



ФІЗИЧНА ОСВІТА І СПОРТ

УДК 796.015-055.2:37.013

DOI <https://doi.org/10.5281/zenodo.20576935>

**Педагогічні стратегії профілактики остеопенії та остеопорозу у
спортсменок**

Шахліна Лариса Генріхівна

професор кафедри медицини,

громадського здоров'я та екології спорту, д.м.н., професор

Національний університет фізичного виховання і спорту України

вул. Фізкультури, 1, Київ, 03150, Україна

<http://orcid.org/0000-0003-1069-5232>

Богданович Лариса Владиславівна

доцент кафедри медицини,

громадського здоров'я та екології спорту, к.б.н.

Національний університет фізичного виховання і спорту України

вул. Фізкультури, 1, Київ, 03150, Україна

<http://orcid.org/0000-0003-4816-4138>

Редько Наталія Олександрівна

старший викладач кафедри медицини,

громадського здоров'я та екології спорту, к.м.н.

Національний університет фізичного виховання і спорту України

вул. Фізкультури, 1, Київ, 03150, Україна

<https://orcid.org/0009-0007-5516-7819>



Слободянюк Вадим Анатолійович

викладач кафедри медицини,

громадського здоров'я та екології спорту, к.м.н.

Національний університет фізичного виховання і спорту України

вул. Фізкультури, 1, Київ, 03150, Україна

<https://orcid.org/0000-0001-9922-6955>

Журомський Станіслав Вікторович

старший викладач кафедри медицини,

громадського здоров'я та екології спорту

Національний університет фізичного виховання і спорту України

вул. Фізкультури, 1, Київ, 03150, Україна

<https://orcid.org/0009-0004-6491-9873>

Прийнято: 17.05.2026 | Опубліковано: 30.05.2026

***Анотація.** У ході наукового аналізу констатовано, що характер та вектор адаптаційних змін кісткової тканини чітко детерміновані біомеханічним профілем конкретної спортивної дисципліни. Спеціалізація у видах спорту з вираженим осьовим та ударним навантаженням (баскетбол, волейбол, легкоатлетичний біг) забезпечує запуск механізмів механотрансдукції, зумовлюючи суттєве підвищення показників мінеральної щільності кісткової тканини (МЩКТ) відносно показників осіб, які адаптовані до умов гідростатичної невагомості (плавання). Проте зафіксовано, що інтенсифікація сучасного тренувально-змагального процесу за умов хронічного дефіциту доступної енергії трансформується у деструктивний чинник — синдром відносної недостатності енергії в спорті (REDs). **Мета** — наукове обґрунтування та систематизація педагогічних стратегій, спрямованих на*



профілактику деструктивних змін мінеральної щільності кісткової тканини у спортсменок. **Методи:** системно-структурний, компаративний та контент-аналіз релевантної науково-методичної літератури, що резентує результати світових клінічних та педагогічних експериментів. **Результати.** Встановлено причинно-наслідковий зв'язок між дидактичними похибками у макроструктурі підготовки (надмірний обсяг роботи без адекватного відновлення) та супресією естрогенного профілю, що каталізує резорбцію кісткової тканини, провокує остеопенію та мінімізує резистентність до стресових переломів. Обґрунтовано парадигму превентивної педагогіки в спорті, яка передбачає диверсифікацію засобів загальної фізичної підготовки через включення пліометричних і силових модулів, а також імплементацію цифрових освітніх програм, спрямованих на корекцію поведінкових чинників ризику та оптимізацію енергетичного балансу спортсменок. Концептуалізовано проблему детренування: доведено, що раптове припинення специфічних навантажень нівелює досягнутий остеогенний ефект, що актуалізує розробку педагогічно керованих підтримуючих мікроциклів під час міжсезоння. **Висновки.** Мінімізація ризиків остеопорозу у спортсменок потребує переходу від ізольованих медико-фармакологічних підходів до інтегрованої фізкультурно-педагогічної моделі управління тренувальним процесом. Провідна роль у забезпеченні структурно-функціональної цілісності опорно-рухового апарату належить тренеру, завданням якого є раціональне дозування механічних стимулів, запобігання депресії кісткового метаболізму у періоди кумуляції втоми та реалізація безперервного освітнього супроводу спортсменок.

Ключові слова: спортсмени, жіноча спортивна тріада, мінеральна щільність кісток, детренування, REDs, тренувальні навантаження.



