

УДК: 616.314.163-089.27-085.46

Гринишин О.Б.<sup>1</sup>, ас., Безвужко Е.В., д.мед.н., доц.

каф. стоматології дитячого віку, Львівський національний медичний університет ім. Данила Галицького

<sup>1</sup>Центр стоматологічної імплантації та протезування «ММ»

Hrynyshyn O.B.<sup>1</sup>, Prof. Ass., Bezvushko E.V., DMD, Ass. Prof.

Pediatric Dentistry Department, Danylo Halytskyi Lviv National Medical University

<sup>1</sup>Center for Dental Implantation and Prosthetic Dentistry «MM»

## Порівняльний аналіз використання кальцій силікатних матеріалів на основі MTA і Biodentine™ в ендодонтичному лікуванні тимчасових і постійних зубів

### Огляд літератури

## Comparative Analysis of Calcium Silicate-based Materials MTA and Biodentine™ when Used in Endodontic Treatment of Deciduous and Permanent Teeth. Literature Review

Адреса для кореспонденції:

Гринишин Ольга Богданівна

e-mail: dentalpractice2000@yahoo.com

**Мета:** Порівняти сучасні біологічно активні матеріали, що використовують для створення бар'єра між твердими і м'якими тканинами при ендодонтичному лікуванні тимчасових і постійних зубів. **Методи:** Проведено огляд літератури на предмет властивостей кальцій силікатних цементів при ендодонтичному лікуванні тимчасових та постійних зубів. **Результати:** Упродовж останніх десятиліть цементи на основі силікату кальцію успішно використовують для відтворення біологічного бар'єра між твердими і м'якими тканинами зуба. **Висновки:** Синтетичні кальцій силікатні цементи мають низку переваг, порівняно з системами на основі природних мінералів: відсутність домішок металу у складі цементу запобігає дисколорації зуба та збільшує його міцність, а вдосконалена формула матеріалу скорочує час його твердіння. Необхідні подальші дослідження можливості використання кальцій силікатних цементів у ендодонтії тимчасових і постійних зубів.

**Ключові слова:** біологічно активні матеріали, кальцій силікатні цементи, мінерал триоксид агрегат, Biodentine™.

**Purpose:** The object of the present study is to compare the modern bioactive materials which are used for barrier formation between the hard and soft tissues of the tooth during endodontic treatment of deciduous and permanent teeth. **Methods:** A literature review regarding the calcium silicate-based materials properties in endodontics of deciduous and permanent teeth has been carried out. **Results:** Calcium silicate-based cements have been successfully used for biological barrier formation between the hard and soft tissues during the last decades. **Conclusions:** Synthetic calcium silicate-based materials have been demonstrated several advantages over the systems based on natural minerals: absence of metal impurities increases strength of material and prevents of gradual tooth discoloration. Improvement of the liquid formula reduces the time of cement hardening. Further researches of effectiveness of calcium silicate-based cements in the endodontics of deciduous and permanent are needed.

**Key words:** bioactive materials, calcium silicate-based cements, mineral trioxide aggregate, Biodentine™.

## Вступ

Останніми роками для ендодонтичного лікування постійних і тимчасових зубів доступно чимало матеріалів з вираженою біологічною активністю, які можна успішно застосовувати для відтворення біологічного бар'єра між твердими і м'якими тканинами зуба та пародонта [1, 6]. Серед таких матеріалів провідне місце посідають кальцій силікатні МТА (мінерал триоксид агрегатні) цементи, виготовлені як з природної сировини, так і синтезовані штучно [8, 11]. Золотим стандартом є матеріал ProRoot МТА, розроблений 1993 р. Torabinejad M. У подальшому з'явилася низка матеріалів на основі кальцій силікатних цементів: МТА Angelus, MicroMega-МТА, МТА Plus тощо. Перевагами цієї групи цементів є їхня висока біоактивність та біосумісність, відсутність мутагенного та цитотоксичного впливу на структури пульпи та періодонту, здатність до твердіння у вологому середовищі, що дозволяє широко застосовувати матеріали при ендодонтичному лікуванні тимчасових і постійних зубів [8, 9]. Метою роботи є порівняння сучасних біологічно активних матеріалів, які використовують при ендодонтичному лікуванні тимчасових і постійних зубів для створення біологічного бар'єра між твердими та м'якими тканинами зуба.

## Матеріал і методи

Проведено огляд друкованих джерел літератури та викладених у мережі PubMed (за ключовими словами). Порівняльний аналіз кальцій силікатних цементів передбачав дослідження фізико-хімічних властивостей та клінічних особливостей застосування.

