



Мінеральна щільність променевих і гомілкових кісток у дітей залежно від віку, статі та схильності до переломів, за даними ультразвукової денситометрії

О. Г. Іванько^{1A,C,D,F}, В. А. Дейнега^{1B}, М. В. Пацера^{1B,C,D}, О. В. Соляник^{1B,C,E}, В. Я. Підкова^{1B,C,E}

Запорізький державний медико-фармацевтичний університет, Україна

A – концепція та дизайн дослідження; B – збір даних; C – аналіз та інтерпретація даних; D – написання статті; E – редагування статті; F – остаточне затвердження статті

Мета роботи – встановити особливості швидкісних показників поширення ультразвуку в променевій і гомілкових кістках у дітей залежно від віку, статі та схильності до травматичних переломів.

Матеріали та методи. Обстежили 142 дітей із групи ризику порушень фосфорно-кальцієвого обміну, зокрема 61 дівчинку і 81 хлопця віком від 1 до 17 років. Батьки обстежених під час відвідування консультативно-діагностичного центру дали позитивні відповіді на запитання щодо незбалансованого харчування, про відмову від прийому вітаміну D і повторні травматичні, насамперед так звані низькоенергетичні переломи, у минулому. Ці дані обґрунтували виконання ультразвукової денситометрії щільності кісток у дітей. Для вимірювання швидкості проходження ультразвукової хвилі у променевій і гомілкових кістках застосовували прилад Міні-Омні (Ізраїль).

Результати. Середня швидкість поширення ультразвуку в променевій і гомілковій кістках у дітей прямо залежали від віку та статі, меншою мірою – від індексу маси тіла. Показники Z-score, які враховували ці зв'язки, дещо нижчі за значення бази даних Міні-Омні (Z-score < -1,0) у дітей майже усіх груп за віком, крім дівчат-підлітків віком 13–17 років, у яких показники відповідали загальнопопуляційним. Порівняно з іншими дітьми хлопці та юнаки з показниками Z-score менше ніж -1,0 у минулому вдвічі частіше мали повторні низькоенергетичні переломи кісток.

Висновки. Вимірювання швидкості поширення ультразвуку шляхом визначення Z-score – зручний, швидкий і безпечний метод скринінгу стану мінеральної щільності кісток у дітей. Порівняння показників дітей, які належали до групи ризику як обмежені у прийомі вітаміну D і вживанні молочних продуктів та з довідковими значеннями, що надає комп'ютер денситометра Міні-Омні, дало змогу діагностувати у 66,2 % дітей остеопенію різних ступенів тяжкості. У хлопців і юнаків віком 8–17 років із показниками Z-score менше ніж -1,0 порівняно з обстеженими з нормальними показниками в анамнезі вдвічі частіше зафіксовано низькоенергетичні переломи. У групі дівчат віком 13–17 років порівняно з іншими статево-віковими групами остеопенічні показники Z-score виявляли значно рідше.

Ключові слова: діти, кістки, ультразвукова денситометрія, остеопенія, переломи травматичні.

Актуальні питання фармацевтичної і медичної науки та практики. 2026. Т. 19, № 1(50). С. 54-59

Mineral density of the radius and tibia in children depending on age, sex, and susceptibility to fractures according to ultrasound densitometry data

O. H. Ivanko, V. A. Deineha, M. V. Patsera, O. V. Solianyuk, V. Ya. Pidkova

The aim of the work is to study the speed of ultrasound propagation in bones to determine the state of osteopenia and osteoporosis in children taking into account age, gender, physical development, and susceptibility to traumatic fractures.

Materials and methods. A total of 142 children aged 1 to 17 years were studied, of which 61 were girls and 81 were boys. Positive answers to questions about unbalanced nutrition, refusal to take vitamin D and repeated traumatic, primarily so-called low-energy fractures in the past were the basis for conducting ultrasound densitometry of bone density in children. To measure the speed of ultrasound waves in the tissues of the radius and tibia, the Mini-Omni device made in Israel was used.

