

Канюра Олександр Андрійович,
доктор медичних наук, професор,
проректор з науково-педагогічної та лікувальної роботи,
професор кафедри ортодонції,
Національний медичний університет ім. О.О. Богомольця
ORCID ID: 0000-0002-6926-6283
м. Київ, Україна

Бондар Тарас Петрович,
аспірант кафедри ортодонції,
Національний медичний університет ім. О.О. Богомольця
ORCID ID: 0000-0003-0537-8021
м. Київ, Україна

МЕТОДИ ПРОФІЛАКТИКИ ВИНИКНЕННЯ УСКЛАДНЕНЬ ЗАПАЛЬНОГО ХАРАКТЕРУ ПРИ ПРОВЕДЕННІ ХІРУРГІЧНОГО ЕТАПУ ДЕНТАЛЬНОЇ ІМПЛАНТАЦІЇ (ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ)

Вступ. Сучасним методом заміщення дефектів зубного ряду є дентальна імплантація, яка безперечно засвідчила свою високу ефективність і широку популярність серед населення різних країн. Важливим аспектом проведення хірургічного етапу дентальної імплантації є запобігання розвитку запальних ускладнень, які можуть призводити до негативних наслідків, зокрема дезінтеграції імплантату.

Методологія та методи дослідження: проведено літературний пошук у наукометричних базах PubMed, Scopus Google та Scholar глибиною 15 років щодо ускладнень дентальної імплантації, методів їх профілактики, в тому числі антибіотикопрофілактики.

Виклад основного матеріалу. Проблема вибору антибактеріального препарату у післяопераційному періоді для пацієнтів із підтвердженою алергією на пеніцилін потребує окремої наукової уваги. Планомірне пероральне застосування антимікробних засобів не забезпечує досягнення їхніх мінімальних інгібуючих концентрацій безпосередньо в ішемізованому «просторі розмежування». Системні антибіотики спричиняють переважно небезпечну селекцію мультирезистентних штамів паралельно зі слабкою проникністю крізь екстрацелюлярний полісахаридний матрикс зрілої біоплівки. Методи локальної доставки лікарських речовин у межах кістково-імплантатного інтерфейсу глобально поділяються на дві основні категорії: модифікація поверхні дентального імплантату (інкапсуляція або іммобілізація препарату на титановій поверхні на етапі фабричного виробництва); інтраопераційне застосування біодеградувальних носіїв, що інтегруються у кісткову порожнину безпосередньо під час оперативного втручання.

Висновки. Таким чином, спектр профілактичних заходів, у тому числі антибіотикопрофілактики, є досить широким і постійно перебуває у сфері уваги як науковців, так і клініцистів. А важливість постійного оновлення даних щодо методів профілактики ускладнень запального характеру є вкрай важливою та динамічною проблемою, особливо з огляду на бурхливий розвиток антибіотикорезистентності.

Ключові слова: дентальна імплантація, кісткова тканина, ускладнення, профілактика.

Kaniura Oleksander Andriyovych, Doctor of Medical Sciences, Professor, Vice-Rector for Scientific, Pedagogical and Medical Work, Professor at the Department of Orthodontics, National Medical University named after O.O. Bogomolets; ORCID ID: 0000-0002-6926-6283, Kyiv, Ukraine

Bondar Taras Petrovych, Postgraduate Student at the Department of Orthodontics, National Medical University named after O.O. Bogomolets; ORCID ID: 0000-0003-0537-8021, Kyiv, Ukraine

METHODS OF PREVENTING THE OCCURENCE OF INFLAMMATORY COMPLICATIONS DURING THE SURGICAL STAGE OF DENTAL IMPLANTATION (LITERATURE REVIEW)

Introduction. A modern method of replacing dentition defects is dental implantation, which has undoubtedly proven its high efficiency and wide popularity among the population of different countries. An important aspect of the surgical stage of dental implantation is the prevention of inflammatory complications, which can lead to negative consequences of dental implantation, including implant disintegration.

