

УДК 616.71-089.843:615.36:616-092.9

DOI <https://doi.org/10.11603/2311-9624.2026.2.16435>

В. М. Лучинський

ORCID <https://orcid.org/0000-0002-9339-2589>

Тернопільський національний медичний університет імені І. Я. Горбачевського МОЗ України

МОРФОЛОГІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА ПЕРИІМПЛАНТНОЇ ЗОНИ КІСТКИ ПРИ ЗАСТОСУВАННІ РІЗНИХ ОСТЕОТРОПНИХ ПРЕПАРАТІВ

V. M. Luchynskyi

Ivan Horbachevsky Ternopil National Medical University the Ministry of Health of Ukraine

MORPHOLOGICAL CHARACTERISTICS OF THE PERI-IMPLANT BONE ZONE UNDER THE USE OF VARIOUS OSTEOTROPIC AGENTS

ІНФОРМАЦІЯ

Електронна адреса
для листування:
lyshunskiyvm@tdmu.edu.ua

Стаття надійшла до редакції:
15.04.2026

Схвалено до друку: 08.05.2026

Статтю опубліковано:
30.05.2026



Стаття поширюється на умовах
ліцензії відкритого доступу
(CC BY 4.0)

Ключові слова: остеопороз,
ремоделювання кісткової тка-
нини, остеогенез, остеointe-
грація, імплантація, лікуваль-
но-профілактичний комплекс.

АНОТАЦІЯ

Метою дослідження було доклінічне обґрунтування ефективності розробленого лікувально-профілактичного комплексу щодо впливу на ремоделювання кісткової тканини при експериментальному остеопорозі.

Матеріал та методи дослідження. Експеримент проведено на 20 кролях із модельованим глюкокортикоїдним остеопорозом. Тварин розподілили на 4 групи залежно від застосованої терапії: без лікування (контроль), із застосуванням “OsteoPro”, «Вітрум Остеомаг» та їх комбінації. Морфологічну оцінку кісткової тканини проводили гістологічними методами через 3 місяці після імплантації.

Результати дослідження. У контрольній групі виявлено переважання сполучнотканинного регенерату та ознаки неповноцінного остеогенезу. При застосуванні “OsteoPro” відзначали активізацію клітинних елементів кісткової тканини, проте збереження остеопоротичних змін. У групі «Вітрум Остеомаг» спостерігали структурну незрілість кістки з ознаками хрящоподібної тканини. Найкращі результати отримано при комбінованій терапії (“OsteoPro” + «Вітрум Остеомаг»), де відзначено покращення організації колагенових волокон, неоангіогенез та формування умов для ефективної остеointegraції імплантів.

Висновки. Таким чином, комбіноване застосування досліджуваних препаратів сприяє більш повноцінному відновленню структури кісткової тканини при остеопорозі та підвищує якість репаративного остеогенезу.

INFORMATION

Email address
for correspondence:
lyshunskiyvm@tdmu.edu.ua

Received: 15.04.2026

Accepted: 08.05.2026

Published: 30.05.2026

ABSTRACT

The aim of this study was to provide a preclinical justification for the effectiveness of the developed therapeutic and preventive complex in influencing bone tissue remodeling under experimental osteoporosis. **Materials and Methods.** The experiment was conducted on 20 rabbits with induced glucocorticoid-induced osteoporosis. The animals were divided into four groups depending on the therapy applied: no treatment (control), treatment with “OsteoPro,” “Vitrum Osteomag,” and their combination. Morphological evaluation of bone tissue was performed using histological methods three months after implantation.

Key words: osteoporosis, bone tissue remodeling, osteogenesis, osseointegration.

Results. In the control group, a predominance of connective tissue regenerate and signs of incomplete osteogenesis were observed. The use of "OsteoPro" resulted in activation of cellular elements of bone tissue; however, osteoporotic changes persisted. In the "Vitrum Osteomag" group, structural immaturity of bone with features of cartilage-like tissue was noted. The best results were obtained with combined therapy ("OsteoPro" + "Vitrum Osteomag"), which demonstrated improved organization of collagen fibers, neoangiogenesis, and the formation of conditions favorable for effective osseointegration of implants.

Conclusions. Thus, the combined use of the studied agents contributes to a more complete restoration of bone tissue structure in osteoporosis and improves the quality of reparative osteogenesis.