Results. The average ultrasound propagation velocity in the radius and tibia in children depended on age, sex, and body mass index. The Z-scores, which took these relationships into account, were below the reference values (Z-score < -1.0) in almost all age categories except for adolescent girls aged 13–17 years. Boys and young men with Z-scores below -1.0 had twice the frequency of recurrent low-energy bone fractures in the past, compared with other children.

ARTICLE INFO

UDC 616.717/.718:577.118]-053.2-073.432.19
DOI: [10.14739/2409-2932.2026.1.345055](https://doi.org/10.14739/2409-2932.2026.1.345055)

Current issues in pharmacy and medicine: science and practice. 2026;19(1):54-59

Keywords: children, bones, ultrasound densitometry, osteopenia, fractures.

Received: 02.12.2025 // Revised: 09.01.2026 // Accepted: 19.01.2026

© The Author(s) 2026. This is an open access article under the [Creative Commons CC BY 4.0 license](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

Conclusions. The method of measuring the speed of propagation of ultrasound in the form of the Z-score indicator is a convenient, fast and safe method of screening the state of bone mineral density in children and allows to detect osteopenia of varying degrees in 66.2 % of randomly examined children. In boys and young men aged 8–17 years, a Z-score below -1.0 doubles the risk of low-energy fracture.

Key words: children, bones, ultrasound densitometry, osteopenia, fractures.

Current issues in pharmacy and medicine: science and practice. 2026;19(1):54-59

Під час ультразвукової денситометрії вивчають швидкість поширення звукової хвилі по кістковій тканині. Метод заснований на тому, що чим менше кісткових балок і чим менший ступінь їх насичення солями кальцію (тобто мінералізація кісткової тканини), тим більше часу необхідно для проходження хвилі ультразвуку по корковому шару кістки. Відтак ультразвукова денситометрія визначає щільність кісток, що у широкому сенсі відповідає кістковому здоров'ю дитини [1,2,3,4].

У дітей найчастіше вивчають кістки скелету, що розташовані поверхнево, а саме променеву кістку у нижній її третині на передпліччі та великогомілкову кістку у її середині по передній поверхні. Цей діагностичний метод поєднує інформативність із неінвазивністю та безпечністю для організму дитини.

В Україні значного поширення в дитячій практиці набуває денситометрія із застосуванням апарата Міні-Омні (Sunlight MiniOmni, Ізраїль). Зазвичай ультразвукове обстеження кісток триває лише кілька хвилин, і тому метод можна застосовувати під час скринінгу остеопеній у масових дослідженнях.

Мета роботи

Встановити особливості швидкісних показників поширення ультразвуку в променевій і гомілкових кістках у дітей залежно від віку, статі та схильності до травматичних переломів.

Матеріали та методи дослідження

Дослідження здійснили за участю дітей, які відвідали консультативно-діагностичний центр міста Запоріжжя для вирішення низки лікувально-діагностичних та організаційних питань. Батьки усіх дітей дали добровільну письмову згоду на обстеження та участь у дослідженні.

Візит до консультативно-діагностичного центру здійснений найчастіше через необхідність консультації алерголога, невропатолога чи окуліста. До ортопеда-травматолога батьки дітей зверталися зі скаргами на порушення постави, плоскостопість, деформації кісток, перенесені переломи. Широкий спектр захворювань, з якими звертались діти, дав змогу екстраполювати результати денситометрії на клінічні стани. Дослідження мало на меті оцінити діагностичні можливості денситометрії.

Під час звернення в реєстратуру клініко-діагностичного центру батькам дітей пропонували відповісти на запитання про те, чи харчується дитина різноманітно та збалансовано, чи вживає молочні продукти, чи призначали дитині протягом останнього року вітамін D, чи були в неї травматичні переломи.

