

DOI: 10.21802/artm.2024.1.29.235  
УДК 616.31-07+616.314-007**БІОМІМЕТИКА В СУЧАСНІЙ СТОМАТОЛОГІЇ  
(ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ)**

О.В. Бульбук

*Івано-Франківський національний медичний університет, кафедра стоматології післядипломної освіти, м. Івано-Франківськ, Україна,  
ORCID ID: 0000-0001-8985-8254, e-mail: bulbuk85@gmail.com*

**Резюме.** Біоміметика – це галузь науки, яка досліджує технічну красу природи. Термін походить від грецьких слів *bios* (життя) і *mimesis* (наслідувати). Американський учений і винахідник Отто Шмідт у 1960-х роках увів в обіг термін «біоміметика» для опису процесу переходу від біології до технології. У сучасній стоматології вищевказане поняття – синонім природної інтеграції біоматеріалів, тобто біологічної, біомеханічної, функціональної та косметичної інтеграції, що максимально імітує фізіологічну поведінку природних зубів. Нову тенденцію біоміметичних підходів у стоматології використовують для такої низки застосувань, як: лікування дефектів твердих тканин зубів за допомогою біоінспірованих аналогів для досягнення ремінералізації, біоактивних матеріалів, а також тканинної інженерії задля регенерації.

**Метою дослідження** є висвітлення нової галузі в стоматології, біоміметики; її основних концепцій, розробок, особливо у відновній і реставраційній стоматології.

**Результати.** Основна мета біоміметичної реставраційної стоматології – повернути твердим тканинам (емалі, дентину, цементу) повну функцію за допомогою реставраційного матеріалу, який може імітувати або відновлювати біомеханіку природного зуба. Це дозволяє йому (зубу) функціонувати як єдине ціле, протистояти функціональним силам і забезпечити майже нормальну біологію та естетику.

Біоміметичні протоколи спрямовані на збереження якомога більше природної структури зуба, збільшення терміну служби відновних конструкцій, зменшення ускладнень і потреби в повторному лікуванні. У цьому ж огляді обговоримо й різні підходи до реставрації твердих тканин зубів.

**Висновки.** У межах запропонованого дослідження можна зробити висновок, що рішення щодо вибору методу лікування, прийняте стоматологами, які опираються на знання та принципи біоміметичної стоматології, суттєво відрізняються від рішення стоматологів, котрі не мають таких знань. Принципи біоміметики дозволяють приймати більш консервативні реставраційні рішення відповідно до їхньої підготовки.

**Ключові слова:** біоміметика, дефекти твердих тканин зубів, доказова стоматологія; відновна стоматологія.

**Вступ.** Біоміметика – це галузь науки, яка досліджує технічну красу природи. Термін походить від грецьких слів *bios* (життя) і *mimesis* (наслідувати) [1]. Американський учений і винахідник Отто Шмідт у 1960-х роках увів в обіг термін «біоміметика» для опису процесу переходу від біології до технології [2]. Біоміметична стоматологія – це один із напрямків відновної стоматології, який фокусується на підтриманні та збереженні природної структури зуба з використанням концепцій біоміметики, що надають можливість відновити біомеханічну, структурну й естетичну цілісність зубів. Біоміметичні протоколи спрямовані на збереження якомога більше природної структури зуба, збільшення терміну служби відновних конструкцій, зменшення ускладнень і потреби в повторному лікуванні.

Метою біоміметичної стоматології постає відновлення зубів і максимально точна імітація природних тканин зуба [1]. У сучасній стоматології поняття «біоміметика» – синонім природної інтеграції біоматеріалів, тобто біологічної, біомеханічної, функціональної та косметичної (інтеграції), що максимально імітує фізіологічну поведінку природних зубів.

Реставрація, що керується біоміметичними підходами, намагається повернути твердим тканинам (емалі, дентину, цементу) повну функцію за допомогою реставраційного матеріалу, який може імітувати

або відновлювати біомеханіку природного зуба. Це дозволяє йому (зубу) функціонувати як єдине ціле, протистояти функціональним силам і забезпечувати майже нормальну біологію та естетику[4].