## Результати та їх обговорення

Вперше про розробку нового матеріалу мінерал триоксид агрегату (МТА)

Таблиця 1. Склад матеріалу Biodentine™

Порошок	Рідина
Трикальцій силікат ( $3\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$ )	Хлорид кальцію ( $\text{CaCl}_2\cdot 2\text{H}_2\text{O}$ )
Кальцій карбонат ( $\text{CaCO}_3$ )	Система, що зменшує вміст води
Диоксид цирконію ( $\text{ZrO}_2$ )	Вода

повідомили Torabinejad M. та співавт. (1993), та одразу ж довели його високу ефективність при ретроградному пломбуванні кореневих каналів [1]. Основою матеріалу став портландцемент, що є природним ресурсом, який використовують у будівельній промисловості. До його складу входять суміші силікату кальцію: трикальцій силікат, трикальцій алюмінат, тетракальцій алюмоферит, гіпс. Оксид вісмуту надає цеметну рентгенконтрастності.

Хоча МТА-цемент створено насамперед для ретроградного пломбування кореневого каналу при резекції верхівки кореня, подальші дослідження його міцності, крайового прилягання, розчинності, зносостійкості, біосумісності та біоактивності значно розширили спектр використання матеріалу у клінічній практиці.

Клінічні показання до застосування матеріалу:

- закриття перфораційних дефектів коренів на різних рівнях
- заміщення ятрогенних пошкоджень пульпової камери зі збереженням вітальності пульпи
- пломбування каріозної порожнини зуба при проведенні часткової чи повної вітальної пульпотомії
- одномоментна апексифікація несформованих коренів постійних зубів
- лікування внутрішніх та зовнішніх резорбційних дефектів коренів
- пломбування широких апікальних отворів
- ретроградне пломбування кореневих каналів.

Надвичайно високу ефективність цементів МТА доведено у багатьох

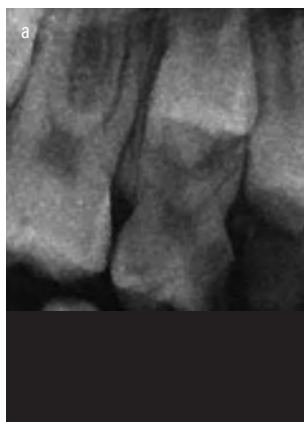
клінічних і лабораторних дослідженнях [2–7].

Основною і найважливішою властивістю МТА є його виражена біологічна активність щодо тканин пульпи і періодонту [7, 8]. Біоактивним вважається матеріал, на поверхні якого може відбуватися специфічна біологічна відповідь із формуванням зв'язку між тканиною і матеріалом [9]. Біоактивність МТА як матеріалу для покриття пульпи проявляється у його здатності стимулювати синтез дентиноподібного матриксу одонтобластоподібними клітинами у вигляді вогнищ мінералізації, що мають молекулярні характеристики дентину [5, 6].

Разом з біологічною активністю, МТА виявляє і високу біосумісність із живими тканинами, що доводять дослідження *ex vivo* на культурах клітин та *in vivo* [19]. Відсутність мутагенного та цитотоксичного ефекту цього матеріалу описали Kettering J.D. та співавт. [3, 4]. Дослідження підшкірної та внутрішньокісткової імплантації циліндрів з МТА проведені на щурах, гвінейських свинках і кроликах показали мінімальну запальну реакцію м'яких і твердих тканин, підтвердивши біоактивність матеріалу, що проявляється у його здатності стимулювати остео- та дентиногенез [3–6].

Одним з основних недоліків МТА є наявність металевих часток у його складі, які призводять до поступової зміни кольору зуба, наприклад, після проведення пульпотомії [10] (мал. 1). Спричиняє незручності у клінічній практиці і тривалий час твердіння кальцій силікатних цементів (від

**Мал. 1.** Потемніння коронки тимчасового моляра після вітальної пульпотомії з використанням МТА



**Мал. 2.** Пульпотомія з Biodentine™: а – глибока каріозна порожнина на проксимальній поверхні зуба 55; б – пульпотомія з використанням Biodentine™; в – через півроку після лікування; г – через 1 рік і 2 місяці після лікування

1 год. 45 хв. до 4 год.). Окрім цього МТА після першої доби виявляє досить низьку механічну міцність, а його сила на стискання упродовж першої доби сягає 7,5 МПа. Поступово механічні властивості цементу збільшуються, і до 28 діб показник сягає 139,9 МПа.