**Pedagogical strategies for preventing osteopenia and osteoporosis
in female athletes**

Shakhlina Larisa

professor, department of medicine, public health and ecology of sports,

Doctor in medicine, professor

National University of Ukraine on Physical Education and Sports

1 Fizkultury St., Kyiv, 03150, Ukraine

<http://orcid.org/0000-0003-1069-5232>

Bohdanovich Larisa

associate professor, department of medicine, public health and ecology of sports,

PhD in physical education and sports, associate professor

National University of Ukraine on Physical Education and Sports

1 Fizkultury St., Kyiv, 03150, Ukraine

<http://orcid.org/0000-0003-4816-4138>

Redko Natalia

senior lecturer, department of medicine,

public health and ecology of sports, PhD in medicine

National University of Ukraine on Physical Education and Sports

1 Fizkultury St., Kyiv, 03150, Ukraine

<https://orcid.org/0009-0007-5516-7819>

Vadym Slobodianiuk

lecturer, department of medicine,

public health and ecology of sports, PhD in medicine

National University of Ukraine on Physical Education and Sports

1 Fizkultury St., Kyiv, 03150, Ukraine, <https://orcid.org/0000-0001-9922-6955>



Zhuromsky Stanislav

senior lecturer, department of medicine,
public health and ecology of sports

National University of Ukraine on Physical Education and Sports

1 Fizkultury St., Kyiv, 03150, Ukraine

<https://orcid.org/0009-0004-6491-9873>

Abstract. *Scientific analysis indicates that the nature and direction of adaptive changes in bone tissue are distinctly determined by the biomechanical profile of a specific sports discipline. Specialization in sports with pronounced axial and impact loading (basketball, volleyball, track and field running) triggers mechanotransduction mechanisms, resulting in a significant increase in bone mineral density (BMD) compared to individuals adapted to conditions of hydrostatic weightlessness (swimming). However, it has been noted that the intensification of the modern training and competitive process under conditions of a chronic deficit of available energy transforms into a destructive factor: Relative Energy Deficiency in Sport (REDs) syndrome. **The purpose of the study** – scientific substantiation and systematization of pedagogical strategies aimed at preventing destructive changes in the bone mineral density of female athletes. **Methods:** systemic-structural, comparative, and content analysis of relevant scientific and methodological literature presenting the results of global clinical and pedagogical experiments. **Results.** A causal relationship has been established between didactic errors in the training macrostructure (excessive workload without adequate recovery) and the suppression of the estrogen profile, which catalyzes bone resorption, provokes osteopenia, and minimizes resistance to stress fractures. The paradigm of preventive pedagogy in sports is substantiated; it involves diversifying the means of general physical conditioning by incorporating plyometric and strength modules, alongside the implementation of digital educational programs aimed at correcting behavioral risk factors and optimizing the female athletes' energy*



balance. The issue of detraining has been conceptualized: it is proven that the sudden cessation of specific loads negates the achieved osteogenic effect, highlighting the need to develop pedagogically managed maintenance microcycles during the off-season.

Conclusions. *Minimizing the risks of osteoporosis in female athletes requires transitioning from isolated medical and pharmacological approaches to an integrated physical education and pedagogical model for managing the training process. The leading role in ensuring the structural and functional integrity of the musculoskeletal system belongs to the coach, whose tasks include the rational dosing of mechanical stimuli, preventing the depression of bone metabolism during periods of cumulative fatigue, and providing continuous educational support for the athletes.*

Keywords: *female athletes, female athlete triad, bone mineral density, detraining, REDs, training loads.*

Постановка проблеми. У сучасному дискурсі спортивної науки особливої актуальності набуває детермінація чинників збереження соматичного здоров'я високкваліфікованих спортсменок в умовах граничної інтенсифікації тренувально-змагальної діяльності. Прагнення до максимізації результативності зумовлює екстремальне зростання фізичних та психоемоційних навантажень, що нерідко супроводжується виснаженням адаптаційних резервів та індукує розвиток патологічних станів. Серед спектра нозологій опорно-рухового апарату провідне місце посідають латентні деструктивні процеси — остеопенія та остеопороз [10, 12].