До дослідження дітей залучали, враховуючи критерії включення до групи ризику остеопенії. Критерій залучення до групи дослідження – позитивні відповіді на хоча б одне з наведених запитань. У такому випадку медичний працівник реєстратури пропонував батькам дитини швидко та безкоштовно пройти процедуру денситометрії та одержати інформацію щодо стану кісток. Часто батьки, дізнавшись про дослідження з різних джерел, з власної ініціативи звертались з проханням провести денситометрію додатково до вирішення основної мети візиту до консультативно-діагностичного центру. Найчастіше це було обґрунтовано перенесеними переломами, поганим апетитом, відмовою від продуктів тваринного походження, молока та молокопродуктів як основних джерел кальцію та фосфору.

Як критерії виключення з дослідження визначено гострі та хронічні запальні хвороби під час звернення, приймання лікувальних доз вітаміну D, глюкокортикоїдів і стан після пересадки органів (печінки) та хвороба незавершеного остеогенезу IV типу.

Загалом обстежили 142 дітей віком від 1 до 17 років: 61 дівчинку та 81 хлопця. За даними анамнезу, у 40 (28,2 %) дітей протягом життя сталися події, що призвели до так званих низькоенергетичних переломів кісток кінцівок або хребта. Ці переломи характеризувалися очевидною невідповідністю тяжкості травми та її наслідків. Найчастіше причинами травми було падіння з висоти, що не перебільшувала зріст дитини, наприклад, зі стільця. Незвичайність переломів підтверджувала також їх повторюваність більше ніж у половини дітей.

Відвідування кабінету, де здійснювали дослідження, обов'язково передбачало вимірювання маси тіла і зросту, обчислено індекс маси тіла (ІМТ, у кг/м²) та перцентиль зросту (%) відповідно до референтних значень, які надавав архів комп'ютера денситометра.

Для вимірювання швидкості проходження ультразвукової хвилі у кісткових тканинах застосовано прилад Міні-Омні (Ізраїль). За рекомендаціями виробника, швидкість поширення ультразвуку в кістках вимірювали у дітей на лівій руці, якщо домінують у них була права верхня кінцівка та, навпаки, на правій руці у дітей, які були шульгами. Під час дослідження гомілкової кістки нижньої кінцівки функціональну домінують не враховували [5,6].

Параметри денситометрії включали швидкість поширення ультразвуку в кістковій тканині (SOS, у м/с) та Z-score як показник кількості стандартних середньоквадратичних відхилень порівняно з референтними значеннями за віком і статтю дітей індоєвропейської популяції, що надає електронний архів приладу Міні-Омні.

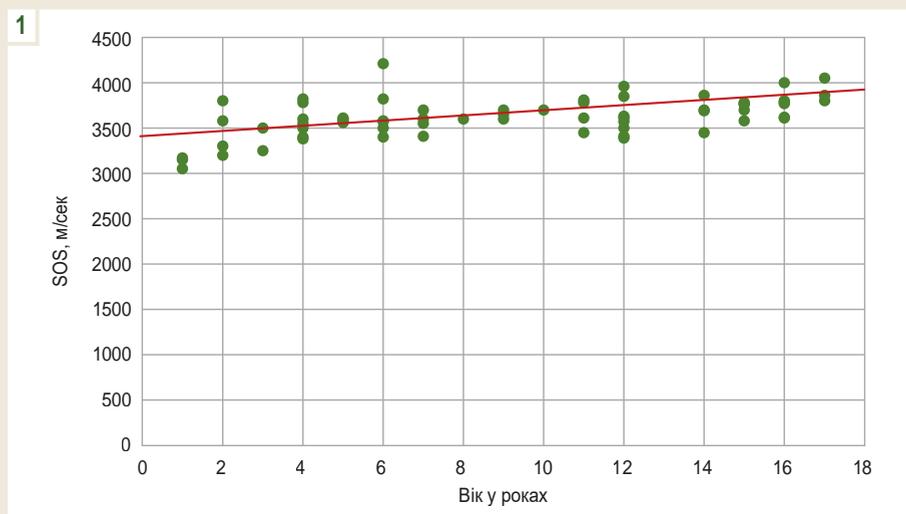


Рис. 1. Залежність швидкості поширення ультразвуку (SOS, м/с) від віку у променевій кістці хлопців. Коефіцієнт парної лінійної кореляції становив 0,58, $p < 0,05$.