Отже, недоліки МТА цементів сприяли розробленню досконаліших матеріалів. 2010 р. компанія «Septodont», Франція, створила новий матеріал на основі силікату кальцію ( $\text{Ca}_3\text{SiO}_5$ ), представлений на стоматологічному ринку під назвою Biodentine™. Першочерговим завданням було винайдення матеріалу на основі силікату кальцію з тими ж біоактивними властивостями, якими володіє МТА, однак позбавленого недоліків цієї системи. Створено нову технологічну платформу Active Biosilicate Technology™ на основі синтезу штучного силікату

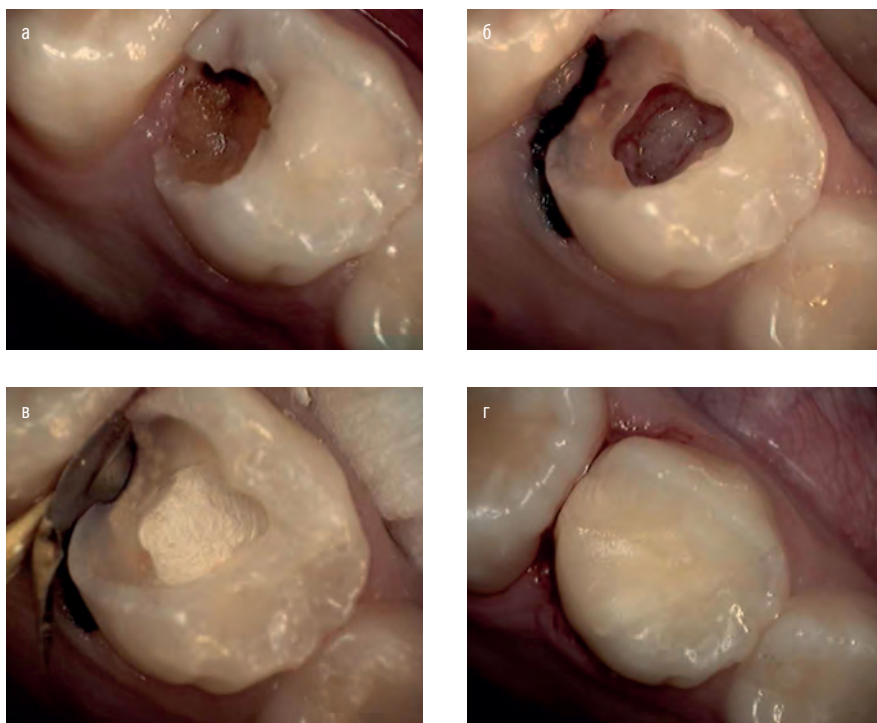
кальцію, що дозволяє виготовити матеріал без домішок металів, на відміну від МТА. Реальними перевагами матеріалу є швидкість твердіння, високі механічні властивості і простота використання. Biodentine™ містить компоненти, які скорочують час твердіння цементу і покращують його механічні властивості.

Силікат кальцію має здатність взаємодіяти з водою і тверднути способом переходу від фази гідратації трикальцій силікату ( $3\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2=\text{C}_3\text{S}$ ) до утворення кальцій силікатного гелю (CSH гелю) і гідроксиду кальцію ( $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ).

Рідина цементу містить воду і систему, що зменшує її кількість, таке рішення скоротило час твердіння цементу і позитивно вплинуло на його механічну міцність. Додавання до складу рідини кальцію хлориду також пришвидшило процес твердіння

матеріалу. На відміну від МТА, час твердіння Biodentine™ становить 12 хв. Отже, лікування зуба з використанням цього матеріалу, а також реставрацію можна провести за одне відвідування (мал. 2, 3).

Досягти високих механічних властивостей кальцій силікатних матеріалів не просто. Відсутність люмінатних компонентів у складі Biodentine™ покращує його міцність. На міцність цементів впливає і кількість води, яку використовують для замішування. Парадоксом таких систем є те, що вода, необхідна для твердіння матеріалу, може водночас знижувати його механічні властивості. З одного боку, надлишок води призводить до пористості матеріалу, а з іншого, – зменшення води нівелює гомогенність суміш. Для вирішення цієї проблеми до цементу у формі рідини додали гідророзчинну полімерну



**Мал. 3.** Вітальна пульпотомія та виконання реставрації з використанням Biodentine™ за одне відвідування: а – глибока каріозна порожнина на проксимальній поверхні зуба 55; б – проведено пульпотомію коронкової частини пульпи; в – використання Biodentine™ як ізолюючої біологічно активної прокладки; г – виконання реставрації

