

ІМПЛАНТОЛОГІЯ

УДК 616.71:[616.71-007.234+616.314-089.843]
DOI <https://doi.org/10.35220/2523-420X/2026.1.26>

В.М. Лучинський,

кандидат медичних наук, доцент,

Тернопільський національний медичний університет
імені І.Я. Горбачевського Міністерства охорони
здоров'я України,

вул. Майдан Волі, 1, м. Тернопіль, Україна, індекс 46001,
lyshunskiyvm@tdmu.edu.ua

ORCID ID: 0000-0002-9339-2589

ОСОБЛИВОСТІ СИСТЕМНОГО МЕТАБОЛІЗМУ КІСТКОВОЇ ТКАНИНИ У ХВОРИХ З ОСТЕОПЕНІЄЮ НА ПІДГОТОВЧОМУ ЕТАПІ ДЕНТАЛЬНОЇ ІМПЛАНТАЦІЇ

Мета дослідження. Вивчити особливості системного метаболізму кісткової тканини у пацієнтів з остеопенією та оцінити зміни показників, що характеризують процеси кісткового ремоделювання. **Методи дослідження.** Обстежено 148 пацієнтів з остеопенією у передопераційному періоді дентальної імплантації. Усім хворим проведено денситометричне дослідження для визначення мінеральної щільності кісткової тканини. У крові та сечі визначали маркери ремоделювання кісткової тканини: концентрацію кальцію та фосфору, активність лужної та кислої фосфатази, рівень оксипроліну та колагенолітичну активність сироватки крові. Статистичну обробку результатів проводили з використанням програм Microsoft Excel та Statistica із застосуванням методів варіаційної статистики та критерію Стюдента. **Наукова новизна.** В роботі поглиблено вивчено особливості системного метаболізму кісткової тканини у хворих з остеопенією та встановлено характерні зміни показників, що відображають процеси кісткового ремоделювання. Вперше проведено комплексний аналіз маркерів кісткоутворення та резорбції у пацієнтів із зниженням мінеральної щільності кісткової тканини, що дозволило уточнити роль метаболічних порушень у формуванні остеопенії. Отримані результати розширюють сучасні уявлення про патогенетичні механізми розвитку остеопенії та дозволяють визначити особливості системного метаболізму кісткової тканини у даній категорії хворих, що може бути використано для підвищення ефективності ранньої діагностики та профілактики прогресування захворювання. **Висновки.** Таким чином, отримані результати показали, що комплексне використання денситометрії та біохімічних маркерів метаболізму кісткової тканини дозволяє більш об'єктивно оцінити порушення кісткового ремоделювання та може сприяти ранньому виявленню ризику розвитку остеопорозу. Отримані результати підкреслюють доцільність застосування біохімічних показників метабо-

лізму кісткової тканини для контролю ефективності лікування та профілактики прогресування остеопенії. Біохімічні маркери ремоделювання кісткової тканини є інформативними показниками для оцінки процесів кісткоутворення та резорбції і можуть використовуватись для моніторингу стану кісткової тканини у пацієнтів зі зниженою мінеральною щільністю. Статеві відмінності активності кислої фосфатази у хворих з остеопенією не були статистично значущими, що вказує на подібний характер метаболічних змін кісткової тканини у чоловіків і жінок.

Ключові слова: остеопенія, метаболізм кісткової тканини, ремоделювання кістки, мінеральна щільність кісткової тканини, денситометрія, біохімічні маркери.

V.M. Luchynskiy

Candidate of Medical Sciences, Associate Professor,
Department of Dentistry

I. Horbachevsky Ternopil National Medical University,
1 Maidan Voli Street, Ternopil, Ukraine, postal code 46001,
lyshunskiyvm@tdmu.edu.ua

ORCID ID: 0000-0002-9339-2589

CHARACTERISTICS OF SYSTEMIC BONE METABOLISM IN PATIENTS WITH OSTEOPENIA DURING THE PREPARATORY STAGE OF DENTAL IMPLANTATION