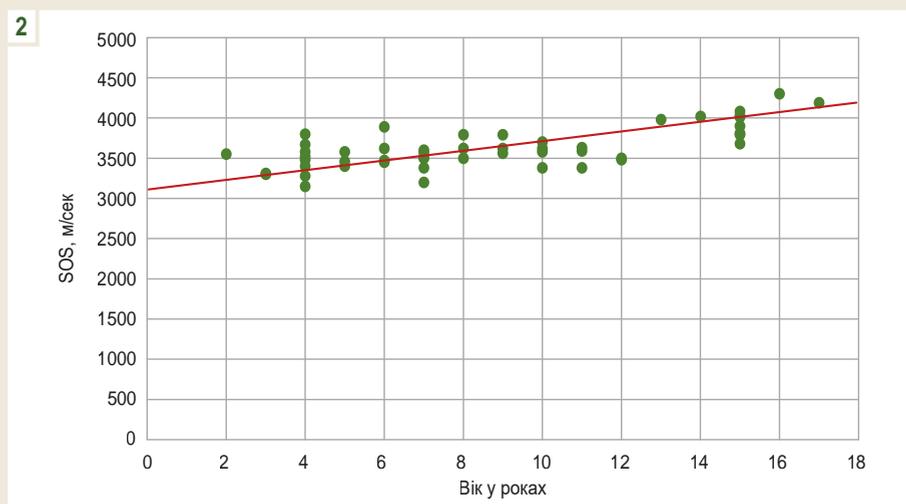


Рис. 2. Залежність швидкості поширення ультразвуку (SOS, м/с) від віку у променевій кістці дівчат. Коефіцієнт парної лінійної кореляції становив 0,73, $p < 0,05$.

Під час дослідження графіки, довірчі інтервали Z-score ($M \pm m$) у кількості сигмальних відхилень SOS від нормативних (од.) і вірогідність (p) розбіжностей частот випадків встановлені за допомогою програми Statistica 13 StatSoft Inc. (ліцензійний № JPZ804I382130ARCN10-J).

Результати

Згідно з результатами вимірювань, показники SOS становили від 3000 м/с до 4200 м/с та істотно залежали від віку дитини та статі (рис. 1, 2).

Показники SOS, виміряні під час дослідження гомілкових кісток, мали аналогічні закономірності, але були більш варіабельними. Науковий інтерес викликали показники Z-score швидкості проходження ультразвукової хвилі в кістках дітей залежно від віку та статі (табл. 1).

За стандартами ВООЗ [7,8], мінеральну щільність кісток визначають за критерієм Z як нормальну при $> -1,0$ од.,

остеопенічну – від $-1,0$ до $-2,5$ од., остеопоротичну – при $< -2,5$ од. Отже, більшість обстежених дітей (66,2 %), за наданими виробником приладу Mini-Ompi даними, відповідали стану остеопенії легкого та середнього ступеня тяжкості. Виняток становили лише дівчата віком від 13 до 17 років, у яких SOS і Z досягали нормальних значень.

На наступному етапі дослідження визначили, як показники мінеральної щільності кіток впливали на стан механічної резистентності. Для цього порівняли частоту перенесених переломів, частину з яких за анамнестичними ознаками визначено як низькоенергетичні, остеопоротичні, залежно від віку, статі та показників Z-score (табл. 2). Встановлено, що переломи частіше фіксували у хлопців і юнаків віком від 8 до 17 років порівняно з дівчатами, і шанси отримати перелом вдвічі підвищувались у разі розвитку остеопенії, що підтверджена під час ультразвукової денситометрії.

