

СРАВНИТЕЛНА ХАРАКТЕРИСТИКА НА КАЛЦИЕВ ХИДРОКСИД, МТА И BIODENTINE ПРИ ЯТРОГЕННИ ГРЕШКИ В КОНСЕРВАТИВНОТО ЗЪБОЛЕЧЕНИЕ

Весела Радомирова, Наталия Костадинова-Гунева

Катедра по консервативно зъболечение и орална патология,
Факултет по дентална медицина, Медицински университет – Варна

COMPARATIVE CHARACTERISTICS OF CALCIUM HYDROXIDE, MTA AND BIODENTINE IN IATROGENIC ERRORS IN CONSERVATIVE DENTISTRY

Vesela Radomirova, Natalia Kostadinova-Guneva

Department of Conservative Dentistry and Oral Pathology, Faculty of Dental Medicine,
Medical University of Varna

РЕЗЮМЕ

Директното пулно покритие (ДПП) представлява биологичен терапевтичен метод, насочен към запазване виталитета на зъбната пулпа след контролирана експозиция, причинена от кариозен процес или ятрогенна травма. Основната цел на тази процедура е да се създаде биологична и механична бариера между експонираната пулпа и оралната среда, предотвратявайки микробна инвазия и стимулирайки образуване на репаративен дентиноподобен мост.

Исторически, калциевият хидроксид ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) е бил стандартен материал за ДПП, но съвременните изследвания показват ограничена дълготрайна успеваемост и по-слабо структурирани мостове. Новите биосиликатни материали, като минерал триоксид агрегат (МТА) и биодентин (Biodentine), демонстрират по-добра биосъвместимост, стабилност и биологичен потенциал за регенерация.

Настоящата статия има за цел да представи обзор на литературните данни и сравнителен анализ на тези материали, обобщавайки техните състав, механизъм на действие и клинични резултати при ДПП.

ABSTRACT

Direct pulp capping (DPC) is a biological therapeutic method aimed at preserving the vitality of the dental pulp after controlled exposure caused by carious lesions or iatrogenic trauma.

The main goal of this procedure is to create a biological and mechanical barrier between the exposed pulp and the oral environment, preventing microbial invasion and stimulating the formation of a reparative dentin-like bridge. Historically, calcium hydroxide ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) has been the standard material for DPC; however, modern studies have demonstrated its limited long-term success and the formation of less structured dentin bridges. New bio-silicate materials, such as mineral trioxide aggregate (MTA) and Biodentine, exhibit better biocompatibility, stability, and biological potential for regeneration.

The present article aims to provide an overview of the available literature and a comparative analysis of these materials, summarizing their composition, mechanism of action, and clinical outcomes in DPC procedures.

Ключови думи: директно пулно покритие, ятрогенни грешки, МТА, биодентин, калций хидроксид

Keywords: direct pulp capping, iatrogenic errors, MTA, Biodentine, calcium hydroxide

ВЪВЕДЕНИЕ

Директно пулпно покритие (ДПП) е терапевтичен метод, при който биоматериал се поставя директно върху експонирана витална пулпа с цел да се стимулира репаративна минерализация на дентин, да се осигури биологична и физиологична бариера, която да предотврати микробна инвазия, да подпомогне възстановяване на пулпата и запази виталитета на зъба (1). Експонирана зъбна пулпа се наблюдава при: наличие на зъбен кариес, ятрогенни грешки и травма. Ятрогенните грешки възникват по време на препарация на кавитета при лечение на зъбен кариес поради грешка от страна на клинициста (2). Експозицията на пулпата винаги е свързана с възпалителна реакция със следния механизъм: хемостаза и образуване на кръвен съсирек, възпалителна реакция, последвана от клетъчно натрупване и миграция, и регенерация на тъканите (3).

Основният механизъм на ДПП се базира на стимулиране на пулпните прогениторни клетки, които под влияние на високо рН и калциеви йони се диференцират в одонтобластоподобни клетки и синтезират минерализирана матрица. Качеството на тази матрица (дентинов мост) е ключово за успеха на лечението (6).

През последните две десетилетия развитието на калциево-силикатните биоматериали, като минерал тироксид агрегат (МТА) и биодентин (Biodentine), революционизира подхода към ДПП, благодарение на тяхната висока биосъвместимост и способността да индуцират формирането на хидроксиапатит и да запазят пулпната виталност при дългосрочно проследяване (16,17).

ЦЕЛ

Целта на това проучване е да се систематизира цялата информация за материалите, използвани за директно пулпно покритие.

МАТЕРИАЛИ И МЕТОДИ

За създаване на обзора са разгледани статии и публикации и са обобщени резултати от изследвания по темата, които да спомогат избора на лечение.

ОСНОВНА ЧАСТ

1. Принципи и клинични индикации на ДПП

Директното пулпно покритие е показано при случаи на:

- ◆ малка експозиция на пулпа (≤ 1 mm) след кариозна или ятрогенна перфорация;
- ◆ витална пулпа без симптоми на необратим пулпит;
- ◆ възможност за постигане на надеждна хемостаза и херметично възстановяване (12).