Нову тенденцію біоміметичних підходів у стоматології використовують для низки застосувань, таких як: лікування дефектів твердих тканин зубів за допомогою біоінспірованих аналогів для досягнення ремінералізації, біоактивних матеріалів, а також тканинної інженерії задля регенерації [3].

Щоб зберегти природні властивості зуба, лікування дефектів твердих тканин проводять із використанням нових матеріалів й адгезивних систем [3]. Традиційна стоматологія передбачає більш інвазивні процедури, ніж біоміметична, що часто спонукає до надмірної редуції твердих тканин зубів [5]. Біоміметика зосереджує увагу на двох важливих властивостях, таких як: властивість регенерувати біологічну тканину та властивість відновлювати характеристики біологічного ефекту цих тканин [6]. Модуль пружності реставраційного матеріалу та його функція повинні відповідати тканинам зуба (наприклад, емалі, дентину, пульпи, дентино-емалевому з'єднанню) [7, 8].

**Метою дослідження** – висвітлення нової галузі в стоматології, біоміметики, її основних концепцій, розробок, особливо у відновній і реставраційній стоматології.

**Матеріали і методи.** У цьому огляді літератури проаналізовано публікації, які відібрані на основі пошуку, здійсненого в базах даних PubMed, Scopus, Web of Science, Google Scholar, що був зосереджений на розвідках останніх десяти років.

У відібраних публікаціях проаналізовано відомості щодо проблем використання принципів біоміметики в сучасній стоматології.

#### **Результати дослідження та їх обговорення.**

Значні зміни в принципах ортопедичного лікування з відходом від традиційних реставрацій і акцентом на збереженні структури зуба привели до розвитку концепції біоміметики в реставраційній стоматології. Ідея можливості проектувати реставрації, котрі здатні точно відновити біомеханічну, структурну й естетичну цілісність біомеханічно ослабленого зуба, була прийнята клініцистами в усьому світі [9]. Поєднуючи ключові принципи протезування, пов'язані з оклюзійним дизайном і контролем сил, що діють на зуби, та реставрації, разом із мінімально інвазивною адгезивною стоматологією, можемо відновити функцію та естетику пошкоджених зубних рядів без необхідності надмірного препарування твердих тканин зуба [10, 11]. Як вважає Pr. Urs Belser, показаннями для лікування повними коронками в наш час постають тільки такі дефекти, які не забезпечують надійної механічної підтримки для досягнення високої якості адгезії. Це насамперед скоротило використання коронок з акцентацією на виготовленні мікропротезів [10]. Pascal Magne, який є справжньою «всесвітньою іконою» біоміметичної стоматології, сформував концепцію «No post, no crown dentistry» (стоматологія без штифтів і коронок).

На сьогодні сучасні адгезивні техніки дозволяють стоматологам виготовляти часткові реставрації в різних клінічних ситуаціях: у передньому й у бічному відділах, для вітальних і невітальних зубів. При виготовленні часткових реставрацій у порівнянні з повними штучними коронками лікарі зберігають значну кількість твердих тканин зубів [12]. Із цим, власне, пов'язаний і тривалий термін їхньої служби, наприклад, у випадках із використанням вінірів, коли препарування зачіпає тільки ділянку емалі [11], або при виготовленні вкладок/накладок [12]. Таким чином, відповідно до терапевтичного підходу, заснованому на збереженні тканин, можемо стверджувати: коли клінічні умови допускають це (згідно з Урсом Белсером, див. вище), часткові реставрації (прямі або непрямі) є кращими в порівнянні з коронками.

Реставрація ендодонтично пролікованих зубів залишається викликом для клініцистів, оскільки ці зуби часто мають більші структурні дефекти через різний процес, чинні реставрації та ендодонтичний доступ. Вказані біомеханічні зміни негативно впливають на довготривалий прогноз збереження зуба [13, 14].

Так, зуби після ендодонтичного лікування стають менш міцними й стійкими до переломів (частіше піддаються переломам через втрату дентином еластичності, зневоднення, через глибокі порожнини) [15, 16]. Також у таких зубах спостерігали суттєве зменшення дентину та критичну втрату зміцнювального ефекту даху пульпової камери. За відомостями різних авторів, жувальна група зубів при депульпуванні

вимагає виготовлення непрямих реставрацій задля запобігання переломів зубів [17].