Aim of the study. To investigate the characteristics of systemic bone metabolism in patients with osteopenia and to assess changes in indicators characterising bone remodelling processes. **Methods.** A total of 148 patients with osteopenia were examined in the preoperative period prior to dental implantation. All patients underwent densitometry to determine bone mineral density. Markers of bone remodelling were measured in blood and urine: calcium and phosphorus concentrations, alkaline and acid phosphatase activity, hydroxyproline levels, and serum collagenolytic activity. Statistical analysis of the results was performed using Microsoft Excel and Statistica software, applying methods of variational statistics and the Student's t-test. **Scientific novelty.** This study provides an in-depth examination of the characteristics of systemic bone metabolism in patients with osteopenia and identifies characteristic changes in indicators reflecting bone remodelling processes. For the first time, a comprehensive analysis of markers of bone formation and resorption was conducted in patients with reduced bone mineral density, which enabled the role of metabolic disorders in the development of osteopenia to be clarified. The results obtained expand current understanding of the pathogenetic mechanisms underlying the development of osteopenia and allow the identification of features of systemic bone metabolism in this patient group, which may be utilised to improve the effectiveness of early diagnosis and prevention of disease progression. **Conclusions.** The results obtained



thus demonstrate that the combined use of densitometry and biochemical markers of bone metabolism allows for a more objective assessment of abnormalities in bone remodelling and may facilitate the early identification of the risk of developing osteoporosis. The results obtained highlight the value of using biochemical markers of bone metabolism to monitor the effectiveness of treatment and prevent the progression of osteopenia. Biochemical markers of bone remodelling are informative indicators for assessing bone formation and resorption processes and can be used to monitor bone health in patients with reduced bone mineral density. Gender differences in acid phosphatase activity in patients with osteopenia were not statistically significant, indicating a similar nature of metabolic changes in bone tissue in men and women.

Key words: osteopenia, bone metabolism, bone remodelling, bone mineral density, densitometry, biochemical markers.

Постановка проблеми. Стабільна та довготривала служба дентальних імплантатів перебуває у повній залежності від біологічних процесів, які відбуваються в результаті взаємодії імплантата та тканин порожнини рота. Сюди ж належать і функціональний стан, і реактивні особливості м'яких тканин у зоні імплантації [1-5]. Важливу роль у розвитку та управлінні адаптивно-компенсаторними процесами відіграє структурно-функціональний стан кісткової тканини [6-10]. У сучасних умовах проблема порушень кісткового метаболізму є значущою у зв'язку зі зростанням поширеності метаболічних захворювань. Відомо, що зміни системного метаболізму кісткової тканини супроводжуються порушенням балансу між процесами кісткоутворення та резорбції, що призводить до поступового зниження структурної міцності кісток. Раннє виявлення метаболічних змін у кістковій тканині має важливе значення для своєчасної профілактики прогресування остеопенії та розвитку остеопорозу [11-15]. Незважаючи на значну кількість досліджень у цьому напрямку, особливості системного метаболізму кісткової тканини у хворих з остеопенією потребують подальшого вивчення, що обумовлює актуальність даного дослідження.

Мета дослідження. Вивчення особливостей системного метаболізму кісткової тканини у хворих з остеопенією та визначення основних метаболічних змін, що супроводжують зниження мінеральної щільності кісткової тканини.

Матеріали і методи дослідження. Для оцінки швидкості метаболізму кісткової тканини та активності її формування і резорбції, нами була досліджена низка маркерів ремоделювання у крові та сечі 148 хворих з остеопенією на передопераційному періоді дентальної імплантації,

залежно від віку та статі обстежених. Усім пацієнтам були проведені денситометричні дослідження кісткової тканини для визначення її мінеральної щільності.

Концентрацію кальцію (Ca) у крові хворих вивчали за допомогою іонселективного методу. Рівень фосфору (P) у крові визначали прямим методом, який ґрунтується на реакції неорганічного фосфору у кислому середовищі з молібдатом амонію, формуючи фосформолібдатний комплекс жовтого кольору. Активність лужної фосфатази (ЛФ) у крові досліджуваних з'ясовували з п-нітрофенілфосфатом кінетичним методом з ДЕА – буфером. Принцип методу полягає у тому, що ЛФ в кислому середовищі каталізує перенесення фосфатної групи від п-нітрофенілфосфату до діетаноламіну, звільняючи п-нітрофенол. Кількість п-нітрофенолу, що утворився в одиницю часу, пропорційно активності ферменту і визначається по зміні оптичної щільності розчину зразку в одиницю часу при довжині хвилі 405 нм. Метод рекомендований Німецьким Національним суспільством клінічної хімії (ДУКС). Активність кислої фосфатази (КТ), присутню у зразку, визначали модифікованим методом Хілмана. Методика визначення оксипроліну у сечі базується на принципі, що хлорамін окислює деметиламінобензальдегід під час нагрівання з утворенням червоного забарвлення. Наявність оксипроліну кількісно змінює це забарвлення через конкурентність його окислення хлораміном. Визначення колагенолітичної активності сироватки крові визначали за методом Шараєва, який полягає в інкубації проби з колагеном наступним визначенням продуктів розпаду цього білку за оксипроліном.