Methodology and methods of the study: a literature search was conducted in the scientometric databases PubMed, Scopus, and Google Scholar, with a depth of 15 years, on complications of dental implantation and methods of their prevention, including antibiotic prophylaxis.

Presentation of the main material. The problem of choosing an antibacterial drug for patients with a confirmed penicillin allergy warrants separate scientific attention. Systemic oral administration of antimicrobial agents does not ensure the achievement of their minimum inhibitory concentrations directly in the ischemic "space of demarcation". Systemic antibiotics mainly cause the dangerous selection of

© Канюра О. А., Бондар Т. П., 2026



Стаття поширюється на умовах ліцензії
відкритого доступу CC BY 4.0

multidrug-resistant strains, in parallel with poor permeability through the extracellular polysaccharide matrix of a mature biofilm. Methods of local delivery of drugs within the bone-implant interface are globally divided into two main categories: modification of the surface of the dental implant (encapsulation or immobilization of the drug on the titanium surface at the factory production stage); intraoperative use of carriers that biodegrade and integrate into the bone cavity directly during surgery.

Conclusion. Thus, the spectrum of preventive measures, including antibiotic prophylaxis, is quite wide and remains a constant focus of attention for both scientists and clinicians. The need to constantly update data on methods for preventing inflammatory complications is extremely important and dynamic, especially given the rapid development of antibiotic resistance.

Key words: dental implantation, bone tissue, complications, prevention.

Вступ. Сучасним методом заміщення дефектів зубного ряду є дентальна імплантація, яка безперечно засвідчила свою високу ефективність і широку популярність серед населення різних країн [1, 2]. Високий відсоток успішних випадків, тим не менш, не змінює факт можливого розвитку ускладнень як ранніх, так і пізніх, що призводить до зниження успішності лікування та ступеня задоволеності пацієнтів. Причинами розвитку локальних ускладнень дентальної імплантації можуть бути низка факторів екзо- та ендogenous характеру [3, 4].

Вагомим фактором є стан кісткової тканини пацієнта, а саме: недостатній об'єм альвеолярної кістки; низька щільність кістки, зокрема остеопороз; наявність дефектів вестибулярної кісткової пластинки [5, 6]. Окремо слід виділити предиктори виникнення ускладнень інфекційно-запального характеру: запальні захворювання тканини пародонту, низький рівень гігієни порожнини рота, відсутність санації порожнини рота, що призводить до підвищення мікробної контамінації [7]. Загальносоматичні фактори також відіграють суттєву роль в успішності дентальної імплантації, включаючи: цукровий діабет та інші метаболічні порушення; імунodefіцитні стани; куріння; стрес тощо [8, 9].

Серед ятрогенних факторів слід виділити: неправильне позиціонування імплантата; надмірна травматизація м'яких тканин; перегрів кістки; надмірна компресія кістки; пошкодження нервів, судин або анатомічних структур; а також передчасне навантаження [10, 11].

Тому важливим аспектом проведення хірургічного етапу дентальної імплантації є запобігання розвитку ускладнень запального характеру, які можуть призводити до негативних наслідків дентальної імплантації, включаючи дезінтеграцію імплантату.

Мета роботи: провести пошук та аналіз літературних джерел для визначення методів профілактики ускладнень хірургічного етапу дентальної імплантації запального характеру.

Методологія та методи дослідження: проведений літературний пошук у наукометричних базах PubMed, Scopus Google та Scholar глибиною 15 років щодо ускладнень дентальної імплантації, методів їх профілактики, в тому числі антибіотикопрофілактики.

Робота є фрагментом комплексної ініціативної теми кафедри ортодонції Національного медичного університету ім. О.О. Богомольця «Удосконалення цифрових та аналогових протоколів діагностики, лікування та профілактики захворювань пацієнтів різних вікових груп із зубощелепними аномаліями» (номер державної реєстрації 0124U000780).

