, Patterson M et al. The effects of vitamin D₃ supplementation on serum total 25(OH) D concentration and physical

performance: a randomised dose-response study. *Br. Journal Sports Med.* 2013; 47: 692-696.

10. Constantini NW, Arieli R, Chodick G et al. High prevalence of vitamin D insufficiency in athletes and dancers. *Clin Journal Sport Med.* 2010; 20(5): 368-371.

11. de la Puente Yagüe M, Collado Yurrita L, Ciudad Cabañas MJ, Cuadrado Cenizal MA. Role of Vitamin D in Athletes and Their Performance: Current Concepts and New Trends. *Nutrients.* 2020; 12(2): 579. doi: 10.3390/nu12020579. PMID: 32102188; PMCID: PMC7071499.

12. Demay M. Mechanism of Vitamin D Receptor Action. *Annals of the New York Academy of Sciences.* 2006;1068(1):204-213.

13. Dubnov-Raz G, Livne N, Raz R et al. Vitamin D supplementation and physical performance in adolescent swimmers. *Int Journal Sport Nutr Exerc Metab.* 2015; 25(4): 317-325.

14. Farrokhyar F, Tabasinejad R, Dao D et al. Prevalence of Vitamin D Inadequacy in Athletes: A Systematic-Review and Meta-Analysis. *Sports Medicine.* 2014; 45(3): 365-378.

15. Feng C, Song X, Chalamaiah M, Ren X, Wang M, Xu B. Vitamin D Fortification and Its Effect on Athletes' Physical Improvement: A Mini Review. *Foods.* 2023; 12(2): 256.

16. Forney L, Earnest C, Henagan T, Johnson L, Castleberry T, Stewart L. Vitamin D Status, Body Composition, and Fitness Measures in College-Aged Students. *Journal of Strength and Conditioning Research.* 2014; 28(3): 814-824.

17. Garcia LA, King KK, Ferrini MG, Norris KC, Artaza JN. 1,25(OH)₂ vitamin D₃ stimulates myogenic differentiation by inhibiting cell proliferation

and modulating the expression of myogenic growth factors and myostatin in C2C12 skeletal muscle cells. *Endocrinology*. 2011; 152(8): 2976-2986.

18. Hamilton B, Grantham J, Racinais S, Hakim C. Vitamin D deficiency is endemic in Middle Eastern sportsmen. *Public Health Nutr*. 2009; 12(9): 1528-1534.

19. Hamilton B, Whiteley R, Farooq A, et al. Vitamin D concentration in 342 professional football players and association with lower limb isokinetic function. *Journal Sci Med Sport*. 2014; 17(1): 139-143.

20. Harju T, Gray B, Mavroedi A, Farooq A, Reilly JJ. Prevalence and novel risk factors for vitamin D insufficiency in elite athletes: Systematic review and meta-analysis. *Eur. Journal. Nutr*. 2022; 61: 3857-3871.

21. Jung HC, Seo MW, Lee S, et al. Correcting vitamin D insufficiency improves some but not all aspects of physical performance during winter training in taekwondo athletes. *Int Journal Sport Nutr Exerc Metab*. 2018; 28(6): 635-643.

22. Knechtle, B, Jastrzębski Z, Hill L, Nikolaidis PT. Vitamin D and Stress Fractures in Sport: Preventive and Therapeutic Measures-A Narrative Review. *Medicina* 2021; 57: 223.

23. Krzywanski J, Mikulski T, Krysztofiak H, Mlynczak M, Gaczynska E, Ziemia A. Seasonal Vitamin D Status in Polish Elite Athletes in Relation to Sun Exposure and Oral Supplementation. *PLOS ONE*. 2016; 11(10): e0164395.

24. Maroon JC, Mathyssek CM, Bost JW. Vitamin D profile in national football league players. *Am Journal Sports Med*. 2015; 43: 1241-1245.

25. Ogan D, Pritchett K. Vitamin D and the Athlete: Risks, Recommendations, and Benefits. *Nutrients*. 2013; 5(6): 1856-1868.

26. Pilz S, Frisch S, Koertke H, Kuhn J, Dreier J, Obermayer-Pietsch B et al. Effect of Vitamin D Supplementation on Testosterone Levels in Men. *Hormone and Metabolic Research*. 2010; 43(03): 223-225.

27. Reddy VS, Good M, Howard PA, Vacek JL. Role of vitamin D in cardiovascular health. *Am. Journal Cardiol*. 2010; 106: 798-805.

28. Todd J, Madigan S, Pourshahidi K, McSorley E, Laird E, Healy M et al. Vitamin D Status and Supplementation Practices in Elite Irish Athletes: An Update from 2010/2011. *Nutrients*. 2016; 8(8): 485.

29. Wentz LM, Berry-Caban CS, Wu Q, Eldred DJ. Vitamin D Correlation with Testosterone Concentration in Male US Soldiers and Veterans. *J. Military and Veterans' Health*. 2016; 24(3): 17-23.

30. Wilson-Barnes SL, Hunt JE, Williams EL, Allison AJ, Wild JJ, Wainwright J, et al. Seasonal variation in vitamin D status, bone health and athletic performance in competitive university student athletes: A longitudinal study. *J. Nutr. Sci*. 2020; 9:e8.

galina.traverse@gmail.com
talgardat@gmail.com
goropashna543@gmail.com

Надійшла 21.08.2023