На основі результатів, отриманих у ході виконання роботи, було створені електронні бази даних. У подальшому їх опрацьовували з використанням програми Microsoft Excel, що входить до пакету Microsoft Office, та програми Statistica. При виконанні статистичної обробки отриманих даних було застосовано наступні методи: аналіз варіаційних рядів; проведення оцінки вірогідності отриманих результатів за критерієм Стьюдента.

Результати та їх обговорення. В результаті проведених досліджень встановлено, що у чоловіків молодшої вікової групи (18-44 роки) вміст Ca у крові (табл. 1) вірогідно не відрізнявся від даних у осіб порівняльної групи з нормальною МЩКТ ($p > 0,05$). Водночас, у досліджуваних старшої вікової групи (45-59 років) рівень Ca у крові був на 15,83 % вище стосовно даних у осіб

порівняльної групи ($p < 0,05$), проте вірогідно не відрізнявся від даних у хворих віком 18-44 роки ($p > 0,05$).

У осіб жіночої статі вміст Са у крові перевищував дані у порівнянні на 15,00 % у жінок у віці 18-44 роки ($p < 0,05$) та на 23,75 % у старшій віковій групі ($p < 0,01$). При цьому, не встановлено вірогідних відмінностей між концентрацією Са у крові при міжстатевому порівнянні у осіб різних вікових груп ($p > 0,05$).

Концентрація фосфору у крові хворих з остеопенією була нижче стосовно даних у досліджуваних з нормальною МЩКТ порівняльної групи. Так, рівень Р у крові вірогідно знижувався: на 26,5 % у чоловіків віком 45-59 років ($p < 0,01$), на 23,08 % – у жінок молодшого віку ($p < 0,05$) та на 33,08 % у осіб жіночої статі у віці 45-59 років ($p < 0,001$). При цьому, не встановлено достовірної різниці значень вмісту фосфору у крові при міжстатевому порівнянні у осіб з остеопенією.

Активність лужної фосфатази у крові осіб з остеопенією була підвищена стосовно даних у осіб з нормальною МЩКТ порівняльної групи (табл. 2). У осіб основної групи віком 18-44 роки активність ЛФ була вище: на 51,04 % у чоловіків та на 58,10 % у жінок, стосовно даних у порівнянні ($p < 0,01$) і не відрізнялись статистичною значущістю між собою ($p > 0,05$). У той же час, максимальні значення активності ЛФ досліджували

у осіб віком 45-59 років, які перевищували дані у пацієнтів порівняльної групи на 70,80 % у чоловіків та на 75,59 % у жінок ($p < 0,001$) та не відрізнялись статистичною значущістю між собою ($p > 0,05$). При цьому, середнє значення активності ЛФ у крові чоловіків та жінок вірогідно не відрізнялись між собою ($p > 0,05$).

Встановлено, що активність кислої фосфатази (КФ) у крові осіб порівняльної групи становила $3,49 \pm 0,23$ од/л та не відрізнялись статистичною значущістю від чоловіків та жінок з остеопенією молодшої вікової групи, $p > 0,05$. Зі збільшенням віку обстежених основної групи, активність КФ у крові зростала та була вище стосовно даних у порівнянні: на 40,11 % у чоловіків та на 43,84 % у жінок, $p < 0,01$. Водночас, середнє значення активності КФ у крові досліджуваних чоловіків і жінок вірогідно не відрізнялись між собою, $p > 0,05$.