Таблиця 1. Показники Z-score швидкості проходження ультразвукової хвилі в кістках дітей залежно від віку та статі

Стать	Вік, роки	n	Променева кістка, Z-score (M ± m), од.	Гомілка, Z-score (M ± m), од.
Хлопці	1–3	11	-1,54 ± 0,52	-0,93 ± 0,42
	4–7	25	-1,11 ± 0,34	0,00 ± 0,08
	7–12	18	-1,40 ± 0,29	-1,66 ± 0,19
	13–17	27	-1,03 ± 0,24	-0,58 ± 0,45
Дівчата	1–3	4	-1,73 ± 1,15	–
	4–7	26	-1,97 ± 0,26	-1,15 ± 0,54
	7–12	18	-1,59 ± 0,32	-1,26 ± 0,31
	13–17	13	0,82 ± 0,45	-1,08 ± 0,40

Таблиця 2. Кількість перенесених низькоенергетичних переломів та швидкість поширення ультразвуку в променевій кістці (Z-score) дітей

Стать	Вік, роки	n	Кількість і значущість розбіжності частот (p) у дітей, які мали переломи у минулому, залежно від показника Z-score	
			>-1,0 од.	-1,0 од. і менше
Хлопці	1–3	0	0	0
	4–7	5	3	2
	8–12	4	0	4
	13–17	16	5	11
	Загалом	25	8	17
p = 0,01				
Дівчата	1–3	1	0	1
	4–7	3	2	1
	8–12	3	1	2
	13–17	8	5	3
	Загалом	15	8	7
p > 0,1				

Обговорення

У сучасній науковій літературі найчастіше обговорюють стан остеопорозу як поширену проблему у пацієнтів похилого віку у зв'язку з дисгормональними порушеннями та так званими постменопаузальними переломами.

Втім, в останні роки цю проблему почали також широко досліджувати у дітей [9]. Впровадження використання ультразвукового приладу Міні-Омні у клінічну практику зробило дослідження мінеральної щільності кісток доступним і безпечним. Доведено, що мінеральну щільність кісток у дітей, яка значною мірою відповідає стану фосфорно-кальцієвого забезпечення, доцільно визначити як стратегічний параметр гомеостазу.

У нашому дослідженні поставили за мету уточнити особливості швидкості поширення ультразвукової хвилі, яку створює денситометр Міні-Омні, залежно від віку, статі та схильності дітей до переломів кісток. Для цього обстежено 142 дітей – хлопців і дівчат різного віку, 40 із них у минулому мали низькоенергетичні травматичні переломи.

У результаті дослідження встановили, що процедура вимірювання швидкості поширення ультразвуку в кістці (SOS) триває лише 10–15 хвилин, адаптована до психологічних особливостей маленьких дітей, бо здійснюється з елементами гри (на екрані монітора комп'ютера транслюється анімація), швидко дає інформацію щодо відхилення показників SOS та Z-score від стандартних, за якими можна визначити стани остеопенії та остеопорозу.

Швидкість проведення ультразвуку в кістці (SOS, м/с) істотно залежить від віку та статі дитини. Стандартизацію SOS здійснювали методом обчислення показників Z-score, що відповідали кількості стандартних середньоквадратичних відхилень порівняно з референтними значеннями архіву приладу Міні-Омні.

За встановленими статистичними середніми показниками Z-score променевої та гомілкової кісток (M ± m) у дітей, які, на думку батьків, належали до групи ризику порушень фосфорно-кальцієвого обміну, в обстежених виявлено стан зниженої мінеральної щільності кісток (майже в усіх групах за віком, крім дівчат-підлітків віком 13–17 років), за чинною класифікацією [10] – легкої

(Z-score від -1,0 од. до -1,5 од.) або помірної (Z-score від -1,5 од. до -2,0 од.) остеопенії.

Отже, дійсно, відібрані за особливостями анамнезу діти, відвідувачі дитячої консультативної поліклініки, можуть належати до групи пацієнтів, які мають вищі ризики розвитку остеопорозу, що можуть бути зумовлені багатьма чинниками [2]. Винятком були лише дівчата старшої підліткової групи, у яких не зафіксовано суттєвих порушень показників SOS. Пояснюємо це підвищенням рівня естрогенів, які сприяють осифікації скелета, саме у цьому віковому періоді.

У найновіших наукових дослідженнях часто вивчають особливості клінічної реалізації остеопенії, зокрема травматичних переломів, за тривалий, понад 10-річний період спостережень [11].