Противопоказания са наличието на спонтанна болка, некроза, инфекция или затруднено осигуряване на изолация. Контролът на хемостазата, стерилната техника и изборът на подходящ материал са решаващи за успеха (1).

2. Калциев хидроксид ($\text{Ca}(\text{OH})_2$)

Калциевият хидроксид остава един от най-използваните материали повече от 80 години. Неговото високо рН (≈ 12.5) има антибактериален ефект и предизвиква контролирана коагулационна некроза на повърхността на пулпата, която стимулира освобождаване на растежни фактори (BMP, TGF- $\beta 1$) от дентиновата матрица и последваща минерализация, благодарение на отделянето на Ca^{2+} и OH^- йони (6).

Въпреки първоначалния успех, множество хистологични проучвания доказват, че дентиновите мостове, индуцирани от $\text{Ca}(\text{OH})_2$, често са атубуларни, с тунелни дефекти и непълна минерализация (6,14). Тези дефекти могат да служат като път за бактериална пенетрация и да компрометират дългосрочния резултат.

Дългосрочните клинични проучвания показват, че успеваемостта на $\text{Ca}(\text{OH})_2$ при ДПП варира между 60% и 85%, със значителен спад след третата година (13).

3. Минерален триоксиден агрегат (МТА)

МТА е хидравличен калциево-силикатен цимент, въведен в ендодонтската практика в края на 90-те години. Основните му компоненти включват Ca_3SiO_5 , Ca_2SiO_4 , CaSO_4 и бисмутов оксид (ProRoot MTA). При хидратация материалът образува калциево-силикатна хидратна (CSH) матрица и калциев хидроксид, който поддържа алкална среда и освобождава Ca^{2+} йони (18). Този процес сти-

мулира диференциацията на пулпните стволови клетки и формирането на хидроксипапитоподобни повърхности, които подобряват уплътняването между материала и дентиновата стена (15,18).

МТА показва клинична успеваемост 80-100% при проследяване от 6 до 36 месеца (12). Хистологично, мостовете са по-плътни, тубуларни и без тунелни дефекти, с минимално възпаление (10).

Недостатъци на МТА са дългото време на втвърдяване (до 2-3 часа) и възможността от дисколорация на зъба поради бисмутовия оксид. Въпреки това, неговите биологични и физико-химични предимства го правят златен стандарт сред биосиликатните материали.

4. Биодентин (Biodentine)

Биодентинът е по-нова генерация калциево-силикатен цимент със състав, подобен на МТА (трикалциев силикат, дикалциев силикат, калциев карбонат и CaCl_2 като ускорител) (19). Той се отличава с по-кратко време на втвърдяване (≈ 12 мин) и по-добра манипулативност (16). Биодентинът отделя високи концентрации на Ca^{2+} и Si^{4+} йони, стимулиращи експресията на остео/дентиногенни маркери (DSPP, DMP-1) и формирането на репаративен дентин (17). Хистологични изследвания показват по-дебели мостове (≈ 2.8 мм) и по-висок процент пълни мостове (80%) в сравнение с МТА (55%) (10).

Клинични данни демонстрират успеваемост между 91-94% след 12-18 месеца проследяване, сравнима с тази на МТА (8). Биодентинът се предпочита при естетични случаи поради липса на оцветяване и бързо клинично втвърдяване (9-12 мин).

5. Сравнителни данни и хистологични резултати:

Според Tabarsi et al. (2020) биодентинът образува дентинов мост с дебелина 2.85 ± 2.7 mm и 80% пълни мостове, докато при МТА тези стойности са съответно 0.4 ± 0.42 mm и 55%. $\text{Ca}(\text{OH})_2$ показва по-чести структурни дефекти и по-ниска успеваемост. Изследванията на Muruganandhan & Sujatha потвърждават по-доброто качество на мостовете при МТА и биодентин (14).

ДИСКУСИЯ

Сравнението между $\text{Ca}(\text{OH})_2$, МТА и биодентин показва ясно еволюцията от химичен към биологично активен подход в ДПП. Докато $\text{Ca}(\text{OH})_2$ осигурява основа за репарация, съвременните биосиликатни материали, като МТА и биодентин, осигуряват стабилна, биоинтегрирана и структурно цялостна бариера. Изследванията на Muruganandhan & Sujatha и Hoseinifar et al. потвърждават, че дебелината и плътността на дентиновия мост са значително по-високи при биосиликатите. МТА и биодентинът предизвикват по-слаба възпалителна реакция и по-ранна минерализация в сравнение с калциевия хидроксид (10,14).

Въпреки минималните разлики между МТА и биодентин по отношение на клиничната успеваемост, биодентинът има практически предимства: по-бързо втвърдяване, по-добра манипулация и по-нисък риск от оцветяване.