Активність колагенази у осіб з нормальною МЩКТ порівняльної групи становила $8,84 \pm 0,71$ мкмоль/л.г і була значно нижче ніж у хворих з остеопенією (рис. 1): на 56,33 та 61,31 % у 18-44 річних чоловіків і жінок, відповідно на 69,34 та 83,23 % у чоловіків і жінок старшої вікової групи, відповідно, ($p < 0,001$). При цьому середні значення активності колагенази у крові чоловіків і жінок вірогідно не відрізнялись між собою ($p > 0,05$).

Таблиця 1

Вікові особливості кальцій-фосфорного метаболізму в крові осіб з низькою мінеральною щільністю кісткової тканини.

| Показники | Контрольна група, n=36 | Чоловіки | | Жінки | |
|-------------|------------------------|-----------------|------------------------|----------------------|------------------------|
| | | 18-44, n=29 | 45-59, n=45 | 18-44, n=34 | 45-59, n=40 |
| Са, ммоль/л | $2,40 \pm 0,10$ | $2,52 \pm 0,12$ | $2,78 \pm 0,14$ ° | $2,76 \pm 0,14$ ° | $2,97 \pm 0,16$ °° |
| Р, ммоль/л | $1,30 \pm 0,11$ | $1,20 \pm 0,09$ | $0,96 \pm 0,06$ °°▲ | $1,00 \pm 0,08$ ° | $0,87 \pm 0,05$ °°° |

Примітки: 1. Достовірна різниця значень стосовно даних у контрольній групі: ° $p < 0,05$; °° $p < 0,01$; °°° $p < 0,001$. 2. Достовірна різниця значень даних одностатевих груп: ▲ $p < 0,05$; ▲▲ $p < 0,01$; ▲▲▲ $p < 0,001$. 3. Достовірна різниця значень даних чоловіків та жінок: ■ $p < 0,05$; ■■ $p < 0,01$; ■■■ $p < 0,001$.

Таблиця 2

Вміст лужної і кислої фосфатази у крові осіб з низькою мінеральною щільністю КТ залежно від віку і статі

| Показники | Контрольна група, n=36 | Чоловіки | | Жінки | |
|-------------------------|------------------------|----------------------------|-----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| | | 18-44 р., n=29 | 45-59 р., n=45 | 18-44 р., n=34 | 45-59 р., n=40 |
| Лужна фосфатаза, мкат/л | $188,40 \pm 8,00$ | $284,56 \pm 9,10$ °°°▲▲ | $321,80 \pm 10,12$ °°°▲▲ | $297,87 \pm 10,06$ °°°▲ | $330,82 \pm 11,05$ °°°▲ |
| Кисла фосфатаза, Од/л | $3,49 \pm 0,23$ | $3,66 \pm 0,23$ ▲▲▲ | $4,89 \pm 0,27$ °°°▲▲▲ | $3,72 \pm 0,25$ ▲▲▲ | $5,02 \pm 0,28$ °°°▲▲▲ |

Примітки: 1. Достовірна різниця значень стосовно даних у контрольній групі: ° $p < 0,05$; °° $p < 0,01$; °°° $p < 0,001$. 2. Достовірна різниця значень даних одностатевих груп: ▲ $p < 0,05$; ▲▲ $p < 0,01$; ▲▲▲ $p < 0,001$. 3. Достовірна різниця значень даних чоловіків та жінок: ■ $p < 0,05$; ■■ $p < 0,01$; ■■■ $p < 0,001$.

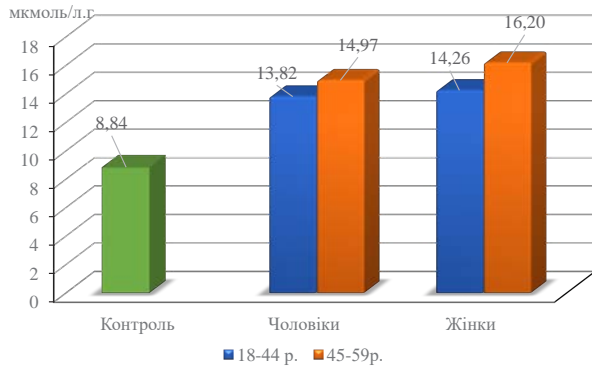


Рис. 1. Вікові особливості активності колагенази у хворих з низькою мінеральною щільністю кісткової тканини

Вміст оксипроліну у сечі хворих з остеопенією був підвищений стосовно даних у осіб порівняльної групи з нормальною МЩКТ (рис 2). Так, у чоловіків рівень оксипроліну у сечі перевищував дані у порівнянні: на 49,06 % у віці 18-44 роки і на 115,58 % – у осіб старшої вікової групи ($p < 0,001$). У жінок основної групи рівень оксипроліну у сечі був вище стосовно даних у осіб порівняльної групи: на 62,79 % у жінок віком 18-44 роки ($p < 0,001$) і на 152,10 % у осіб старшої вікової групи ($p < 0,001$). Звертало увагу, що у жінок середній рівень оксипроліну у сечі був на 13,76 % вище відповідного значення у чоловіків ($p < 0,05$).