систему або агент, що зменшує її вміст. Це допомогло підтримати баланс між низьким вмістом води і гомогенністю суміші, покращивши міцність матеріалу. Проведено чимало досліджень механічної міцності Biodentine™, зокрема визначення компресійної сили. Результати демонструють силу при стисканні 0,5 мм/хв., що дорівнює 131,5 МПа через 1 год., 188,2 МПа через 24 год. і 316,4 МПа через 28 діб, що перевищує механічні властивості інших матеріалів. Слід відзначити здатність Biodentine™ покращувати свої механічні властивості з часом. Через 28 діб матеріал при стисканні досягає і навіть перевищує механічну міцність дентину, що дорівнює 297 МПа [20]. Natale L.C. та співавт. досліджували механічні властивості та здатність вивільняти іони кальцію матеріалів на основі гідроксиду кальцію (Dycal) та двох матеріалів на основі силікату кальцію (MTA та Biodentine™). Виявили, що здатність вивільняти іони кальцію упродовж тривалого часу є значно вищою у кальцій силікатних цементів (у MTA та Biodentine™), порівняно з матері-

алами на основі гідроксиду кальцію. Біодентин також демонструє кращі механічні властивості, зокрема компресійну міцність, міцність при згинанні та вищий модуль пружності, порівняно з MTA та Dycal [15]. Це дає можливість використовувати матеріал не лише як біоактивну прокладку, а як біологічний замітник дентину. About та співавт. у своїх роботах вивчали здатність пульпових клітин-попередників до активації, диференціації та регенерації твердих тканин зуба під впливом Biodentine™. Встановили, що матеріал стимулює регенерацію дентину методом диференціації одонтобластів з клітин-попередників пульпи [11]. Laurent та співавт. провели дослідження здатності Biodentine™ впливати на секрецію клітинами пульпи білка TGF-β1, що контролює ріст, проліферацію, диференціацію клітин і може стимулювати репаративний дентиногенез. Виявили, що рівень TGF-β1 при прямому покритті пульпи Biodentine™ значно підвищується, що призводить до утворення дентинного містка практично одразу після експозиції матеріалу [18]. Схожі результати

отримали Luo Z. та співавт., які проводили дослідження на стовбурових клітинах пульпи. Виявили, що Biodentine™ при прямому контакті з пульпою стимулює проліферацію, міграцію та адгезію пульпових стовбурових клітин [14]. Крайова адаптація і щільність контакту матеріалу із прилеглими тканинами є якісними та зносостійкими показниками і ключовими факторами успішності застосування будь-якого реставраційного матеріалу. У дослідженнях Shipper та співавт. [12] MTA демонструє кращі адаптаційні властивості при ретроградному пломбуванні каріозних порожнин, порівняно з амальгамою, Super EBA і IRM. Згідно з дослідженнями Cristina Braga Xavier та співавт. [13] MTA також показує кращу крайову адаптацію, на відміну від склоіономерів (Vitremar) та матеріалу Super EBA. Biodentine™ досліджували із застосуванням кислот, проведенням електронної мікроскопії та тесту на мік-ропідтікання. В умовах кислого середовища сповільнювався процес твердіння матеріалу, погіршувалася його адгезивна здатність та збіль-

шувалася розчинність. При зниженні рН середовища до 2,74 спостерігали появу ерозій на поверхні, які були меншими, порівняно з тими, що виникали на поверхні СІЦ. В умовах збагаченого фосфатами (штучна сліна) середовища ерозій на поверхні матеріалу не виявили, натомість спостерігали відкладення кристалів апатитоподібної структури на поверхні Biodentine™. Це подає надії, оскільки при покращенні зв'язку між матеріалом та природ-

ним дентином, покращується і крайове прилягання матеріалу. Tanalp J. та співавт. провели порівняння рентгенконтрастності Biodentine™, MM-MTA та MTA Angelus. Виявили, що Biodentine™ демонструє нижчу рентгенконтрастність, порівняно з MM-MTA та MTA Angelus:  $2,8 \pm 0,48$ ,  $4,72 \pm 0,45$  та  $5,18 \pm 0,51$  мм відповідно [16], але незначно вищу, порівняно із дентином зуба, рентгенконтрастність якого становить  $2,57 (\pm 0,0004)$  мм [17].