Під час нашого дослідження для підтвердження впливу виявленої остеопенії на стан здоров'я визначено частоту перенесених низькоенергетичних переломів у групах дітей із низькими та нормальними показниками Z-score. Встановлено, що хлопці віком 8–17 років із показником Z-score менше ніж -1,0 од. мають майже вдвічі вищу частоту (тобто ризик) переломів порівняно з юнаками, які мали нормальні показники, та дівчатами. Пояснюємо це не тільки розбіжностями мінералізації кісток, але й більшою ризиковою поведінкою хлопців.

Отже, у результаті дослідження підтверджено просто-ту, інформативність і клінічну доцільність вимірювання швидкості поширення ультразвуку під час денситометрії кісток у дітей із групи ризику розвитку остеопенії.

Висновки

1. Для оцінювання стану мінеральної щільності кісток у дітей використовують безпечний та інформативний метод вимірювання швидкості поширення ультразвуку (SOS) за показником Z-score.

2. Показники денситометрії залежать від статі та позитивно корелюють із віком дитини.

3. У 66,2% дітей віком від 1 до 17 років з обмеженнями живання коров'ячого молока, відмовою від профілактичного приймання вітаміну D та перенесеними травматичними переломами у минулому показники ультразвукової денситометрії Z-score становили менше ніж -1,0 од., що відповідає остеопенії різних ступенів тяжкості.

4. Порівняно з іншими групами хлопці та юнаки віком від 8 до 17 років із показником Z-score менше за -1,0 од. мають вдвічі вищу частоту виникнення низькоенергетичних переломів.

5. Дівчата-підлітки віком 13–17 років мають найвищі показники SOS (Z-score променевої кістки становив $0,82 \pm 0,45$ од.) порівняно з іншими групами обстежених. Імовірно, це пов'язано з досягненням у пізньому пубертаті рівня естрогенів дорослих, що позитивно впливають на остеогенез.

Перспективи подальших досліджень передбачають оцінювання ефективності програм профілактики, лікування остеопенії та запобігання травматичним переломам кісток шляхом масових обстежень дітей і підлітків.

Етичне схвалення

Комісія з питань біоетики Запорізького державного медико-фармацевтичного університету розглянула матеріали, наведені у статті, та не виявила порушень етичних стандартів, викладених у чинних нормативних документах, включаючи Гельсінську декларацію, Конвенцію Ради Європи про права людини та біомедицину, та інших правових актах, що підтверджено Витягом з протоколу засідання від 10.12.2025 року № 15).

Фінансування

Дослідження здійснено без фінансової підтримки.

Конфлікт інтересів: відсутній.

Conflicts of interest: authors have no conflict of interest to declare.

Відомості про авторів:

Іванько О. Г., д-р мед. наук, професор, зав. каф. пропедевтики дитячих хвороб, Запорізький державний медико-фармацевтичний університет, Україна.

ORCID ID: 0000-0001-7655-5529

Дейнега В. А., асистент каф. пропедевтики дитячих хвороб, Запорізький державний медико-фармацевтичний університет, Україна.

ORCID ID: 0000-0003-4222-8540

Пацера М. В., канд. мед. наук, доцент каф. пропедевтики дитячих хвороб, Запорізький державний медико-фармацевтичний університет, Україна.

ORCID ID: 0000-0003-2649-1533

Соляник О. В., канд. мед. наук, асистент каф. пропедевтики дитячих хвороб, Запорізький державний медико-фармацевтичний університет, Україна.

ORCID ID: 0000-0002-2397-3898

Підкова В. Я., канд. мед. наук, доцент каф. пропедевтики дитячих хвороб, Запорізький державний медико-фармацевтичний університет, Україна.

ORCID ID: 0000-0001-6167-7371

Information about the authors:

Ivanko O. H., DSc, MD, Professor, The Head of the Department of Propaedeutic of Children Diseases, Zaporizhzhia State Medical and Pharmaceutical University, Ukraine.