У межах спеціальності «Фізична культура і спорт» зазначена проблематика виходить за суто клінічні межі, набуваючи вираженого педагогічного та методичного виміру. Ефективність функціонування кісткової тканини безпосередньо залежить від дидактичної компетентності тренерського складу, спроможності раціонально моделювати макроцикли підготовки, впроваджувати превентивні фізкультурно-освітні технології та здійснювати педагогічний



моніторинг функціонального стану організму спортсменок. Таким чином, переосмислення стратегій управління здоров'ям спортсменок через призму спортивної педагогіки становить вагомий теоретико-практичний інтерес.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Еволюція наукових поглядів на проблему збереження кісткової маси у представниць жіночого спорту за останні роки характеризується зміщенням акцентів від симптоматичного лікування до системного моделювання рухових режимів. Компаративні дослідження, проведені Е. Stojanović та співавт. [1], а також М. Gheitasi та ін. [17], чітко диференціюють вплив різних дисциплін на остеогенез: командні види з високим рівнем динамічної реакції опори (баскетбол) формують вищу мінеральну щільність порівняно з видами спорту, позбавленими ударного обтяження (плавання). Комплексний аналіз стану висококваліфікованих спортсменок у працях М. Bellver [2] та вікових особливостей у дослідженнях J. H. Gibson [3] підтверджують високу мінливість мінералізації, яка виявляється вкрай уразливою перед порушеннями менструальної функції.

Особливе наукове значення мають роботи, присвячені закономірностям регресу кісткової маси під час перерв у тренувальній діяльності. Систематичний огляд Т. Gombarčíková та ін. [16] концептуалізує феномен детренування, демонструючи швидкість резорбційних процесів. Ефективність залучення таргетованих силових та ударних модулів для протидії остеопоротичним змінам ґрунтовно доведена у працях S.-W. Kim [5], R. M. Daly [6], а також А. Harding та В. Beck [8].

Сучасна парадигма профілактики базується на розумінні синдрому REDs та жіночої спортивної тріади. Навчальні матеріали Інституту спортивної науки Gatorade [11] визначають низьку доступність енергії як першопричину депресії кісткового метаболізму. На пріоритетності цифрових дидактичних інтервенцій та підвищенні нутриціологічної грамотності наголошують I. L. Fahrenholtz та ін.



[4]. Чинники ризику та природна історія виникнення стресових переломів детально описані в роботах М. L. Crunkhorn [18] та серії фундаментальних праць А. S. Tenforde і М. Fredericson [7, 13, 14, 15]. Інструментарій для ранньої кумулятивної оцінки ризиків розроблено колективом К. J. Koltun [9]. Водночас аналіз літератури свідчить, що фокус досліджень залишається переважно медико-біологічним, вимагаючи ширшої інтеграції їх результатів у методологію спортивної педагогіки.

Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми. Попри значний масив емпіричних даних щодо етіології та патогенезу зниження мінеральної щільності кісткової тканини у спортсменок, у теорії та методиці спортивного тренування залишається невирішеною проблема розробки цілісних дидактичних моделей профілактики. Наявні рекомендації мають переважно фрагментарний медикаментозний або нутриціологічний характер. Недостатньо розробленими є методичні засади інтеграції специфічних остеогенних фізичних навантажень у структуру підготовки представниць «неударних» видів спорту, а також відсутні стандартизовані педагогічні технології управління процесами детренування з метою збереження структурного гомеостазу кістки. Окремо слід зазначити, що «неударні» види спорту (або види спорту з низьким ударним навантаженням, англ. non-impact sports) — це спортивні дисципліни, під час занять якими тіло спортсмена не зазнає жорстких поштовхів, стрибків або постійних ударів об тверду опорну поверхню (землю, підлогу). У таких видах спорту гравітаційне та осьове навантаження на скелет зведене до мінімуму.

Формулювання цілей статті (постановка завдання). *Мета дослідження* — наукове обґрунтування та систематизація педагогічних стратегій, спрямованих на профілактику деструктивних змін мінеральної щільності кісткової тканини у спортсменок.

Для вирішення мети дослідження нами були сформульовано наступні *завдання*:



1. Здійснити теоретико-методологічний аналіз педагогічних функцій тренера в системі первинного скринінгу та попередження зниження мінералізації кісток у спортсменок.

2. Визначити методичні параметри оптимізації тренувальних навантажень та обґрунтувати дидактичні режими нівелювання наслідків детренування.

Розробити структуру освітньо-інформаційного компонента підготовки спортсменок для забезпечення позитивної поведінкової трансформації щодо енергетичного балансу.

Теоретико-методологічною основою дослідження слугують фундаментальні положення теорії та методики спортивного тренування, концептуальні засади спортивної педагогіки та нутриціології, а також сучасні наукові парадигми щодо адаптації опорно-рухового апарату до екстремальних фізичних навантажень.