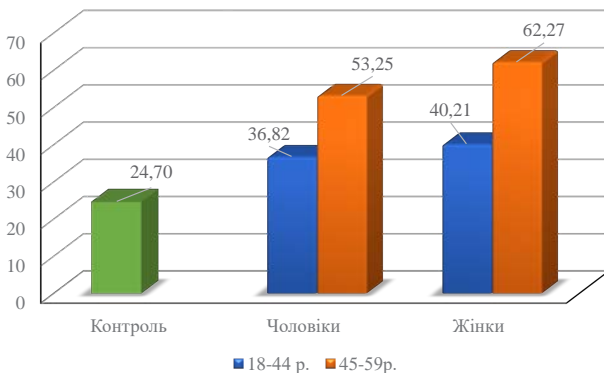


Рис. 2. Вікові особливості вмісту оксипроліну в сечі хворих з низькою мінеральною щільністю КТ

Висновки. При аналізі маркерів кісткового ремоделювання у біологічних рідинах пацієнтів з остеопенією досліджено збільшення у крові вмісту Ca на 15,0 % ($p < 0,05$), активності і ЛФ – на 63,89 % ($p < 0,01$), КФ – на 23,78 % ($p < 0,05$), колагенази – на 67,53 % ($p < 0,01$) та рівня оксипроліну у сечі на 94,85 % ($p < 0,01$), стосовно даних у хворих з нормальною МЩКТ порівняльної групи. При цьому, не встановлено вірогідних відмін-

ностей у динаміці параметрів при міжстатевому порівнянні.

Література:

1. Забуга Ю. І., Біда О. В. Оцінка ефективності профілактичних заходів для забезпечення довготривалої стабільності ортопедичних конструкцій на дентальних імплантатах. Інновації в стоматології. 2025. №1. С. 105–108. <https://doi.org/10.35220/2523-420X/2025.1.19>
2. Niwano Y., Shishido S., Shirato M., Kohzaki H., Nakamura K. Therapeutic Potential of Proanthocyanidins in Dentistry: A Focus on Periodontal Disease and on Dental Implants in Osteoporotic Patients. *Antioxidants (Basel)*. 2025. No 14(7). P. 850. <https://doi.org/10.3390/antiox14070850>
3. Ho-Yan Duong, Andrea Rocuzzo, Alexandra Stähli, Giovanni E. Salvi, Niklaus P. Lang, Anton Sculean. Oral health-related quality of life of patients rehabilitated with fixed and removable implant-supported dental prostheses. *Periodontology 2000*. 2022. No 1(88). P. 201–237. <https://doi.org/10.1111/prd.12419>
4. Cattoni F., Tetè G., Uccioli R., Manazza F., Gastaldi G., Perani D. An fMRI Study on Self-Perception of Patients after Aesthetic Implant-Prosthetic Rehabilitation. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2020. No 2(17). P. 588. <https://doi.org/10.3390/ijerph17020588>
5. Rokaya D., Srimaneepong V., Wisitrasameewon W., Humagain M., Thunyakitpisal P. Peri-implantitis Update: Risk Indicators, Diagnosis, and Treatment. *Eur J Dent*. 2020. No 14(4). P. 672–682. <https://doi.org/10.1055/s-0040-1715779>
6. Гуртова Я. М., Шнайдер С.А., Вальда В.В., Репужинський Й.М., Жук Д.Д., Мазур В.П. Оцінка показника антиоксидантного захисту у ротовій рідині пацієнтів з хронічним генералізованим пародонтизом, остеопенією та остеопорозом на тлі лікувально-профілактичного комплексу. Інновації в стоматології. 2025. № 3. С. 92–96. DOI <https://doi.org/10.35220/2523-420X/2025.3.13>
7. Chou H.H., Lu S.L., Wang S.T., Huang T.H., Chen S.L. The Association between Bone Mineral Density and Periodontal Disease in Middle-Aged Adults. *Int J Environ Res Public Health*. 2021. No 18(6). P. 3321. <https://www.mdpi.com/1660-4601/18/6/3321>
8. Yu B., Wang C.Y. Osteoporosis and periodontal diseases – an update on their association and mechanistic links. *Periodontol 2000*. 2022. No 89(1). P. 99–113. <https://doi.org/10.1111/prd.12422>
9. Niwano Y., Shishido S., Shirato M., Kohzaki H., Nakamura K. Therapeutic Potential of Proanthocyanidins in Dentistry: A Focus on Periodontal Disease and on Dental Implants in Osteoporotic Patients. *Antioxidants (Basel)*. 2025. No 14(7). P. 850. <https://doi.org/10.3390/antiox14070850>