Якщо є тільки зруйнована оклюзійна поверхня з доступом до пульпової камери, то це можна вважати простою порожниною та використовувати пряму реставрацію. Корисним при лікуванні таких зубів залишається зменшення реставраційного краю. Існує застереження при виборі лікування: наявність тріщин, великих оклюзійних навантажень у премолярах (доступ до пульпової порожнини призводить до більшої втрати тканин, ніж у молярів). У фронтальних зубах частіше використовують прямі реставрації після ендодонтичного лікування, оскільки є простий вхідний отвір. Але чим більша попередня втрата твердих тканин зубів, тим більше постає вибір щодо непрямих реставрацій [17, 18, 19, 20].

За даними E.S. Reeh et al. [21], доступ до короневих каналів для ендодонтичного лікування зменшує механічну стійкість зуба на 5 %. Відомо, що реконструкція оклюзійної порожнини зменшує жорсткість зубів на 20 %, МО – 46 %, а препарування порожнини (MOD) – на 63 %. Втрата одного чи двох крайових гребенів ослаблює механічну стійкість зуба. Незважаючи на те, що вкладки MOD (мезіально-оклюзійно-дистальна) постає варіацією II класу, між двома реставраціями є достатньо чітка відмінність. За відомостями RG Craig et al. [22], аналіз фотоеластичного напруження показав перевагу вкладки MOD у захисті зубів від оклюзійного стресу [23].

Матеріали, які використовують для реставрацій ендодонтично лікованих зубів, повинні забезпечити достатні механічні, функціональні властивості й естетику [24].

Якщо велика частина вестибулярної або оральної поверхні зуба була зруйнована, слід обрати альтернативну реставрацію – виготовлення естетичних коронок. Немає сумніву щодо їхньої прийнятності й стійкості до руйнування та абразивного зносу; це основні переваги коронок («реставрацій повного покриття») [16, 25]. Незважаючи на те, що коронка є міцною та естетичною реставрацією, пацієнти занадто часто отримують цей вид реставрації для незначних руйнувань, які в кращому випадку могли б піддаватися протезуванню більш консервативним лікуванням [26, 27, 28].

Принципи біоміметичної стоматології керують рішенням стосовно збереження здорової структури твердих тканин. Так, зводять до мінімуму ризик ослаблення зуба, що може поставити під загрозу довготривалу стабільність відновної конструкції. Збереження здорової структури зуба досягають шляхом залучення мінімально інвазивних відновних конструкцій [28].

Принцип біоміметичної стоматології передбачає імітацію природної біомеханіки зуба [29], що, власне, постає наслідком ретельного відбору стоматологічних матеріалів і методик реставрації, які імітують тверді тканини зубів, такі як емаль і дентин. Власне, (при використанні природного зуба як ідеального орієнтиру) відомо: біоміметичні реставрації розроблені таким чином, щоб протистояти оклюзійним навантаженням і функціональним вимогам, які гармоніюють із наявною структурою зуба. Лікарі, котрі пройшли підготовку з біоміметичної стоматології, акцентують

на використанні адгезивних протоколів, а не покладаються на механічну ретенцію.

Ще один метод відновлення втрачених тканин зуба полягає у виготовленні напівпрямих або непрямих реставрацій. Це передбачає використання вкладок, накладок, які фіксують до зуба, при цьому зберігають здорові горби та периферичний біогім емалі [30].

Розглянемо «Біоміметичний механічний погляд на реставраційні матеріали». З точки зору механіки, модуль пружності [31, 32, 33, 34, 35] і твердість поверхні [36, 37, 38, 39] реставраційних матеріалів широко оцінюють задля прогнозування клінічної ефективності. Модуль пружності (E) вважається внутрішньою характеристикою матеріалів і дає чітке уявлення про їхню жорсткість. В ідеалі E зубних реставраційних матеріалів повинен бути близьким до твердих тканин зуба, щоб сприяти рівномірному розподілу напруги в ділянці контакту зуб-реставрація під час функціонального жувального навантаження. Значуща розбіжність модулів пружності на межі між зубом і реставрацією може збільшити ймовірність руйнування залишкової структури зуба й призвести до його втрати [40]. E дентину й емалі становить 14–38 ГПа та 72–125 ГПа відповідно [41, 42]. Таким чином, ідеальну зубну реставрацію можна виготовити, використовуючи комбінацію двох різних матеріалів, які відповідають E емалі й дентину.