Зважаючи на специфіку проблеми, яка лежить на перетині медико-біологічних та педагогічних наук, у процесі дослідження було застосовано комплекс взаємодоповнюючих теоретичних методів наукового пізнання:

- Бібліосемантичний метод та метод контент-аналізу застосовано для критичного опрацювання масиву сучасної вітчизняної та зарубіжної науково-методичної літератури. Інформаційний пошук здійснювався у міжнародних наукометричних базах даних (Web of Science, Scopus, PubMed) за ключовими дескрипторами: female athlete triad, bone mineral density, osteopenia, REDs, sports pedagogy, mechanical loading, detraining. Відбір джерел базувався на критеріях їхньої релевантності, наукової значущості та публікації переважно протягом останніх 5–10 років.

- Системно-структурний аналіз використано для концептуалізації проблеми патологічних змін кісткової тканини не як ізольованого медичного факту, а як наслідку системних дидактичних похибок в управлінні багаторічним тренувальним процесом.



- Компаративний (порівняльний) аналіз дозволив диференціювати вектори адаптаційних змін мінеральної щільності кісткової тканини (МЩКТ) залежно від біомеханічного профілю конкретної спортивної дисципліни (порівняння видів спорту з наявністю та відсутністю ударно-гравітаційного навантаження).

- Методи абстрагування, синтезу та наукового узагальнення застосовано для екстраполяції клінічних та фізіологічних закономірностей (механотрансдукція, енергетичний гомеостаз) у площину спортивної дидактики з подальшим формулюванням конкретних методичних правил і рекомендацій для тренерського складу.

- Метод педагогічного моделювання став інструментом для конструювання комплексної трикомпонентної (освітньо-дидактичної, методичної та моніторингової) стратегії профілактики остеопенічних станів у макроструктурі спортивної підготовки.

Дослідження носило неемпіричний (оглядово-аналітичний) характер і здійснювалося у три етапи: 1) евристичний (збір, ідентифікація та систематизація первинної наукової інформації); 2) аналітичний (пошук причинно-наслідкових зв'язків між параметрами фізичного навантаження, доступністю енергії та станом кісткового метаболізму); 3) концептуальний (розробка та теоретичне обґрунтування фізкультурно-педагогічних стратегій профілактики та корекції).

Виклад основного матеріалу дослідження. Ефективність функціонування системи підготовки спортсменок високого класу перебуває у прямій залежності від рівня науково-методичного обґрунтування тренувальних режимів. Проведений аналіз дозволяє стверджувати, що розвиток остеопенічних станів у спортсменок здебільшого є наслідком дидактичних девіацій у плануванні обсягів та інтенсивності навантажень, а також ігнорування тренером завдань формування культури здоров'язбереження. Патогенетичною основою зниження МЩКТ виступає синдром REDs, детермінований невідповідністю між



рівнем енергетичних витрат під час м'язової діяльності та обсягом калорійності раціону. У межах спортивної педагогіки зазначена проблема вимагає реалізації трикомпонентної превентивної стратегії (дидактичної, методичної та моніторингової).

Дидактичний компонент передбачає модернізацію змісту теоретичної підготовки шляхом імплементації спеціалізованих освітніх модулів. Як свідчать дані GSSI [11], критично важливим є переведення знань про енергетичну доступність у стійкі поведінкові навички. Педагогічний вплив тренера має бути спрямований на деструкцію хибних стереотипів щодо екстремального зниження маси тіла. Використання інтерактивних методів навчання (ефективність яких доведено у 16-тижневих цифрових інтервенціях I. L. Fahrenholtz [4]) дозволяє забезпечити свідоме ставлення спортсменок до свого раціону. Використання інтерактивних методів навчання, систем дистанційного освітнього супроводу (як обґрунтовано у роботах I. L. Fahrenholtz [4]) дозволяє забезпечити формування знань про метаболізм у кістковій тканині, значення адекватного насичення організму кальцієм (1000–1500 мг/добу) та вітаміном D.