Виклад основного матеріалу дослідження. Безальтернативним золотим стандартом профілактики інфекційно-запальних ускладнень протягом багатьох

десятиліть вважалося масове застосування антимікробних препаратів під час хірургічного етапу імплантації. Запобігання ранньому інфікуванню операційної рани патогенною мікрофлорою порожнини рота було основною метою такого фармакологічного супроводу. Однак глобальна криза антибіотикорезистентності мікроорганізмів змушує наукову спільноту критично переосмислювати доцільність рутинного системного призначення антибіотиків [12–14].

Застосування високої ударної дози амоксициліну визнано золотим стандартом передопераційної профілактики згідно з новітніми світовими метааналізами (Найвищий рівень захисту від ранньої невдачі забезпечує пероральне введення 2 грамів амоксициліну за 1 годину до початку втручання. Бактерицидний β -лактамний антибіотик швидко всмоктується, досягаючи максимальної концентрації в альвеолярній кістці щелеп саме на момент виконання остеотомії, створюючи надійний фармакологічний бар'єр проти первинної транслокації мікрофлори [15, 16].

Одним з найбільш дискусійних питань сучасної хірургічної стоматології вважається доцільність продовження антибіотикотерапії в післяопераційному періоді. Призначення курсу антибіотиків тривалістю 5–7 днів після операції раніше вважалося нормою, проте наразі опубліковано спростування патогенетичної обґрунтованості такого підходу [15]. Повна відсутність статистично значущої різниці у частоті раннього відторгнення фіксувалася під час порівняння одноразової передопераційної дози (2 г) та аналогічної дози з подальшим дводенним курсом. А за умов пролонгованого курсу спостерігається збільшення кількості побічних ефектів із боку шлунково-кишкового тракту. Рутинне системне призначення пероральних антибіотиків після неускладненої імплантації на сьогодні визнається невиправданим [17].

Проблема вибору антибактеріального препарату для пацієнтів із підтвердженою алергією на пеніцилін потребує окремої наукової уваги [18]. Застосування кліндаміцину або макролідів історично рекомендувалося протоколами [19]. Катастрофічно низьку ефективність альтернативних антибіотиків виявило ретроспективне когортне дослідження G.S. Chatzopoulos та L.F. Wolff. Ризик раннього відторгнення зростав у 23 рази при використанні кліндаміцину порівняно з амоксициліном. Застосування ципрофлоксацину збільшувало ризик невдачі понад у 25 разів. Сама наявність алергічної реакції на пеніцилін була потужним незалежним фактором ризику (частота несприятливих результатів сягала 17,1%) [20].

Кардинальний перегляд клінічних рекомендацій провідними світовими асоціаціями став логічним наслідком усвідомлення маргінальної ефективності сис-

темної профілактики. Рутинне застосування антибіотикопрофілактики більше не рекомендується для простих хірургічних втручань у соматично здорових пацієнтів. Призначення системної профілактики має бути жорстко обмеженим і застосовуватися виключно у випадках складних кістково-пластичних втручань або за наявності системних імунокомпрометуючих станів [21, 22].

Фундаментальні недоліки системних препаратів з точки зору патофізіології ранового процесу роблять їх використання неефективним. Досягнення мінімальних інгібуючих концентрацій безпосередньо в кістковому ложі не гарантується навіть за максимальних терапевтичних доз. Мікроциркуляція в цій зоні істотно знижується внаслідок механічної травми судинного русла. Кровоток не здатний доставити препарат до ішемізованої тканини в необхідному обсязі. Здатність проникати крізь полісахаридний матрикс зрілої біоплівки у системних антибіотиків практично відсутня. Результатом цього стає небезпечна селекція резистентних штамів, тоді як елімінація інфекційного процесу залишається недосяжною [23].