Окрім внутрішніх властивостей реставраційних стоматологічних матеріалів, актуальні характеристики поверхні. Отже, поверхнева твердість реставраційних матеріалів передбачає стійкість до стирання та здатність до полірування матеріалів під час їх служби в порожнині рота [31]. Тож твердість реставраційних матеріалів повинна точно відповідати твердості емалі, оскільки поверхні реставрацій безпосередньо піддаються дії жувальних сил і вологості. Таким чином, реставраційні матеріали з нижчою твердістю більш піддатливі до стирання: це призводить до зносу поверхні, пористості та їхнього руйнування [43, 44, 45]. Зубна емаль – надзвичайно тверда тканина. Твердість її (зубної емалі) коливається від 2,23 до 7,18 ГПа, а дентину – від 0,71 до 0,92 ГПа [41, 42]. Показник композиційних реставраційних матеріалів значно нижчий порівняно з зубною емаллю, тому вони більш чутливі до поверхневого зносу й пошкодження. На відміну від них, твердість стоматологічної кераміки відповідає межах природної зубної емалі. Слід також виокремити: наявність пористості на поверхні композитних реставрацій, імовірно, є дефектами відповідно до закону Гріффіта. Цю поверхневу пористість можна вважати дефектом, який сприятиме поширенню тріщин і спричинятиме руйнування реставрацій [46, 47, 48, 49].

Коли ми опиралися на біоміметичні аспекти збереження якомога більше здорових твердих тканин зубів, основним критерієм вважали вибір методу лікування, до того ж визначення величини руйнування твердих тканин зуба, позаяк в його основі лежить диференційний підхід у комплексі з ортопедичними засобами як важелями профілактики руйнування коронок зубів, що постає пусковим механізмом розвитку деформацій зубо-щелепової системи та втрати зубів. Основним фактором, який зменшує кількість лікарів-стоматологів, котрі керуються принципами щадної

біоміметики, є відсутність чітких показів, заснованих на принципах доказової медицини щодо вибору методу лікування.

Згідно з систематизацією дефектів твердих тканин зуба LOV/DD і алгоритмом вибору методу лікування дефектів твердих тканин зуба, який базується на систематизації LOV/DD, лікарі-стоматологи отримали чіткі критерії вибору методів лікування, що ґрунтуються на принципах доказової медицини [50, 51]. Також зросли показання до виготовлення вкладок із кераміки та цирконію, що дає можливість збереження природних структур зуба порівняно з препаруванням під коронки.

Досягнення в стоматологічному матеріалознавстві, котре дозволяє використовувати мінімальне препарування під реставрації, які є міцними та довговічними, а також прогрес у адгезивній стоматології означають, що біоміметична реставрація зубів більше не нова концепція, а є чимось, що ми всі повинні застосовувати як стоматологи-консерватори та реставратори.

**Висновки.** У межах цього дослідження можна зробити висновок: рішення щодо вибору методу лікування прийняте стоматологами, які опираються на знання та принципи біоміметичної стоматології, суттєво відрізняються від рішення стоматологів, котрі не мають таких знань. Принципи біоміметики дозволяють приймати більш консервативні реставраційні рішення відповідно до підготовки. Таким чином, сучасні концепції біоміметики постають актуальними в стоматології та потребують досконалого вивчення.