Ограниченията на наличните изследвания включват хетерогенност в дизайна, различни критерии за успех и кратък период на проследяване. Необходими са дългосрочни рандомизирани клинични проучвания с еднакви методологични стандарти, за да се формулират окончателни клинични препоръки.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Калциевият хидроксид остава полезен, но има ограничена дълготрайна ефективност и склонност към образуване на дефектни мостове. МТА показва отлична биосъвместимост и надеждно стимулира образуването на организиран дентинов мост. Биодентинът демонстрира клинична ефективност, сравнима с МТА, с предимства при манипулация и естетика. Поставяне на точна диагноза, познаване на процесите, протичащи в пулпата, стриктна изолация на работното поле, правилна техника на изпълнение, постигане на хемостаза са ключови за желаните резултати при използването и на трите вида материал.

Биосиликатните материали (МТА и биодентин) могат да се считат за материали от първи избор при ДПП в съвременната консервативна стоматология.

ЛИТЕРАТУРА

1. Islam R, Islam MRR, Tanaka T, Alam MK, Ahmed HMA, Sano H. Direct pulp capping procedures - Evidence and practice. *Jpn Dent Sci Rev.* 2023 Dec;59:48-61.
2. Komabayashi T., Zhu Q., Eberhart R., Imai Y. Current status of direct pulp-capping materials for permanent teeth. *Dent Mater J.* 2016;35:1-12.
3. Simon S., Smith A.J., Lumley P.J., Cooper P.R., Berdal A. The pulp healing process: from generation to regeneration. *Endod Top.* 2012;26:41-56.
4. Islam R., Toida Y., Chen F., Tanaka T., Inoue S., Kitamura T., et al. Histological evaluation of a novel phosphorylated pullulan based pulp capping material: an in vivo study on rat molars. *Int Endod J.* 2021;54:1902-1914.
5. Nuran Ulusoy. (2023) Current Approaches in Pulp Capping: A Review... *Cyprus J Med Sci* 2024;9(3):154-160
6. Cox CF, Sübay RK, Ostro E, Suzuki S, Suzuki SH. Tunnel defects in dentin bridges: their formation following direct pulp capping. *Oper Dent.* 1996 Jan-Feb;21(1):4-11.
7. Altan H, Tosun G. The setting mechanism of mineral trioxide aggregate. *J Istanbul Univ Fac Dent.* 2016 Jan 12;50(1):65-72.
8. Pinto KP, da Silva GR, Ferreira CMA, Sassone LM, da Silva EJNL. Success rate of direct pulp capping on permanent teeth using bioactive materials: a systematic review and meta-analysis of randomized clinical trials. *Restor Dent Endod.* 2024 Sep 6;49(4):e34.
9. Alp Ş, Ulusoy N. Current Approaches in Pulp Capping: A Review. *Cyprus J Med Sci.* 2024 Jun;9(3):154-160.
10. Hoseinifar R, Eskandarizadeh A, Parirokh M, Torabi M, Safarian F, Rahmanian E. Histological Evaluation of Human Pulp Response to Direct Pulp Capping with MTA, CEM Cement, and Biodentine. *J Dent (Shiraz).* 2020 Sep;21(3):177-183.
11. Nie E, Yu J, Jiang R, Liu X, Li X, Islam R, Alam MK. Effectiveness of Direct Pulp Capping Bioactive Materials in Dentin Regeneration: A Systematic Review. *Materials (Basel).* 2021 Nov 11;14(22):6811.
12. Brizuela C. et al. Direct Pulp Capping with Calcium Hydroxide, Mineral Trioxide Aggregate, and Biodentine in Permanent Young Teeth with Caries: A Randomized Clinical Trial. *J Endod.* 2017.
13. Hilton TJ. et al. Direct Pulp Capping Success and Calcium Hydroxide vs MTA. *JADA.* 2013. PMC3706175.
14. Muruganandhan J., Sujatha G. Comparison of Four Dental Pulp-Capping Agents in Human Teeth. *Appl Sci.* 2021;11:3045.
15. Chang SW. Chemical Characteristics of Mineral Trioxide Aggregate and Its Effect on Mineralization. *Int J Oral Sci.* 2012. PMC5137790.
16. Malkondu Ö. et al. A Review on Biodentine: Chemical and Biological Properties. *J Dent Res.* 2014. PMC5620936
17. Taha NA., Abdelkhader SZ. Regenerative potential of Biodentine and MTA as pulp capping materials. *Clin Oral Investig.* 2017.
18. Denitsa Zaneva-Hristova, Tsvetelina Borisova-Papancheva. Bioceramics in endodontics - advantages and disadvantages. *Известия на Съюза на учените - Варна. Серия медицина и екология.* 2018;23:141-146
19. T Borisova-Papancheva, V Panov, S Peev, G Papanchev. Root-end filling materials-review. *Scripta Scientifica Medicinæ Dentalis* 1 (1), 9-15, 2015

Адрес за кореспонденция:

Наталия Костадинова-Гунева
 Факултет по дентална медицина
 Медицински университет – Варна
 Бул. Цар Освободител 84
 Варна, 9002
 e-mail: dr.nkostadinova97@gmail.com