Глобальна зміна напряму досліджень у сучасній дентальній імплантології детермінована усвідомленням фундаментальних недоліків емпіричного призначення системної антибіотикотерапії. Планомірне пероральне застосування антимікробних засобів не забезпечує досягнення їхніх мінімальних інгібуючих концентрацій безпосередньо в ішемізованому «просторі розмежування». Системні антибіотики спричиняють переважно небезпечну селекцію мультирезистентних штамів паралельно зі слабкою проникністю крізь екстрацелюлярний полісахаридний матрикс зрілої біоплівки [24, 25].

Через наведені вище причини, стратегічним вектором розвитку імплантології стала розробка методів локальної доставки лікарських засобів. Створення надзвичайно високих бактерицидних концентрацій у ділянках потенційної адгезії патогенів досягається шляхом безпосереднього введення антибіотиків у зону остеотомії. Цей підхід забезпечує високу клінічну ефективність, водночас повністю нівелюючи токсичний вплив на організм пацієнта. Значне поліпшення показників остеоінтеграції підтверджується результатами масштабних метааналізів [26, 27].

Методи локальної доставки лікарських речовин у межах кістково-імплантатного інтерфейсу глобально поділяються на дві основні категорії: модифікація поверхні дентального імплантату (інкапсуляція або іммобілізація препарату на титановій поверхні на етапі фабричного виробництва); інтраопераційне застосування біодеградуючих носіїв, що інтегруються у кісткову порожнину безпосередньо під час оперативного втручання [28].

Активна реалізація першого підходу здійснюється за допомогою нанотехнологій. Формування нанотрубок діоксиду титану методом електрохімічного анодування створює ідеальну мікропористу структуру для завантаження ліків. Метод довів свою здатність виступати резервуаром для локальної доставки антибіотиків, паралельно чинячи виражений антибактеріальний вплив і перешкоджаючи первинній адгезії пародонтопатогенів [29].

Технологія пошарового нанесення є ще однією інноваційною стратегією модифікації. Формування багатопшарових плівок навколо імплантату базується на електростатичному притягненні протилежно заряджених поліелектролітів. Висока вартість, серйозні регуляторні обмеження та неможливість індивідуалізувати концентрацію антибіотика безпосередньо під час операції роблять фабрично модифіковані імплантати менш практичними. Такий підхід натепер залишається найбільш гнучким інструментом клінічної практики [30].

Фокус сучасної науки змістився на використання ін'єкційних біодеградуючих каркасів або матриць (гідрогелів, кальцій-фосфатних паст та аутологічних матриць). Стрімке зростання популярності демонструє використання ін'єкційного збагаченого тромбоцитами фібрину як аутологічного носія. Збереження рідкого стану протягом 15 хвилин дозволяє гомогенно змішувати i-PRF з антибіотиками та вводити їх в остеотомічний отвір. Фібринова матриця поступово вивільняє антибіотик та слугує потужним джерелом факторів росту для стимуляції остеогенезу [29].

Складні гідродинамічні та фармакокінетичні умови в операційній рані створюють значні перешкоди для клінічної реалізації локальної доставки. Феномен миттєвого судинного вимивання — головна проблема при використанні звичайних рідких розчинів. Розгалужена сітка широких лакунарних судин притаманна кістковому ложу з низькою оптичною щільністю (IV тип) [31]. Кров та рановий ексудат миттєво вимивають звичайні водні розчини, залишаючи імплантат беззахисним. Застосування високов'язких гелів-транспортерів пропонується для вирішення цієї проблеми, проте виникає складність із контролем швидкості вивільнення. Феномен «вибухового вивільнення» характерний для більшості синтетичних матриць, коли 80% завантаженого антибіотика вивільняються у перші 48 годин. Рівні локальної цитотоксичності можуть досягатися через такий неконтрольований викид агента, пригнічуючи проліферативну активність остеобластів [28].