10. Лучинський В.М., Лучинська Ю.І., Пацкань Л.О., Кучирка Л.І., Погорецька Х.В. Клінічно-рентгенологічна характеристика стану зубощелепової системи у осіб з низькою мінеральною щільністю кісткової тканини. Східно-український медичний журнал. 2025. №1 3(2). С. 463-470. [https://doi.org/10.21272/eumj.2025;13\(2\):463-470](https://doi.org/10.21272/eumj.2025;13(2):463-470)

11. Rokaya D., Srimaneepong V., Wisitrasameewon W., Humagain M., Thunyakitpisal P. Peri-implantitis Update: Risk Indicators, Diagnosis, and Treatment. *Eur J Dent*. 2020. No 14(4). P. 672-682. <https://doi.org/10.1055/s-0040-1715779>

12. Ніколаєнко І. В., Рейзвіх О.Е., Христова М. Т. Взаємозв'язок між апікальним періодонтитом, станом кісткового метаболізму та системними захворюваннями (огляд літератури). *Інновації в стоматології*. 2024. № 4. С. 86-95. <https://doi.org/10.35220/2523-420X/2024.4.16>

13. Cadoni E., Ideo F., Marongiu G., Mezzena S., Frigau L., Mela Q., Capone A., Duncan H.F., Cotti E. Periapical status in patients affected by osteoporosis: A retrospective clinical study. *Clin Exp Dent Res*. 2022. No 8(5). P. 1068-1075. <https://doi.org/10.1002/cre2.604>

14. Shrihari K., Kour H. Narrative Review on Osteoporosis: A Silent Killer. *Journal of Clinical and Diagnostic Research*. 2024. No 18(4). RE01-RE06. <https://doi.org/10.7860/JCDR/2024/69058.19248>

15. Xiao P.L., Cui A.Y., Hsu C.J., Peng R., Jiang N., Xu X.H., Ma Y.G., Liu D., Lu H.D. Global, regional prevalence, and risk factors of osteoporosis according to the World Health Organization diagnostic criteria: a systematic review and meta-analysis. *Osteoporos Int*. 2022. No 33(10). P. 2137-2153. <https://doi.org/10.1007/s00198-022-06454-3>

References:

1. Zabuha, Yu. I., Bida, O. V. (2025). Evaluation of the effectiveness of preventive measures to ensure long-term stability of orthopedic structures on dental implants. *Innovation in stomatology*, 1, 105–108. <https://doi.org/10.35220/2523-420X/2025.1.19>

2. Niwano, Y., Shishido, S., Shirato, M., Kohzaki, H., Nakamura, K. (2025) Therapeutic Potential of Proanthocyanidins in Dentistry: A Focus on Periodontal Disease and on Dental Implants in Osteoporotic Patients. *Antioxidants (Basel)*, 14(7), 850. <https://doi.org/10.3390/antiox14070850>

3. Ho-Yan, Duong, Andrea, Rocuzzo, Alexandra, Stähli, Giovanni, E. Salvi, Niklaus, P. Lang, Anton, Sculean. (2022). Oral health-related quality of life of patients rehabilitated with fixed and removable implant-supported dental prostheses. *Periodontology 2000*, 1(88), 201–237. <https://doi.org/10.1111/prd.12419>