## Висновки

Удосконалені синтетичні кальцій силікатні цементи мають низку переваг, порівняно з системами на основі природних мінералів: відсутність металевих домішок у складі матеріалу запобігає дисколорації зуба та збільшує його міцність, а вдосконалена формула рідини цементу скорочує час твердіння. Необхідні подальші дослідження ефективності використання кальцій силікатних цементів у практичній ендодонтії тимчасових і постійних зубів.

## Список використаної літератури

- Torabinejad M., Hong C., Lee S., Monsef M, Pitt Ford T. Investigation of mineral trioxide aggregate for rootend filling in dogs. J Endod. 1995;21:603–608.
- Torabinejad M., Smith P.W., Kettering J.D., Pitt Ford T.R. Comparative investigation of marginal adaptation of mineral trioxide aggregate and other commonly used root-end filling materials. J Endod. 1995;21:295–299.
- Kettering J.D., Torabinejad M. Investigation of mutagenicity and mineral trioxide aggregate and other commonly used root-end filling materials. J Endod. 1995;21:537–539.
- Osario R.M., Hefti A., Vertucci F.J., Shawley A.L. Cytotoxicity of endodontic materials. J Endod. 1998;24:91–6.
- Sumer M., Muglali M., Bodrumlu E., Guvenic T. Reactions of connective tissue to amalgam, intermediate restorative material, mineral trioxide aggregate mixed with chlorhexidine. J Endod. 2006;32:1094–1096.
- Saidon J., He J., Zhu Q., Safavi K., Spangberg L.S.W. Cell and tissue reactions to mineral trioxide aggregate and Portland cement. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod 2003;95:483–489.
- Masuda Y.M., Wang X., Hossain M., et al. Evaluation of biocompatibility of mineral trioxide aggregate with an improved rabbit ear chamber. J Oral Rehabil 2005;32:145–150.
- Srinivasan V., Waterhouse P., Whitworth J. Mineral trioxide aggregate in paediatric dentistry. International Journal of Paediatric Dentistry. 2009;19:34–47.
- Hench L.L., West J.K. Biological applications of bioactive glasses. Life Chem Reports. 1996;13:187–241.
- Masuda Y.M., Wang X., Hossain M., et al. Evaluation of biocompatibility of mineral trioxide aggregate with an improved rabbit ear chamber. J Oral Rehabil. 2005;32:145–150.
- About I., Laurent P., Tedes O. Bioactivity of Biodentine™ a Ca3SiO5-based Dentine Substitute. Oral session. IADR Congress July 2010. Barcelona. Spain.
- Shipper G., Grossman E.S., Botha A.J., Cleaton-Jones P.E. Marginal adaptation of mineral trioxide aggregate (MTA) compared with amalgam as a root-end filling material: a low-vacuum (LV) versus high-vacuum (HV) SEM study. Int Endod J. 2004;37:325–336.
- Braga X.C., Weismann R., Oliveira M.G., Demarco F., Pozza D.H. Root-End Filling Materials: Apical Microleakage and Marginal Adaptation. JOE. 2005;31(7):539–42.
- Luo Z., Li D., Kohli M., R. Yu Q., Kim S., He W.X. Effect of Biodentine™ on the proliferation, migration and adhesion of human dental pulp stem cells. J Dent. 2014;42(4):490–7.
- Natale L., C. Rodrigues M.C., Xavier T., A. Simões A, de Souza D.N, Braga R.R. Ion release and mechanical properties of calcium silicate and calcium hydroxide materials used for pulp capping. Int Endod J. 2014;47(5):498–9.
- Tanalp J., Karapınar-Kazandağ M., Dölekoğlu S., Kayahan M.B. Comparison of the radiopacities of different root-end filling and repair materials. Scientific World Journal. 2013. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3821955/>
- Salzedas L.M.P., Louzada M.J.Q., Oliveira A.B. Radiopacity of restorative materials using digital images. J. Appl. Oral Sci. 2006;14(2):147–52. <http://www.researchgate.net/publication/23669933/>
- Laurent P., Camps J., De M.M., Dejou J. Induction of specific cell responses to a Ca(3)SiO(5)-based posterior restorative material. Dent. Mater. 2008;24 (11):1486–1494.
- Eleazer P.D., Craig Rhodes S., Hom D.M., Villiers P.D., Wei S., Novak L., Dohm E.D., Weems R.A., Litaker M.S. In vivo evaluation of an experimental root-end filling material versus MTA. Open Journal of Animal Sciences. 2013;3:19–23.
- O'Brien W. Dental Materials and their Selection. O'Brien W 4th ed. Ed.: 2008

Стаття надійшла в редакцію 18 травня 2014 року