Вступ. На сучасному етапі розвитку стоматології дентальна імплантація розглядається як невід'ємна складова комплексної реабілітації пацієнтів із дефектами зубних рядів. Її широке впровадження зумовлене поєднанням досягнень хірургічної стоматології, матеріалознавства та біотехнологій, зокрема використанням сучасних біосумісних матеріалів і наномодифікованих поверхонь імплантатів, що забезпечують покращену остеоінтеграцію [1–5].

Сучасна стоматологічна наука спрямована на підвищення ефективності профілактики та лікування, що безпосередньо пов'язано з довготривалою стабільністю отриманих клінічних результатів. Досягнення оптимального терапевтичного ефекту значною мірою залежить від впровадження інноваційних технологій діагностики та лікування. Зокрема, достовірна оцінка стану кісткової тканини є критично важливою передумовою успішного планування імплантації [6–10].

Відомо, що якість і щільність кісткової тканини у ділянці імплантації визначають вибір імплантаційної системи, хірургічної тактики та подальшого ортопедичного лікування. Крім того, параметри кістки безпосередньо впливають на первинну стабільність імплантату, яка є ключовим фактором його успішної остеоінтеграції [11–15].

Морфологічні та структурні зміни у перимплантній кістковій тканині виступають важливим критерієм оцінки ефективності імплантації та дії остеотропних препаратів. Встановлено, що фармакологічні засоби, які впливають на метаболізм кісткової тканини, можуть змінювати щільність, архітектоніку трабекул і ступінь мінералізації, що, у свою чергу, визначає перебіг процесів ремоделювання та стабільності імплантатів [16–18].

Мета дослідження. Доклінічне обґрунтування впливу розпрацьованого лікувально-профілактичного комплексу на процеси ремоделювання кісткової тканини

Матеріали і методи дослідження. Експеримент проведено на 20 кролях із модельованим

системним остеопорозом. Утримання і використання тварин проводили відповідно до науково-практичних рекомендацій у стандартних умовах віварію: у клітках (по 2-3 кроля), в умовах «відкритої системи», природнього освітлення, при температурі 17-20°C і відносній вологості повітря 50-65 %.

З метою вивчення патологічних процесів, котрі відбуваються в кістковій тканині тварин, використано модель глюкокортикоїдного остеопорозу. Метилпреднізолон натрію (Solu Medrol) вводили підшкірно у дозі 3 мг/кг через день протягом 2 місяців. Остеотропна терапія, розпрацьованим нами комплексом, проводилась починаючи з 7 доби після закінчення моделювання остеопорозу. Тварин з модельованими остеопоротичними явищами ділили на групи у залежності від застосування фармакологічних препаратів для репаративного остеогенезу: до I групи (порівняльна) увійшли 5 піддослідних тварин, які не отримували лікування; до II групи – 5 кролів, у яких з метою оптимізації остеогенезу застосовували препарат "OsteoPro"; до III групи – 5 тварин, які утримували препарат «Вітрум Остеомаг»; до IV групи – 5 особин, у яких для курації остеопоротичних явищ використовували комбінацію лікарських препаратів ("OsteoPro" + «Вітрум Остеомаг»). Комплекс препаратів OsteoPro та Вітрум Остеомаг призначали per os. Дозу обраних фармакологічних препаратів розраховували для тварин за допомогою коефіцієнта видової стійкості, виходячи з добової дози для людини, за формулою:

$$\text{Доза для кроля} = \frac{\text{Добова доза для людини}}{56^*} = \frac{\text{Доза стандартна для кроля}}{1000^{**}} \times 1350^{***} = \text{Робоча доза в експерименті}$$

де * – коефіцієнт перерахунку для тварин, як біологічного виду; ** – номінальна тварина (стандартна одиниця маси тіла в гр.); *** – середня маса тварини.

Забір біологічного матеріалу для досліджень проводили після евтаназії тварин шляхом передозування ефірного наркозу. Виділену нижню щелепу піддослідних кролів фіксували у забуферному нейтральному 10 % формаліні по Ліллі для наступної декальцинації. Під струменем холодної води, алмазним диском вирізали фрагменти кісткової тканини з імплантатами та без них, розміром 1*1 см. Декальцинацію проводили в 25 % розчині трилону В. Препарати заливали в парафін для наступного виготовлення зрізів товщиною 7-8 мікрон. Мікропрепарати зафарбовували гематоксилін-еозином і пікрофуксином по Ван-Гізону. Наведені методи фарбування використовували у методиках, викладених у рекомендаціях по гістологічній техніці. Візуалізацію і фотофіксацію препаратів здійснювали на мікроскопі системи «Leika DMLS» при різних збільшеннях.