## References.

1. Bazos P, Magne P. Bio-emulation: biomimetically emulating nature utilizing a histo-anatomic approach; structural analysis. *Eur J Esthet Dent.* 2011;6(1):8–19. PMID: 21403924
2. Fecheyr Lippens, Daphne. "Implementing Biomimicry Thinking from fundamental R&D to creating nature-aligned organizations." Doctoral dissertation, University of Akron, 2017. [http://rave.ohiolink.edu/etdc/view?acc\\_num=akron1506510439362348](http://rave.ohiolink.edu/etdc/view?acc_num=akron1506510439362348)
3. Zafar MS, Amin F, Fareed MA, Ghabbani H, Riaz S, Khurshid Z, Kumar N. Biomimetic aspects of restorative dentistry biomaterials. *Biomimetics (Basel).* 2020; 5(3):34. DOI: 10.3390/biomimetics5030034
4. Goswami S. Biomimetic dentistry. *Journal of Oral Research and Review* 10(1):p 28-32, Jan–Jun 2018. | DOI: 10.4103/jorr.jorr\_3\_17
5. Kostenko S. B., Nakashydzhe H. N., Bilynskyi O. Ya., Ratushnyi R. I., Penzelyk I. V. (2020) Kompleksnyi analiz biomekhanichnoi dotsilnosti realizatsii minimalno-invazyvnykh pidkhodiv do preparuvannya zubiv pid rizni tytu ortopedychnykh konstruksii., *Eksperementalna ta klinichna medytsyna* 4, 69-78. <https://doi.org/10.35339/ekm.2020.89.04.11>
6. Paryani M, Bhojwani PR, Ikhar A, Reche A, Paul P. Evolution of Biomimetic Approaches for Regenerative and Restorative Dentistry. *Cureus.* 2023 Jan 18;15(1):e33936. doi: 10.7759/cureus.33936. PMID: 36819376; PMCID: PMC9937676.
7. Chaitra VS, Gaffoor FMA, Samuel A, Gopakumar R, Girish S, Chandran D, Chandran A: Biomimetics in