4. Cattoni, F., Tetè, G., Uccioli, R., Manazza, F., Gastaldi, G., Perani, D. (2020). An fMRI Study on Self-Perception of Patients after Aesthetic Implant-Prosthetic Rehabilitation. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 2(17), 588. <https://doi.org/10.3390/ijerph17020588>

5. Rokaya, D., Srimaneepong, V., Wisitrasameewon, W., Humagain, M., Thunyakitpisal, P. (2020). Peri-implantitis Update: Risk Indicators, Diagnosis,

and Treatment. *Eur J Dent*, 14(4), 672-682. <https://doi.org/10.1055/s-0040-1715779>

6. Hurtova, Ya.M., Shnaider, S.A., Valda, V.V., Repuzhynskyy, Y.M., Zhuk, D.D., Mazur, V.P. (2025). Assessment of the antioxidant protection index in the salivary fluid of patients with chronic generalized periodontitis, osteopenia, and osteoporosis under a therapeutic-prophylactic regimen. *Innovation in stomatology*, 3, 92-6 [in Ukrainian] DOI <https://doi.org/10.35220/2523-420X/2025.3.13>

7. Chou, H. H., Lu, S. L., Wang, S. T., Huang, T. H., & Chen, S. L. (2021). The association between bone mineral density and periodontal disease in middle-aged adults. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(6), 3321. <https://www.mdpi.com/1660-4601/18/6/3321>

8. Yu, B., & Wang, C. Y. (2022). Osteoporosis and periodontal diseases – an update on their association and mechanistic links. *Periodontology 2000*, 89(1), 99–113. <https://doi.org/10.1111/prd.12422>

9. Niwano, Y., Shishido, S., Shirato, M., Kohzaki, H., & Nakamura, K. (2025). Therapeutic potential of proanthocyanidins in dentistry: A focus on periodontal disease and on dental implants in osteoporotic patients. *Antioxidants*, 14(7), 850. <https://doi.org/10.3390/antiox14070850>

10. Luchynskyi, VM, Luchynska, YI, Patskan, LO, Kuchyrka, LI, Pohoretska, KV. Clinical and radiological characteristics of the dental and jaw system state in persons with low mineral density bone tissue. *East Ukr Med J*. 2025;13(2):463-470. [in Ukrainian] [https://doi.org/10.21272/eumj.2025;13\(2\):463-470](https://doi.org/10.21272/eumj.2025;13(2):463-470)

11. Rokaya, D., Srimaneepong, V., Wisitrasameewon, W., Humagain, M., Thunyakitpisal, P. (2020). Peri-implantitis Update: Risk Indicators, Diagnosis, and Treatment. *Eur J Dent*, 14(4), 672-682. <https://doi.org/10.1055/s-0040-1715779>

12. Nikolaienko, I.V., Reyzvikh, O.E., Khrystova, M.T. (2024). The relationship between apical periodontitis, bone metabolism and systemic diseases (literature review). *Інновації в стоматології*, (4), 86–95. [in Ukrainian] <https://doi.org/10.35220/2523-420X/2024.4.16>

13. Cadoni, E., Ideo, F., Marongiu, G., Mezzena, S., Frigau, L., Mela, Q., Capone, A., Duncan, H.F., & Cotti, E. (2022). Periapical status in patients affected by osteoporosis: A retrospective clinical study. *Clin Exp Dent Res*, 8(5), 1068-1075. <https://doi.org/10.1002/cre2.604>

14. Shrihari, K., & Kour, H. (2024). Narrative Review on Osteoporosis: A Silent Killer. *Journal of Clinical and Diagnostic Research*, 18(4), RE01-RE06. DOI: 10.7860/JCDR/2024/69058.1924826 <https://doi.org/10.7860/JCDR/2024/69058.19248>

15. Xiao, P.L., Cui, A.Y., Hsu, C.J., Peng, R., Jiang, N., Xu, X.H., Ma, Y.G., Liu, D., & Lu, H.D. (2022). Global, regional prevalence, and risk factors of osteoporosis according to the World Health Organization diagnostic criteria: a systematic review and meta-analysis. *Osteoporos Int*, 33(10), 2137-2153. <https://doi.org/10.1007/s00198-022-06454-3>

Дата першого надходження рукопису до видання: 25.03.2026

Дата прийнятого до друку рукопису після рецензування: 15.04.2026

Дата публікації: 22.05.2026