Надмірно тривале пасивне дифузійне витікання ліків у субтерапевтичних дозах також є украй небажаним. Будь-який сторонній хімічний агент здатний уповільнювати регенерацію на етапах асептичної стабілізації. Ідеальний час ефективного вивільнення препарату має чітко відповідати критичному періоду інтеграції, не створюючи токсичного тиску на клітини за відсутності інфекції [4].

Висновки з дослідження. Таким чином, спектр профілактичних заходів, у тому числі антибіотикопрофілактики, є досить широким і постійно перебуває у сфері уваги як науковців, так і клініцистів. А важливість постійного оновлення даних щодо методів профілактики ускладнень запального характеру є вкрай важливою та динамічною проблемою, особливо з огляду на бурхливий розвиток антибіотикорезистентності.

Перспективи подальших досліджень: провести клінічні, біохімічні та мікробіологічні дослідження результатів дентальної імплантації залежно від типу кісткової тканини.

REFERENCES

1. French D, Grandin HM, Ofec R. Retrospective cohort study of 4,591 dental implants: Analysis of risk indicators for bone loss and prevalence of peri-implant mucositis and peri-implantitis. *J Periodontol*. 2019 Jul;90(7):691-700. <https://doi.org/10.1002/JPER.18-0236>.
2. Lokes KP, Dobrovol's'ka OV, Dobrovol's'kyy OV, Bukhanchenko OP, Dvornyk VM, Skrypnikov PM. Bezposerednya implantatsiya v reabilitatsiyi khvoroby z urazhenym parodontom [Direct implantation in the rehabilitation of patients with periodontal disease]. *Ukrainian Dental Almanach*. 2024;1:36–9. <https://doi.org/10.31718/2409-0255.1.2024.07> [in Ukrainian].
3. Iyer S, Annamma LM, Hassaan Rasheed M, Ahmed N. Dental Implant Failures: Part 2. *Dent Clin North Am*. 2026 Jan;70(1):191-208. <https://doi.org/10.1016/j.cden.2025.07.012>.
4. Ng E, Tay JRH, Mattheos N, Bostanci N, Belibasakis GN, Seneviratne CJ. A Mapping Review of the Pathogenesis of Peri-Implantitis: The Biofilm-Mediated Inflammation and Bone Dysregulation (BIND) Hypothesis. *Cells*. 2024 Feb 8;13(4):315. <https://doi.org/10.3390/cells13040315>.
5. Lubis RT, Azhari A, Pramanik F. Analysis of Bone Density and Bone Morphometry by Periapical Radiographs in Dental Implant Osseointegration Process. *Int J Dent*. 2023 Apr 3;2023:4763961. <https://doi.org/10.1155/2023/4763961>.
6. Avetikov DS, Pronina OM, Lokes KP, Bukhanchenko OP. Suchasni uyavlennya pro umovy, yaki obmezhuut' vybir metodu dental'noyi implantatsiyi na verkhniy i nizhniy shchelepakh [The present day issues on conditions restricting the method choice for maxillary and mandibular dental implants]. *Visnyk problem biolohiyi i medytsyny*. 2017;4,3(141):20–7. <https://doi.org/10.29254/2077-4214-2017-4-3-141-20-27>. [in Ukrainian].
7. Wallin Bengtsson V, Lindahl C, Scholander S. Patient-reported outcomes of esthetics, function and oral hygiene with single dental implants 10-15 years after placement: a cross-sectional study. *Acta Odontol Scand*. 2025 Jan 21;84:47-53. <https://doi.org/10.2340/aos.v84.42724>.
8. Nibali L, Gkraniias N, Mainas G, Di Pino A. Periodontitis and implant complications in diabetes. *Periodontol* 2000. 2022 Oct;90(1):88-105. <https://doi.org/10.1111/prd.12451>.
9. Alharethi NA. The Outcome of Smoking on Healing of Bone Around Dental Implants. *J Pharm Bioallied Sci*. 2024 Feb;16(Suppl 1):S751-S752. https://doi.org/10.4103/jpbs.jpbs_993_23.
10. Kaplun D, Avetikov D, Lokes K, Ivanytska O. Comparative characteristics of the properties of dental implants depending on the design, shape and surface in the experiment. *Stomatologija*. 2023;25(1):21-25.