- dentistry-a review. *Sch J Dent Sci.* 2020; 2:31-5. 10.36347/sjds.2020.v07i02.001
8. Bulbuk O, Velychkovych A, Mazurenko V, Ropyak L & Pryhorovska T. Analytical estimation of tooth strength, restored by direct or indirect restorations. *Engineering Solid Mechanics.* 2019; 7(3), 193-204. DOI: 10.5267/j.esm.2019.5.004
  9. Bazos P; Magne P. Bio-emulation: Biomimetically emulating nature utilizing a histo-anatomic approach; structural analysis. *Eur. J. Esthet. Dent.* 2011; 6, 8–19.
  10. Magne P.; Belser U. Understanding the Intact Tooth and the Biomimetic Principle. *Bonded Porcelain Restorations in the Anterior Dentition A Biomimetic Approach.* Quintessence Publishing CO: Chicago, IL, USA. 2002; pp. 23–55.
  11. Deepa N Shah, The Biomimetic Restorative Approach, *Dental Update,* 10.12968/denu.2021; 48.1.13, 48, 1, (13-20). DOI:10.12968/denu.2021.48.1.13.
  12. Magne P, Carvalho AO, Bruzi G, Anderson RE, Maia HP, Giannini M. Influence of no-ferrule and no-post buildup design on the fatigue resistance of endodontically treated molars restored with resin nanoceramic CAD/CAM crowns. *Oper Dent.* 2014; Nov-Dec;39(6):595-602. <https://doi.org/10.2341/13-004-L> <https://doi.org/10.2341/13-004-L>
  13. Schwartz RS, Robbins JW. Post Placement and Restoration of Endodontically Treated Teeth: A Literature Review. *J. Endod.* 2004;30:289–301. DOI:10.1097/00004770-200405000-00001. [Abstract] [CrossRef] [Google Scholar]
  14. Dietschi D, Duc O, Krejci I, Sadan A. Biomechanical considerations for the restoration of endodontically treated teeth: A systematic review of the literature, Part II (Evaluation of fatigue behavior, interfaces, and in vivo studies) *Quintessence Int.* 2008;39:117–129. [Abstract] [Google Scholar]
  15. Machado AC, Vilela ALR, Souza PG, Pereira AG, Raposo LHA, Faria-e-Silva AL, de Sousa MENEZES M, Soares PV. Critical analysis of fiber post surface treatment: A review. *Biosci J.* 2014;30:914–924.
  16. Bulbuk OV. Kliniko-eksperymentalne obgruntuвання ortopedychnoho likuvannya patsientiv iz defektamy tverdykh tkanyn zubiv [dysertatsiia]. Ivano-Frankivsk: 2019. 199 s.
  17. Smithson J, Newsome P, Reaney D, Owen S. Direct or indirect restorations? *Int Dent.* 2011;1(1):70-80.
  18. Zarow MD, Arcangelo C, Paolone G, Paniz G, Felipe L. *EndoProsthodontics – Guidelines for the clinical practice.* Chicago: Quintessence Int; 2016.
  19. Paolone G, Scolavino S, Gherlone E, et al. Direct esthetic composite estorations in anterior teeth: managing symmetry strategies. *Symmetry.* 2021;13(5):797. doi: 10.3390/sym13050797.
  20. Zarow M, D'arcangelo C, Paolone G, Felipe L, Paniz G; *Endoprosthodontics – Clinical Guide for Dental Practitioners;* Quintessence Int, Warsaw, 2013.
  21. Reeh ES, Messer HH, Douglas WH. Reduction in tooth stiffness as a result of endodontic and restorative procedures. *J Endod.* 1989;15:512-516. DOI: 10.1016/S0099-2399(89)80191-8
  22. Craig RG, el-Ebrashi MK, LePeak PJ, Peyton FA. Experimental stress analysis of dental restorations. I. Two-dimensional photoelastic stress analysis of inlays. *J Prosthet Dent.* 1967;17:277-291. DOI: 10.1016/0022-3913(67)90092-3
  23. Nikolopoulou E, Loukidis M. Critical Review and Evaluation of Composite/Ceramic Onlays versus Crowns. *Dentistry.* 2014;(4)261. doi: 10.4172/2161-1122.1000261
  24. Rocca G.T., Krejci I. Crown and post-free adhesive restorations for endodontically treated posterior teeth: From direct composite to endocrowns. *Eur. J. Esthet. Dent.* 2013;8:156–179. PMID: 23712338
  25. McLaren EA, Figueira J, Goldstein RE. Vonlays: a conservative esthetic alternative to full-coverage crowns. *Compend Contin Educ Dent.* 2015 Apr;36(4):282, 284, 286-9. PMID: 25821940.
  26. Christensen GJ. The advantages of minimally invasive dentistry. *J Am Dent Assoc.* 2005;(136):1563-1565. DOI: 10.14219/jada.archive.2005.0088
  27. Salehrabi R., Rotstein I. Endodontic Treatment Outcomes in a Large Patient Population in the USA: An Epidemiological Study. *J. Endod.* 2004;30:846–850.. DOI: 10.1097/01.don.0000145031.04236.ca
  28. Alleman D.S., Magen P. A systematic approach to deep caries removal end points: The peripheral seal concept in adhesive dentistry. *Quintessence Int.* 2012;43:197–208.
  29. Dionysopoulos D., Gerasimidou O. Biomimetic dentistry: Basic principles and protocols. *ARC J. Dent. Sci.* 2020;5:1–3. DOI:<https://doi.org/10.20431/2456-0030.0503001>
  30. Alleman D.S., Alleman D.S., Deliperi S. Decoupling with time: A solution to the problem of the hierarchy of bondability. *Inside Dent.* 2021;17:35–40.
  31. Bulbuk O, Velychkovych A, Mazurenko V, Ropyak L, Pryhorovska T. Analytical estimation of tooth strength, restored by direct or indirect restorations. *Engineering Solid Mechanics.* 2019;7(3), 193-204. DOI:10.5267/j.esm.2019.5.004; [in Ukrainian].
  32. Scribante A; Bollardi M; Chiesa M; Poggio C; Colombo M. Flexural properties and elastic modulus of different esthetic restorative materials: Evaluation after exposure to acidic drink. *BioMed Res. Int.* 2019. doi: 10.1155/2019/5109481.
  33. Wang Y; Darvell B. Effect of elastic modulus mismatch on failure behaviour of glass ionomer cement under Hertzian indentation. *Dent. Mater.* 2012;28, 279–286. DOI:10.1016/j.dental.2011.11.004
  34. Boaro LCC, Gonçalves F, Guimarães TC, Ferracane, JL, Versluis A, Braga RR. Polymerization stress, shrinkage and elastic modulus of current low-shrinkage restorative composites. *Dent. Mater.* 2010; 26, 1144–1150. DOI: 10.1016/j.dental.2010.08.003
  35. Junior RF, Adalberto S, Zanchi CH, Carvalho RVD, Demarco FF. Flexural strength and modulus of elasticity of different types of resin-based composites. *Braz. Oral Res.* 2007; 21, 16–21. doi: 10.1590/s1806-83242007000100003.
  36. Al-Samadani KH. Surface hardness of dental composite resin restorations in response to preventive agents. *J. Contemp. Dent. Pract.* 2016; 17, 978–984. DOI: 10.5005/jp-journals-10024-1967
  37. Abed YA, Sabry HA, Alrobeigy NA. Degree of conversion and surface hardness of bulk-fill composite versus incremental-fill composite. *Tanta Dent. J.* 2015; 12, 71–80. DOI: 10.1016/j.tdj.2015.01.003

