

Section  
Секція

V

REHABILITATION ENGINEERING  
AND PROSTHETICS

РЕАБІЛІТАЦІЙНА ІНЖЕНЕРІЯ  
ТА ПРОТЕЗУВАННЯ

УДК 57.089

Олена БЕСПАЛОВА, к.т.н., доцент,

Марія ГОНЧАРЕНКО, студент,

Ельвіра ШЕМЕНА, студент

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»,  
м. Київ, Україна, e-mail: bespalova.olena@lil.kpi.ua, maria.goncharenko03@gmail.com, elvirchess@gmail.com

## АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД ЗАСТОСУВАННЯ СТОМАТОЛОГІЧНИХ БІОАКТИВНИХ МАТЕРІАЛІВ В ЗАЛЕЖНОСТІ ВІД ЇХ ОБЛАСТІ ВИКОРИСТАННЯ

**Анотація:** Даний аналітичний огляд літератури спрямований на порівняння, протиставлення та кількісну оцінку інновацій у найбільш часто використовуваних стоматологічних біоматеріалах. Було розглянуто 3 області застосування біоактивних матеріалів.

**Ключові слова:** біоматеріали, біоактивність, біосумісність, стоматологія, ендодонтія, імплантологія.

У сучасній стоматології спостерігається великий інтерес до застосування «біоактивних» матеріалів у відновлювальних та реконструктивних цілях. У залежності від цілі застосування матеріалу, сприйняття того, що насправді вважається «біоактивним», відрізняється. Таким чином в ендодонтії, відновлювальній стоматології та імплантології можуть використовуватись різні біоактивні матеріали, і вибір відповідного матеріалу строго залежить від галузі застосування та його властивостей [1, с. 1]. Слід зазначити, що стоматологічний матеріал повинен мати не тільки біосумісні, а й біоміметичні та біоактивні властивості.

### Ендодонтія

Мінеральний триоксидний заповнювач (МТА) та його похідні зараз широко використовують в ендодонтії. Ці силікатно-кальцієві агенти в основному включають суміш портландцементу з оксидом вісмуту як замутнювачі. Їхня популярність обумовлена гідравлічною природою, яка дає їм можливість тверднути у вологому середовищі, наприклад, у корневих каналах.

Ці гідравлічні цементи, також відомі як біокераміка, використовуються для різних клінічних цілей, таких як покриття вітальної пульпи, відновлення перфорації, апексифікація, апексогенез, пломбування корневих каналів або ендодонтичні силери [2, 3].

Біоактивність матеріалів із силікату кальцію є результатом їхньої здатності викликати утворення кристалів гідроксіапатиту на їх поверхні [4]. Оскільки рН гідравлічних матеріалів високий, іони фосфатів з рідин організму осаджуються разом з іонами кальцію, що вивільнилося, і утворюють гідроксіапатит на поверхні біокераміки [5].

### Відновлювальна стоматологія

У відновлювальній стоматології термін “біоактивний” зазвичай відноситься до здатності матеріалу утворювати кристали гідроксіапатиту на своїй поверхні.

В області відновлювальної стоматології фтор, що вивільняє, реставраційний матеріал, такий як склоіономер, можна вважати одним з перших біоактивних сполук, якщо розглядати адгезію до тканин зуба і вивільнення фтору як основу біоактивності [6]. Однак слід зазначити, що біоактивний матеріал викликає утворення на поверхні гідроксіапатиту; таким чином, біоактивність не є ідеальною характеристикою реставраційних матеріалів.

Біомінеральні властивості реставрацій можуть призвести до утворення кальцію на поверхні стоматологічних матеріалів. Цей аспект може зіграти позитивну роль у тканинах зуба, що підлягають, оскільки біоактивні матеріали будуть інгібувати дію ферментів матричних металопротеїназ і покращувати гібридний шар. Найбільш поширені біологічно активні матеріали, що використовуються у відновлювальній стоматології, засновані на силікатах кальцію або алюмінатах кальцію.

До цементів на основі силікату кальцію відноситься біодентин, який має клінічні показання, подібні до МТА, а також потенціал для використання як реставраційний матеріал з проміжною напругою, тимчасового реставраційного матеріалу та основи/прокладки [7].