11. Dab SS. Iatrogenic Peri-Implantitis-Factors Interplaying the Implant Suprastructure Design. *Clin Adv Periodontics*. 2022 Sep;12(3):210-217. <https://doi.org/10.1002/cap.10199>.
12. Tabrizi R, Zarchini R, Ozkan BT, Majdi S. Dental Implant Survival after Postoperative Infection. *J Maxillofac Oral Surg*. 2022 Sep;21(3):796-801. <https://doi.org/10.1007/s12663-020-01460-6>.
13. Kaplun DV, Avetikov DS, Lokes KP, Sokolova NA, Boiko IV. Vdoskonalennia metodyky pidomu ta mobilizatsii slyzovykh i slyzovo-okistnykh klapativ u porozhnyni rota na etapakh auhmentatsii alveoliarnoho vidrostku. [Improvement of the technique of lifting and mobilizing mucous and mucosal-periosteal flaps in the oral cavity at the stages of augmentation of the alveolar process] *Eksperymentalna ta klinichna stomatolohiia*. 2018;2(1):40-3. [in Ukrainian].
14. Esposito M, Grusovin MG, Worthington HV. Interventions for replacing missing teeth: antibiotics at dental implant placement to prevent complications. *Cochrane Database Syst Rev*. 2013 Jul 31;2013(7):CD004152. <https://doi.org/10.1002/14651858.CD004152.pub4>.
15. Arduino PG, Tirone F, Schiorlin E, Esposito M. Single preoperative dose of prophylactic amoxicillin versus a 2-day postoperative course in dental implant surgery: A two-centre randomised controlled trial. *Eur J Oral Implantol*. 2015 Summer;8(2):143-9.
16. Tan LW, Ng YE, Giok KC, Veetil SK, Menon RK. Comparative Efficacy of Different Amoxicillin Dosing Regimens in Preventing Early Implant Failure-A Systematic Review with Network Meta-Analysis. *Antibiotics (Basel)*. 2023 Mar 3;12(3):512. <https://doi.org/10.3390/antibiotics12030512>.
17. Bravo-Olmedo F, Reyes-Botella C, Ocaña-Peinado FM, Manzano-Moreno FJ, Romero-Olid MN, Olmedo-Gaya MV. Effect of Antibiotic Prophylaxis in Dental Implant Surgery: A Randomized Controlled Clinical Trial. *Dent J (Basel)*. 2025 Oct 28;13(11):500. <https://doi.org/10.3390/dj13110500>.
18. Chatzopoulos GS, Wolff LF. Comparing the Impact of Pre-Operative Antibiotics on the Outcomes of Immediately Placed Dental Implants: A Retrospective Multi-Center Study. *Methods Protoc*. 2025 Jul 1;8(4):69. <https://doi.org/10.3390/mps8040069>.
19. Subramani K. Does pre-operative clindamycin administration during dental implant surgery reduce implant failure or post-surgical complications? *Evid Based Dent*. 2022 Dec;23(4):140-141. <https://doi.org/10.1038/s41432-022-0838-6>.
20. Chatzopoulos GS, Wolff LF. Comparing the Impact of Pre-Operative Antibiotics on the Outcomes of Immediately Placed Dental Implants: A Retrospective Multi-Center Study. *Methods Protoc*. 2025 Jul 1;8(4):69. <https://doi.org/10.3390/mps8040069>.
21. Bravo-Olmedo F, Reyes-Botella C, Ocaña-Peinado FM, Manzano-Moreno FJ, Romero-Olid MN, Olmedo-Gaya MV. Effect of Antibiotic Prophylaxis in Dental Implant Surgery: A Randomized Controlled Clinical Trial. *Dent J (Basel)*. 2025 Oct 28;13(11):500. <https://doi.org/10.3390/dj13110500>.
22. Amengual-Peñafiel L, Córdova LA, Constanza Jara-Sepúlveda M, Brañes-Aroca M, Marchesani-Carrasco F, Cartes-Velásquez R. Osteoimmunology drives dental implant osseointegration: A new paradigm for implant dentistry. *Jpn Dent Sci Rev*. 2021 Nov;57:12-19. <https://doi.org/10.1016/j.jdsr.2021.01.001>.
23. Yu YM, Lu YP, Zhang T, Zheng YF, Liu YS, Xia DD. Biomaterials science and surface engineering strategies for dental peri-implantitis management. *Mil Med Res*. 2024 May 13;11(1):29. <https://doi.org/10.1186/s40779-024-00532-9>.