38. Jafari K, Hekmatfar S, Badakhsh S. The effect of mouthwashes on surface hardness of dental ceramics. *J. Dent. Biomater.* 2014; 1, 23–26. DOI: 10.13140/RG.2.1.1798.9283
39. Davallo A, Tavangar M, Darabi F, Pourhabibi Z, Alamouti N. The surface hardness value of a light cured hybrid composite resin after 12 hours immersion in three alcohol-free mouthwashes. *J. Dentomaxillofac. Radiol. Pathol. Surg.* 2013; 2, 1–6. DOI: 10.18869/acadpub.3dj.2.4.1
40. Bulbuk O, Bulbuk O, Rozhko M, Pelekhan B, Pelekhan L. Trishchyny ta perelomy zubiv yak naslidok nepravlynoho vyboru metodu likuvannia defektiv tverdykh tkanyn zubiv. *Visnyk stomatolohii.* 2023;122(1),129–135. <https://doi.org/10.35220/2078-8916-2023-47-1.21>
41. Mahoney E, Holt A, Swain M, Kilpatrick N. The hardness and modulus of elasticity of primary molar teeth: an ultra-micro-indentation study. *J. Dent.* 2000; 28, 589–594. DOI: 10.1016/S0300-5712(00)00043-9
42. Zafar MS. A Comparison of dental restorative materials and mineralized dental tissues for surface nanomechanical properties. *Life Sci. J.* 2014; 11, 19–24.
43. Imehl R, Hannig M. Non metallic restorative materials based on glass ionomer cements—Recent trends and developments. *Colloids Surf. Physicochem. Eng. Asp.* 2000; 163, 55–62. DOI: 10.1016/S0927-7757(99)00430-6
44. Bonifácio C, Kleverlaan CJ, Raggio DP, Werner A, de Carvalho R, van Amerongen W. Physical-mechanical properties of glass ionomer cements indicated for atraumatic restorative treatment. *Aust. Dent. J.* 2009; 54, 233–237. DOI:10.1111/j.1834-7819.2009.01125.x
45. McCabe JF, Walls A. *Applied Dental Materials*; John Wiley and Sons: Hoboken, NJ, USA, 2013.
46. Baran G, Boberick K, McCool J. Fatigue of restorative materials. Critical reviews in oral biology and medicine: An official publication of the American association of oral biologists. *Crit. Rev. Oral Biol. Med.* 2001; 12, 350–360. DOI: 10.1177/10454411010120040501
47. Dietschi D, De Siebenthal G, Neveu-Rosenstand L, Holz J. Influence of the restorative technique and new adhesives on the dentin marginal seal and adaptation of resin composite Class II restorations: an in vitro evaluation. *Quintessence Int.* 1995 Oct;26(10):717-27. PMID: 8935115
48. Larson TD, Douglas WH, Geistfeld RE. Effect of prepared cavities on the strength of teeth. *Oper Dent* 1981;6:2–5. PMID: 6941225
49. Mondelli J, Sene F, Ramos RP, Benetti AR. Tooth structure and fracture strength of cavities. *Braz Dent J.* 2007;18(2):134-8. DOI: 10.1590/S0103-64402007000200009
50. Bulbuk O, Bulbuk O, Rozhko M. A New Cavity Classification LOV/DD: An Original Hypothesis. *Dent Hypotheses.* 2020;11:24-7 DOI: 10.4103/denthyp.denthyp\_106\_19
51. Bulbuk O, Velychkovych A, Mazurenko V, Ropyak L, Pryhorovska T. Analytical estimation of tooth strength, restored by direct or indirect restorations. *Engineering Solid Mechanics.* 2019;7(3),193-204. DOI:10.5267/j.esm.2019.5.004