Експериментальний етап дослідження проводили із дотриманням міжнародних норм

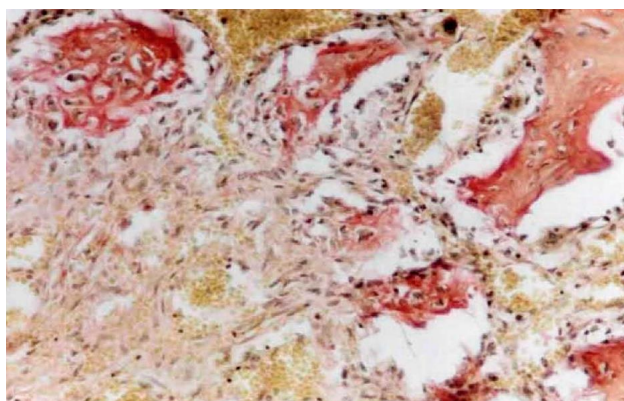


Рис. 1. Ділянка кісткової тканини навколо імпланту у тварин I контрольної групи. Кісткова тканина зафарбована червоним кольором (зафарбування за Ван-Гізоном; $\times 200$)



Рис. 2. Ділянка періімплантної зони, представлена хрящовою тканиною у тварин I контрольної групи через 3 місяці після імплантації. Стрілкою позначено хондробласти (зафарбування за Ван-Гізоном; $\times 400$)

Європейської конвенції про захист хребетних тварин, яких використовують в експериментальних та інших наукових цілях (Страсбург, 1986), загальних етичних принципів експериментів на тваринах, узгоджених на I-му Національному конгресі із біоетики (Київ, 2001). Роботу було розглянуто та вона одержала позитивну оцінку від комісії з біоетики Тернопільського національного медичного університету імені І. Я. Горбачевського МОЗ України» (протокол № 84 від 20 січня 2026 р.).

Результати досліджень та їх обговорення. Через 3 місяці після імплантації у експериментальних кролів I групи (контрольна) дефект кісткової тканини між імплантом і кісткою виповнювався сполучною тканиною, у який внаслідок ураження кровоносних судин візуалізувалась еритроцити. Новоутворена сполучна тканина оточувала окремі ділянки кісткової тканини, яка залишилась після операції в операційному полі, тобто були ділянками нерезорбованої кісткової тканини в зоні утворення регенерата (рис. 1). В окремих ділянках регенерат був представлений не сполучною тканиною, а хрящовою, яка по своїй будові нагадувала метаепіфізарну пластинку зростаючої кістки (рис. 2).

Вже на цьому терміні дослідження навколо імпланту розташовувалася рихла сполучна тканина з різноскерованими волокнами міжклітинного матриксу.

У тварин II групи, що отримували препарат «OsteoPro», через 3 місяці досліджували ділянки кісткової тканини з ознаками остеопору, з великою кількістю остеокластів і остеобластів у стінках Гаверсових каналів (рис. 3А). На даному терміні дослідження спостерігали ділянки кісткової тканини, в яких спостерігалася попередньо розширена порожнина Гаверсових каналів, що була виповнена новоутвореною кістковою тканиною, яка оточувала Гаверсовий канал нормальних розмірів (рис. 3Б). Імплант був оточений дряблою сполучною капсулою. У той же час, колагенові волокна, що йшли безпосередньо до імпланту мали перпендикулярне розташування до імпланту і формували утворення схоже до періодонтальної зв'язки.

У III групі тварин з модельованим остеопорозом, які отримували препарат «Вітрум Остеомаг» через 3 місяці після операції імплантації у кістковій тканині візуалізували широкі просвіти Гаверсової системи і крупні лакуни остеокитів (рис. 4 А). У кістці тварин даної групи спостерігали окремі ділянки, які по своїй структурі нагадували хрящову тканину. Багаточисельні клітини, що знаходились у лакунах, були оточені гомогенним матриксом несформованої кістки (рис. 4 Б).