### Імплантологія

В імплантології біоактивність стосується здатності деяких матеріалів, таких як кальцій-фосфатна кераміка та скла, забезпечувати прямий хімічний зв'язок між імплантатом та кістковою тканиною. Біоактивні матеріали також використовувалися як покриття для поліпшення остеоінтеграції зубних імплантатів, а також їх загальних біологічних характеристик. Зазвичай такі імплантати виготовляють з біоінертних матеріалів: нержавіюча сталь 316L, технічно чистий титан та його сплав Ti-6Al-4V, кобальт-хромові сплави [8].

Що до методів для «покриття» поверхні дентальних імплантатів біоактивними матеріалами може використовуватися: емальовання, золь-гель техніка, електрофорез, лазерне наплавлення та термічне напилення.

Інші біоактивні покриття включають гідроксиапатит, діоксид цирконію, діоксид титану та оксид цинку. Характеристики цих матеріалів можуть бути поліпшені за рахунок додавання активних агентів для різних цілей. Наприклад, додавання іонів срібла до структури біоактивного скла може покращити антибактеріальні властивості.

**Висновки.** Біоматеріали відіграють вирішальну роль у відновленні пошкодженої структури зуба та забезпеченні прийнятних результатів, що корелюють із клінічною ефективністю. Сучасні біоматеріали, які використовуються в стоматології повинні відповідати певним стандартам, тобто бути: біосумісними, гіпоалергеними, біорезорбними (для певної області застосування) не містити токсичних елементів тощо. Таким чином процес їх виготовлення постійно удосконалюється, щоб мінімізувати наслідки тривалої регенерації тканин.

Використання біоактивних матеріалів для реставрації зубів може сприяти ремінералізації та надійній герметизації поверхні розділу зуб-матеріал. Це особливим чином задовольняє клінічні потреби, а також забезпечує кращу естетику та доступність з економічної точки зору.

### Література

1. Spagnuolo, G. Bioactive Dental Materials: The Current Status. *Materials* 2022, 15, 2016. <https://doi.org/10.3390/ma15062016>
2. Paula, A.; Carrilho, E.; Laranjo, M.; Abrantes, A.M.; Casalta-Lopes, J.; Botelho, M.F.; Marto, C.M.; Ferreira, M.M. Direct Pulp Capping: Which is the Most Effective Biomaterial? A Retrospective Clinical Study. *Materials* 2019, 12, 3382.
3. Ghilotti, J.; Sanz, J.L.; López-García, S.; Guerrero-Gironés, J.; Pecci-Lloret, M.P.; Lozano, A.; Llana, C.; Rodríguez-Lozano, F.J.; Forner, L.; Spagnuolo, G. Comparative Surface Morphology, Chemical Composition, and Cytocompatibility of Bio-C Repair, Biodentine, and ProRoot MTA on hDPCs. *Materials* 2020, 13, 2189.
4. Walsh, R.M.; He, J.; Schweitzer, J.; Opperman, L.A.; Woodmansey, K.F. Bioactive endodontic materials for everyday use: A review. *Gen. Dent.* 2018, 66, 48–51.
5. Enkel, B.; Dupas, C.; Armengol, V.; Akpe Adou, J.; Bosco, J.; Daculsi, G.; Jean, A.; Laboux, O.; LeGeros, R.Z.; Weiss, P. Bioactive materials in endodontics. *Expert Rev. Med. Devices* 2008, 5, 475–494.
6. Jefferies, S.R. Bioactive and Biomimetic Restorative Materials: A Comprehensive Review. Part I. *J. Esthet. Restor. Dent.* 2014, 26, 14–26.
7. Karamian, E.; Motamedi, M.R.K.; Khandan, A.; Soltani, P.; Maghsoudi, S. An in vitro evaluation of novel NHA/zircon plasma coating on 316L stainless steel dental implant. *Prog. Nat. Sci. Mater. Int.* 2014, 24, 150–156.
8. Šugár, P.; Kováčik, J.; Šugárová, J.; Ludrovcová, B. A Study of Laser Micromachining of PM Processed Ti Compact for Dental Implants Applications. *Materials* 2019, 12, 2246.