Методичний аспект стратегії базується на цілеспрямованому використанні законів механотрансдукції при моделюванні фізичних навантажень. Кісткова тканина демонструє виражену адаптаційну пластичність у відповідь на динамічні, високоінтенсивні механічні стимули, що характеризуються високою швидкістю деформації. Компаративні дані M. Gheitasi та ін. наочно доводять, що тривалі заняття видами спорту з ударним вектором (баскетбол) формують значно потужніший мінеральний архітектурний базис скелета порівняно з плаванням, де гравітаційне навантаження мінімізоване [17]. Звідси впливає дидактичне правило: для представниць «неударних» видів спорту фахівець з фізичної культури та спорту повинен штучно впроваджувати у структуру загальної та спеціальної фізичної підготовки (ЗФП/СФП) модулі пліометричного спрямування (стрибкові вправи, дроп-джампи) та прогресуюче силове



обтяження. Системність таких втручань має становити 2–3 сесії на тиждень, оскільки тривалі монотонні навантаження призводять до десенситизації механорецепторів кістки. Мета-аналізи E. Stojanović [1] та дослідження M. Gheitasi [17] наочно доводять, що баскетбол і біг формують значно потужніший мінеральний базис скелета порівняно з плаванням. Відповідно до цього, для представниць «неударних» видів спорту фахівець повинен штучно впроваджувати у загальну фізичну підготовку модулі пліометричного спрямування та прогресуюче силове обтяження, що корелює з рекомендаціями S.-W. Kim [5] та R. M. Daly [6].

Окремого методичного врегулювання потребує управління періодами детренування. На основі систематизованих T. Gombarčíková даних доведено, що структурні надбання кісткової системи під впливом фізичних вправ є транзиторними [16]. При повній елімінації специфічних навантажень (тривалістю понад 3 місяці) спостерігається стрімка інволюція кісткової маси. З метою попередження даного явища у спортивній педагогіці обґрунтовано відмову від концепції пасивного відпочинку в перехідному періоді макроциклу. Обов'язковим є проектування підтримуючих мікроциклів (maintenance phases), які передбачають збереження до 30–40% обсягу високоінтенсивних механічних стимулів при загальному зниженні загального обсягу рухової активності, що дозволяє утримати плато мінералізації.

Моніторинговий компонент покладає на тренера функцію первинного педагогічного скринінгу. Наставник повинен володіти методикою ідентифікації ранніх маркерів REDs та чинників ризику кісткових стрес-травм, які ґрунтовно класифіковані у працях A. S. Tenforde та M. L. Crunkhorn [7, 15, 18]. Інтеграція кумулятивних інструментів оцінки ризику (на зразок алгоритмів, запропонованих K. J. Koltun [9] та A. S. Tenforde [13]) у практику спортивних шкіл дозволяє своєчасно здійснити педагогічну корекцію тренувального плану до моменту маніфестації клінічних ушкоджень.



Висновки та перспективи подальших досліджень. Проведене дослідження дозволяє констатувати, що вирішення проблеми зниження мінеральної щільності кісткової тканини у спортсменок лежить переважно у площині раціоналізації фізкультурно-педагогічного процесу та підвищення рівня дидактичного управління.

Встановлено, що ключовим превентивним фактором упередження розвитку остеопенії та остеопорузу є системна діяльність тренера з ліквідації синдрому відносної недостатності енергії (REDs). Реалізація поставлених цілей підтвердила високу ефективність інтеграції спеціалізованих освітніх модулів у структуру теоретичної підготовки спортсменок. Формування високого рівня нутриціологічної грамотності та свідомого ставлення до підтримки енергетичного гомеостазу виступає базовою умовою збереження соматичного здоров'я в умовах спорту вищих досягнень.

З позицій методики спортивного тренування доведено необхідність диверсифікації засобів ЗФП шляхом обов'язкового включення вправ з вираженим остеогенним потенціалом (пліометрії та силового тренінгу), що є критично важливим для дисциплін з низьким рівнем гравітаційного та ударного навантаження. Окрім того, обґрунтовано доцільність впровадження керованих підтримуючих мікроциклів під час планових перерв у змагальній діяльності з метою нівелювання негативних ефектів детренування та пролонгації адаптаційних структурних змін скелета.

Перспективи подальших наукових пошуків у даному напрямі полягають у розробці та експериментальній перевірці валідованих педагогічних програм підготовки майбутніх фахівців галузі «Фізична культура і спорт», спрямованих на формування їхньої професійної компетентності щодо превенції та корекції порушень опорно-рухового апарату спортсменок.