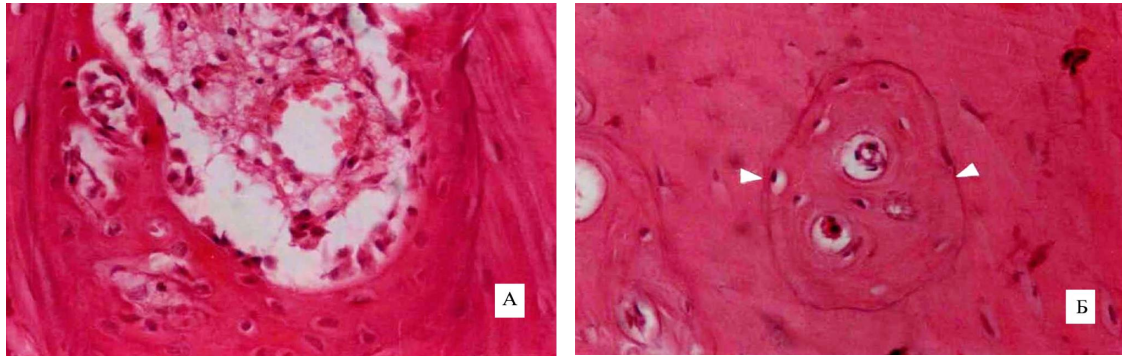


Рис. 3. Експериментальний остеопороз у тварин II групи з коригуючою терапією препаратом «OsteoPro» через 3 місяці після операції імплантації. А – ознаки остеопорозу; Б – ділянка кістки, де Гаверсові канали оточені новоутвореною кістковою тканиною (зафарбування гематоксилін-еозином А – $\times 400$, Б – $\times 200$).
Стрілки – границі новоутвореної кісткової тканини

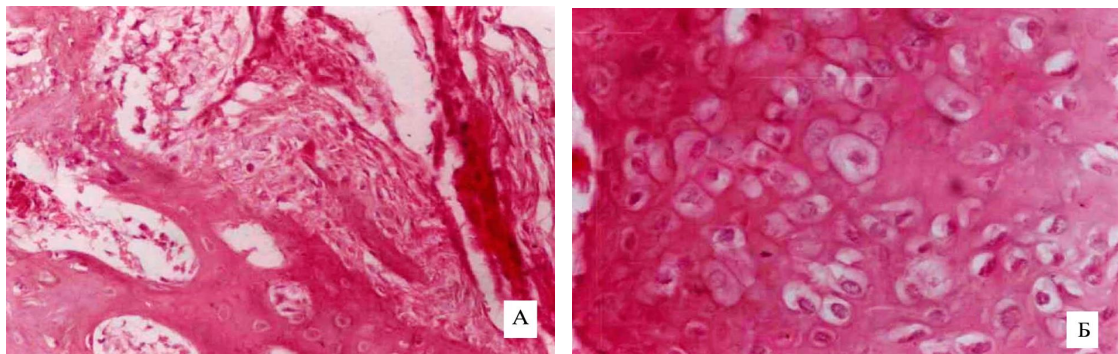


Рис. 4. Регенерат кісткової тканини у тварин III групи з модельованим остеопорозом, що отримували «Вітрум Остеомаг» через 3 місяці після операції імплантації. А – морфологічні ознаки остеопороза, розширені просвіти Гаверсових каналів. Б – ділянка кісткової тканини, з ознаками хрящової тканини (зафарбування гематоксилін-еозином: А – $\times 200$, Б – $\times 400$).

У тварин IV групи на тлі застосування остеотропного комплексу «OsteoPro» + «Вітрум Остеомаг» через 3 місяці після операції імплантації відзначали більш щільне розташування колагенових волокон регенерату, хоча вони не повністю заповнювали післяопераційний дефект. Ознаки остеопорозу у дефінітивній кістковій тканині все ще зберігались. Вже на цьому етапі дослідження у регенераті з'являлись багаточисельні крупні кровоносні судини, навколо яких можуть формуватися системи Гаверсових каналів. Напрямок

волокон в періімплантній зоні був перпендикулярний поверхні імплантів, що свідчило про можливість встановлення щільного зв'язку між імплантом та кісткою.

Висновки. У результаті проведених гістологічних досліджень доведено, що терапія препаратами «OsteoPro + Вітрум Остеомаг» значно покращує морфологічні якості кісткової тканини у тварин з модельованим остеопорозом, яка за своїми властивостями корелює з інтактною кісткою, що обумовлює адекватну остеointegraцію імплантів.