UDC 616.31-07+616.314-007

**BIOMIMETICS IN MODERN DENTISTRY  
(LITERATURE REVIEW)**

O.V. Bulbuk

*Ivano-Frankivsk national medical university,  
Ivano-Frankivsk, Ukraine,  
ORCID ID: 0000-0001-8985-8254,  
e-mail: bulbuk85@gmail.com*

**Abstract.** Biomimetics is a branch of science that explores the technical beauty of nature. The term originates from the Greek words bios (life) and mimesis (imitation). American scientist and inventor Otto Schmidt introduced the term «biomimetics» in the 1960s to describe the process of transitioning from biology to technology. Biomimetic dentistry is one of the directions in restorative dentistry that focuses on maintaining and preserving the natural structure of the tooth using biomimetic concepts, which allow for the restoration of the biomechanical, structural, and aesthetic integrity of teeth. Biomimetic protocols aim to preserve as much of the natural tooth structure as possible, increase the service life of restorative constructions, reduce complications, and the need for retreatment.

In modern dentistry, the concept of «biomimetics» is synonymous with the natural integration of biomaterials, i.e., biological, biomechanical, functional, and cosmetic integration that maximally mimics the physiological behavior of natural teeth. The new trend of biomimetic approaches in dentistry is used for a wide range of applications, such as treating defects in hard tooth tissues using bioinspired analogs to achieve remineralization, bioactive materials, and tissue engineering for regeneration.

**The aim** of the research is to highlight a new field in dentistry, biomimetics, its main concepts, developments, especially in restorative and reconstructive dentistry.

**Results.** The main goal of biomimetic restorative dentistry is to restore the hard tissues (enamel, dentin, cementum) to full function using a restorative material that can mimic or restore the biomechanics of a natural tooth. This allows the tooth to function as a single unit, withstand functional forces, and provide nearly normal biology and aesthetics. Biomimetic protocols aim to preserve as much of the natural tooth structure as possible, increase the service life of restorative constructions, reduce complications, and the need for retreatment. This review also discusses various approaches to the restoration of hard tooth tissues. The main factor that reduces the number of dentists who adhere to the principles of conservative biomimetics is the lack of clear evidence-based indications for the choice of treatment method.

By combining key principles of prosthetics related to occlusal design and control of forces acting on teeth and restorations, along with minimally invasive adhesive dentistry, we can restore the function and aesthetics of damaged dental arches without the need for excessive preparation of hard tooth tissues. According to Professor Urs Belser, indications for full crowns today may only be defects that do not provide reliable mechanical support to achieve high-quality adhesion. This has, in turn, reduced

the use of crowns, favoring the manufacture of micro prostheses.

Restoration of endodontically treated teeth is a challenge for clinicians as these teeth often have larger structural defects due to the carious process, existing restorations, and endodontic access. These biomechanical changes negatively affect the long-term prognosis of tooth preservation. Materials used for restorations of endodontically treated teeth should provide adequate mechanical, functional properties, and aesthetics.

**Conclusions.** Within the framework of this study, it can be concluded that the treatment decisions made by dentists who rely on knowledge and principles of biomimetic dentistry significantly differ from the decisions made by dentists who lack this knowledge. Biomimetic principles allow for more conservative restorative decisions according to their training.

**Keywords:** biomimetics, defects of hard tooth tissues, evidence-based dentistry, restorative dentistry.

Стаття надійшла в редакцію 28.01.2024 р.

Стаття прийнята до друку 27.02.2024 р.