Список використаних джерел

1. Basketball players possess a higher bone mineral density than matched non-athletes, swimming, soccer, and volleyball athletes: a systematic review and meta-analysis / E. Stojanović et al. *Archives of osteoporosis*. 2020. Vol. 15, no. 1. URL: <https://doi.org/10.1007/s11657-020-00803-7>
2. Bone mineral density and bone mineral content among female elite athletes / M. Bellver et al. *Bone*. 2019. Vol. 127. P. 393–400. URL: <https://doi.org/10.1016/j.bone.2019.06.030>
3. Determinants of bone density and prevalence of osteopenia among female runners in their second to seventh decades of age / J. H. Gibson et al. *Bone*. 2000. Vol. 26, no. 6. P. 591–598. URL: [https://doi.org/10.1016/s8756-3282\(00\)00274-x](https://doi.org/10.1016/s8756-3282(00)00274-x)
4. Effects of a 16-week digital intervention on sports nutrition knowledge and behavior in female endurance athletes with risk of relative energy deficiency in sport (reds) / I. L. Fahrenholtz et al. *Nutrients*. 2023. Vol. 15, no. 5. P. 1082. URL: <https://doi.org/10.3390/nu15051082>
5. Effects of high-impact weight-bearing exercise on bone mineral density and bone metabolism in middle-aged premenopausal women: a randomized controlled trial / S.-W. Kim et al. *Applied sciences*. 2021. Vol. 11, no. 2. P. 846. URL: <https://doi.org/10.3390/app11020846>
6. Exercise for the prevention of osteoporosis in postmenopausal women: an evidence-based guide to the optimal prescription / R. M. Daly et al. *Brazilian journal of physical therapy*. 2019. Vol. 23, no. 2. P. 170–180. URL: <https://doi.org/10.1016/j.bjpt.2018.11.011>
7. Factors associated with high-risk and low-risk bone stress injury in female runners: implications for risk factor stratification and management / A. S. Tenforde et al. *Orthopaedic journal of sports medicine*. 2024. Vol. 12, no. 5. URL: <https://doi.org/10.1177/23259671241246227>



8. Harding A., Beck B. Exercise, osteoporosis, and bone geometry. *Sports*. 2017. Vol. 5, no. 2. P. 29. URL: <https://doi.org/10.3390/sports5020029>
9. Koltun K. J., Williams N. I., De Souza M. J. Female Athlete Triad Coalition cumulative risk assessment tool: proposed alternative scoring strategies. *Applied physiology, nutrition, and metabolism*. 2020. Vol. 45, no. 12. P. 1324–1331. URL: <https://doi.org/10.1139/apnm-2020-0131>
10. MacKnight J. M. Osteopenia and osteoporosis in female athletes. *Clinics in sports medicine*. 2017. Vol. 36, no. 4. P. 687–702. URL: <https://doi.org/10.1016/j.csm.2017.05.006>
11. NUTRITION FOR FEMALE ATHLETE BONE HEALTH - Gatorade Sports Science Institute. *Gatorade Sports Science Institute*. URL: <https://www.gssiweb.org/sports-science-exchange/article/nutrition-for-female-athlete-bone-health>
12. Osteoporosis in female athletes / S. Pentyala et al. *International journal of clinical therapeutics and diagnosis*. 2013. P. 5–11. URL: <https://doi.org/10.19070/2332-2926-130002>
13. Sport and triad risk factors influence bone mineral density in collegiate athletes / A. S. Tenforde et al. *Medicine & science in sports & exercise*. 2018. Vol. 50, no. 12. P. 2536–2543. URL: <https://doi.org/10.1249/mss.0000000000001711>
14. Tenforde A. S., Fredericson M. Influence of sports participation on bone health in the young athlete: a review of the literature. *Pm&r*. 2011. Vol. 3, no. 9. P. 861–867. URL: <https://doi.org/10.1016/j.pmrj.2011.05.019>
15. Tenforde A. S., Kraus E., Fredericson M. Bone stress injuries in runners. *Physical medicine and rehabilitation clinics of north america*. 2016. Vol. 27, no. 1. P. 139–149. URL: <https://doi.org/10.1016/j.pmr.2015.08.008>
16. The effect of physical activity intervention and detraining on postmenopausal osteopenia and osteoporosis: a systematic review / T. Gombarčíková



et al. *Frontiers in sports and active living*. 2025. Vol. 7.

URL: <https://doi.org/10.3389/fspor.2025.1655404>

17. The effect of professional sports participation on bone content and density in elite female athletes / M. Gheitasi et al. *Asian journal of sports medicine*. 2022.

Vol. 13, no. 2. URL: <https://doi.org/10.5812/asjasm-119683>

18. The natural history of bone stress injuries in athletes: from inception to resolution / M. L. Crunkhorn et al. *Sports medicine*. 2025.

URL: <https://doi.org/10.1007/s40279-025-02280-9>