Список літератури

1. Ghodrati H., Goodarzi A., Golrokhian M. et al. Recent developments in nano-surface modification of titanium dental implants and their role in osseointegration. *Bone Reports*. 2025. Vol. 23. P. 101846. DOI: 10.1016/j.bonr.2025.101846. PMID: 38345621.
2. James J. R., Smith L. K., Turner P. et al. The future of dental implants: trends, materials and digital technologies. *Journal of Clinical Medicine*. 2025. Vol. 14, No. 3. P. 1123. DOI: 10.3390/jcm14031123. PMID: 38411256.
3. Kotsakis G. A., Olmedo D. G. Titanium alloys in implant dentistry. *Dental Materials*. 2023. Vol. 39. P. 123–135. DOI: 10.1016/j.dental.2023.01.005. PMID: 36788991.
4. Papaspyridakos P., Chen C. J., Singh M. Success criteria in implant dentistry. *Journal of Dentistry*. 2023. Vol. 131. P. 104463. DOI: 10.1016/j.jdent.2023.104463. PMID: 36999855.
5. Wang X., Xu S., Zhou J. Advances in biomaterials for dental implants. *Bioactive Materials*. 2024. Vol. 29. P. 1–15. DOI: 10.1016/j.bioactmat.2023.10.012. PMID: 37944561.
6. Chopra A., Mhapuskar A. Evaluation of osseointegration using CBCT and digital imaging: a review. *Clinical Implant Dentistry and Related Research*. 2024. Vol. 26, No. 2. P. 145–156. DOI: 10.1111/cid.13245. PMID: 37845678.

7. Ortiz R., Morales A., Pérez L. et al. Osseodensification in implant dentistry: a critical review. *Dentistry Journal*. 2025. Vol. 13, No. 10. P. 461. DOI: 10.3390/dj13100461. PMID: 38399812.
8. Kim S. Y., Lee J. H., Park Y. B. et al. Impact of osteoporosis on dental implant survival and osseointegration: a systematic review and meta-analysis. *Journal of Clinical Medicine*. 2025. Vol. 14. P. 1987. DOI: 10.3390/jcm14061987. PMID: 38511234.
9. Findler M., Klein M., Horwitz J. Clinical success rates of dental implants in augmented and native bone: a large-scale analysis. *Journal of Functional Biomaterials*. 2026. Vol. 17, No. 1. P. 46. DOI: 10.3390/jfb17010046. PMID: 38600211.
10. Albrektsson T., Chrcanovic B., Östman P. O. Dental implants and osseointegration: past, present and future. *Journal of Clinical Medicine*. 2023. Vol. 12. P. 7142. DOI: 10.3390/jcm12227142. PMID: 37956721.
11. Buser D., Sennerby L., De Bruyn H. Modern implant dentistry based on osseointegration: 50 years of progress. *Periodontology* 2000. 2023. Vol. 91. P. 7–19. DOI: 10.1111/prd.12488. PMID: 36645123.
12. Linkevicius T., Puisys A., Steigmann M. Influence of soft tissue thickness on crestal bone stability around implants. *Clinical Oral Implants Research*. 2023. Vol. 34. P. 45–56. DOI: 10.1111/clr.13901. PMID: 36599871.
13. Monje A., Insua A., Wang H. L. Understanding peri-implantitis as a plaque-associated and site-specific entity. *Journal of Clinical Periodontology*. 2024. Vol. 51. P. 123–135. DOI: 10.1111/jcpe.13892. PMID: 37899822.
14. Schwarz F., Derks J., Monje A., Wang H. L. Peri-implantitis. *Journal of Clinical Periodontology*. 2023. Vol. 50 (Suppl. 24). P. 285–291. DOI: 10.1111/jcpe.13745. PMID: 36112345.
15. Stavropoulos A., Bertl K., Pietschmann P. The effect of antiresorptive drugs on implant therapy. *Clinical Oral Implants Research*. 2024. Vol. 35. P. 89–101. DOI: 10.1111/clr.14022. PMID: 37911222.
16. 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. *Східноукраїнський медичний журнал*. 2025. № 13(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)
17. Rabelo G. D., de Souza Batista V. E., Rocha S. S. Bone quality and implant stability: current evidence. *Materials*. 2023. Vol. 16. P. 5123. DOI: 10.3390/ma16145123. PMID: 37588912.
18. Zhao Y., Wong H. M., McGrath C. Bone remodeling around dental implants. *International Journal of Oral Science*. 2024. Vol. 16. P. 12. DOI: 10.1038/s41368-024-00245-6. PMID: 38011278.