Deineha V. A., Assistant of the Department of Propaedeutics of Children Diseases, Zaporizhzhia State Medical and Pharmaceutical University, Ukraine.

Patsera M. V., MD, Associate Professor of the Department of Propaedeutics of Children Diseases, Zaporizhzhia State Medical and Pharmaceutical University, Ukraine.

Soliyanik O. V., MD, Assistant of the Department of Propaedeutics of Children Diseases, Zaporizhzhia State Medical and Pharmaceutical University, Ukraine.

Pidkova V. Ya., MD, Associate Professor of the Department of Propaedeutics of Children Diseases, Zaporizhzhia State Medical and Pharmaceutical University, Ukraine.



Олег Іванько (Oleg Ivanko)

iog@ukr.net

References

- Antypkin YH, Volosovets OP, Maidannyk VH, Berezenko VS, Moiseenko RO, Vyhovska OV, et al. [Status of child population health – the future of the country (part 1)]. Child's health. 2018;13(1):1-11. Ukrainian. doi: 10.22141/2224-0551.13.1.2018.127059
- Osman NS. [Optimization of diagnosis and forecasting of structural and functional disorders of bone tissue in children during period of growth spurt] [dissertation on the Internet]. Kharkiv: Kharkiv National Medical University; 2022 [cited 2025 Dec 14]. Ukrainian. Available from: https://knmu.edu.ua/wp-content/uploads/2022/12/osman_dys.pdf

3. Marushko YV, Volokha TI, Asonov AA. [Ultrasound densitometry (axial dimension) in the diagnosis of osteopenia syndrome in children with various somatic pathology]. *Sovremennaya pediatriya*. 2016;(1):54-8. Ukrainian. Available from: <https://med-expert.com.ua/journals/wp-content/uploads/2017/06/12-8.pdf>
4. Plaksa V. [Modern markers of osteodysmetabolic syndrome]. *Actual Problems of the Modern Medicine*. 2023;23(2.1):67-3. Ukrainian. doi: [10.31718/2077-1096.23.2.1.67](https://doi.org/10.31718/2077-1096.23.2.1.67)
5. MiniOmni™ Bone Densitometer. MedMax.com.ua. [cited 2025 Dec 14]. Available from: <https://medmax.com.ua/equipment/densitometer/miniomni.html>
6. Osteoporosis Management HEDIS OMW. BeamMed Ltd.; 2019. Available from: <https://www.beamed.com/wp-content/uploads/2021/12/HEDIS-brochure.pdf>
7. Koski A-M. [Guideline 00419. Osteoporosis]. Duodecim Medical Publications, Ltd. Ukrainian. Available from: <https://guidelines.moz.gov.ua/documents/3278>
8. Ferjani HL, Cherif I, Nessib DB, Kaffel D, Maatallah K, Hamdi W. Pediatric and adult osteoporosis: a contrasting mirror. *Ann Pediatr Endocrinol Metab*. 2024;29(1):12-8. doi: [10.6065/apem.2346114.057](https://doi.org/10.6065/apem.2346114.057)
9. Tsybal A, Kotlova J. [Condition of bone mineral density in newborns and their mothers of different age groups]. *Neonatology, surgery and perinatal medicine*. 2021;11(2):17-20. Ukrainian. doi: [10.24061/2413-4260.XI.2.40.2021.3](https://doi.org/10.24061/2413-4260.XI.2.40.2021.3)
10. Grischenko OV, Jarkikh AV, Amro IG, Kirilyuk AD, Avramenko NV, Malishev VE. [Diagnosis of osteopenia syndrome in pregnancy and parturition]. *Reproductive Health of Woman*. 2007;(5):90-4. Ukrainian.
11. Povoroznyuk VV, Musiyenko AS, Dzerovich NI. [Mineral density and quality of bone tissue, 10-year risk of osteoporotic fractures among ukrainian men of various ages]. *Pain, joints, spine*. 2013;(3):52-5. Ukrainian. doi: [10.22141/2224-1507.3.11.2013.82345](https://doi.org/10.22141/2224-1507.3.11.2013.82345)