-
24. Silva IRD, Barreto ATDS, Seixas RS, Paes PNG, Lunz JDN, Thiré RMDSM, Jardim PM. Novel Strategy for Surface Modification of Titanium Implants towards the Improvement of Osseointegration Property and Antibiotic Local Delivery. *Materials* (Basel). 2023 Mar 29;16(7):2755. <https://doi.org/10.3390/ma16072755>.
25. Berberich CE. Current Concepts of Local Antibiotic Delivery in Bone and Joint Infections-A Narrative Review of Techniques and Clinical Experiences. *Microorganisms*. 2025 Sep 29;13(10):2276. <https://doi.org/10.3390/microorganisms13102276>.
26. Qiu G, Wu H, Huang M, Ma T, Schneider A, Oates TW, Weir MD, Xu HHK, Zhao L. Novel calcium phosphate cement with biofilm-inhibition and platelet lysate delivery to enhance osteogenesis of encapsulated human periodontal ligament stem cells. *Mater Sci Eng C Mater Biol Appl*. 2021 Sep;128:112306. <https://doi.org/10.1016/j.msec.2021.112306>.
27. Todd EA, Mirsky NA, Silva BLG, Shinde AR, Arakelians ARL, Nayak VV, Marcantonio RAC, Gupta N, Witek L, Coelho PG. Functional Scaffolds for Bone Tissue Regeneration: A Comprehensive Review of Materials, Methods, and Future Directions. *J Funct Biomater*. 2024 Sep 25;15(10):280. <https://doi.org/10.3390/jfb15100280>.
28. Omidian H, Wilson RL. PLGA Implants for Controlled Drug Delivery and Regenerative Medicine: Advances, Challenges, and Clinical Potential. *Pharmaceuticals* (Basel). 2025 Apr 27;18(5):631. <https://doi.org/10.3390/ph18050631>.
29. Sun XD, Liu TT, Wang QQ, Zhang J, Cao MS. Surface Modification and Functionalities for Titanium Dental Implants. *ACS Biomater Sci Eng*. 2023 Aug 14;9(8):4442-4461. <https://doi.org/10.1021/acsbiomaterials.3c00183>.
30. Xu W, Hou C, Mao Y, Yang L, Tamaddon M, Zhang J, Qu X, Liu C, Su B, Lu X. Characteristics of novel Ti-10Mo-xCu alloy by powder metallurgy for potential biomedical implant applications. *Bioact Mater*. 2020 May 8;5(3):659-666. <https://doi.org/10.1016/j.bioactmat.2020.04.012>.
31. Gong T, Wang LQ, Tong X, Zhang Y, Shu LJ. Impact of Age-Related Bone Density Variations on Dental Implant Stability and Success Rates: A Retrospective Analysis. *Int Dent J*. 2025 Dec;75(6):103942. <https://doi.org/10.1016/j.identj.2025.103942>.

Дата першого надходження статті до видання: 27.07.2026
Дата прийняття статті до друку після рецензування: 21.08.2026
Дата публікації (оприлюднення) статті: 09.10.2026