References

1. Ghodrati, H., Goodarzi, A., Golrokhian, M., et al. (2025). Recent developments in nano-surface modification of titanium dental implants and their role in osseointegration. *Bone Reports*, 23, Article 101846. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.bonr.2025.101846>
2. James, J. R., Smith, L. K., Turner, P., et al. (2025). The future of dental implants: trends, materials and digital technologies. *Journal of Clinical Medicine*, 14(3), 1123. DOI: <https://doi.org/10.3390/jcm14031123>
3. Kotsakis, G. A., Olmedo, D. G. (2023). Titanium alloys in implant dentistry. *Dental Materials*, 39, 123–135. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.dental.2023.01.005>
4. Papaspyridakos, P., Chen, C. J., Singh, M. (2023). Success criteria in implant dentistry. *Journal of Dentistry*, 131, Article 104463. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2023.104463>
5. Wang, X., Xu, S., Zhou, J. (2024). Advances in biomaterials for dental implants. *Bioactive Materials*, 29, 1–15. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.bioactmat.2023.10.012>
6. Chopra, A., Mhapuskar, A. (2024). Evaluation of osseointegration using CBCT and digital imaging: a review. *Clinical Implant Dentistry and Related Research*, 26(2), 145–156. DOI: <https://doi.org/10.1111/cid.13245>
7. Ortiz, R., Morales, A., Pérez, L., et al. (2025). Osseodensification in implant dentistry: a critical review. *Dentistry Journal*, 13(10), 461. DOI: <https://doi.org/10.3390/dj13100461>
8. Kim, S. Y., Lee, J. H., Park, Y. B., et al. (2025). Impact of osteoporosis on dental implant survival and osseointegration: a systematic review and meta-analysis. *Journal of Clinical Medicine*, 14, 1987. DOI: <https://doi.org/10.3390/jcm14061987>
9. Findler, M., Klein, M., Horwitz, J. (2026). Clinical success rates of dental implants in augmented and native bone: a large-scale analysis. *Journal of Functional Biomaterials*, 17(1), 46. DOI: <https://doi.org/10.3390/jfb17010046>
10. Albrektsson, T., Chrcanovic, B., Östman, P. O. (2023). Dental implants and osseointegration: past, present and future. *Journal of Clinical Medicine*, 12, 7142. DOI: <https://doi.org/10.3390/jcm12227142>
11. Buser, D., Sennerby, L., De Bruyn, H. (2023). Modern implant dentistry based on osseointegration: 50 years of progress. *Periodontology* 2000, 91, 7–19. DOI: <https://doi.org/10.1111/prd.12488>
12. Linkevicius, T., Puisys, A., Steigmann, M. (2023). Influence of soft tissue thickness on crestal bone stability around implants. *Clinical Oral Implants Research*, 34, 45–56. DOI: <https://doi.org/10.1111/clr.13901>
13. Monje, A., Insua, A., Wang, H. L. (2024). Understanding peri-implantitis as a plaque-associated and site-specific entity. *Journal of Clinical Periodontology*, 51, 123–135. DOI: <https://doi.org/10.1111/jcpe.13892>
14. Schwarz, F., Derks, J., Monje, A., Wang, H. L. (2023). Peri-implantitis. *Journal of Clinical Periodontology*, 50(Suppl. 24), 285–291. DOI: <https://doi.org/10.1111/jcpe.13745>
15. Stavropoulos, A., Bertl, K., Pietschmann, P. (2024). The effect of antiresorptive drugs on implant therapy. *Clinical Oral Implants Research*, 35, 89–101. DOI: <https://doi.org/10.1111/clr.14022>
16. Luchynskyi, V. M., Luchynska, Yu. I., Patskan, L. O., Kuchyrka, L. I., & Pohoretska, Kh. V. (2025). Klinichno-rentgenologichna kharakterystyka stanu zuboshchelepovoi systemy u osib z nyzkoju mineralnoiu shchilnistiu kistkovoï tkanyny [Clinical and radiological characteristics of the dentofacial system in individuals with low bone mineral density]. *Skhidnoukrainskyi medychnyi zhurnal*, 13(2), 463–470. [https://doi.org/10.21272/eumj.2025;13\(2\):463-470](https://doi.org/10.21272/eumj.2025;13(2):463-470) [in Ukrainian].
17. Rabelo, G. D., de Souza Batista, V. E., Rocha, S. S. (2023). Bone quality and implant stability: current evidence. *Materials*, 16, 5123. DOI: <https://doi.org/10.3390/ma16145123>
18. Zhao, Y., Wong, H. M., McGrath, C. (2024). Bone remodeling around dental implants. *International Journal of Oral Science*, 16, 12. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41368-024-00245-6>