

## Hemijske, fizičke i biološke osobine mineralnog trioksid agregata koje su važne za endodonciju

K. Cankar, J. Jan

**ABSTRAKT:** Mineralni trioksidni agregat (MTA) je prvo bio uveden u endodonciju za retrogradno punjenje pri apikotomiji. Kasnije, se njegova upotreba raširila na zatvaranje perforiranog korena, direktno prekrivanje i amputaciju zubne pulpe, kao i apeksifikaciju korenova. U poredjenju s drugim materijalima, koji se upotrebljavaju u te svrhe, MTA manje propušta bakterije, doseže istu ili veću tvrdoću, nije citotoksičan i ne prouzrokuje zapaljenje u tkivu, već pospešuje tkivnu obnovu. Slabe osobine su: dugo vreme stvrdnjavanja i malo protivbakterijsko dejstvo.

**Cljučne reči:** mineral trioksid agregat, endodontski tretman  
**Key words:** mineral trioxide aggregate, endodontic Treatment.

Odginalni naslov:

ZA ENDODONTIJO POMEMBNE KEMIČNE,  
FIZIKALNE IN BIOLOŠKE LASTNOSTI  
MINERALNEGA TRIOKSIDNEGA AGREGATA

*eng. (Mineral trioxide aggregate: chemical, physical and biological properties relevant for endodontics)*

**Uvod:** Mineralni trioksidni agregat (MTA) su u endodonciji prvo koristili kod apikotomija pri retrogradnom punjenju. Od tada se njegova upotreba proširila na zatvaranje perforiranog korena, direktno prekrivanje i amputaciju zubne pulpe, kao i apeksifikaciju.

### Hemijske i fizičke osobine MTA

2002. godine na tržištu se pored standardnog sivog MTA (Dentsply Tulsa Dental, USA) pojavio i beli MTA. U oba slučaja, zbog radionepropustljivosti, dodat je bizmutov oksid (Roberts i saradnici 2008). Razlika između sivog i belog MTA je: u belom MTA dikalcijum silikat je zamenjen trikalcijumovim silikatom i beli MTA ne sadrži gvožđe (Asgary i saradnici 2005.; Song i saradnici 2006.) Upoređivanjem je još utvrđeno da beli MTA ima manje čestice nego sivi. Isto tako beli MTA ima veću poroznost, veću rastvorljivost i manju kompresijsku tvrdoću.

Ustanovljeno je da sastav belog i sivog MTA jako sličan portlandskom cementu, ali ipak postoje neke razlike, koje je potrebno znati, kako se portlandski cement ne bi koristio kao jeftinija zamena za MTA. U poređenju sa portlandskim cementom MTA sadrži manje gipsa, koji utiče na vreme stvrdnjavanja, pa zbog toga ima duže radno vreme. MTA sadrži manju količinu teških, toksičnih metala, aluminijuma i kalijuma (Damascke i saradnici 2005).

Podaci proizvođača i brojnih studija o vremenu vezivanja MTA su veoma različiti. Proizvođač navodi vreme vezivanja od 10 minuta, a studije su utvrdile da je vreme vezivanja između 2 i 4 sata (Torabinejad i saradnici 1995.) Novija istraživanja pokazuju da proizvođači, menjanjem sastava pokušavaju ubrzati vreme vezivanja.

Kompresijska tvrdoća sivog MTA, dvadesetjedan dan po aplikaciji može da se meri sa zink-oksidi-eugenolnim materijalima, ali manja je od amalgama (Torabinejad i saradnici 1995.).Preoblikovanje strukture u samom materijalu se i dalje nastavlja, kompresijska tvrdoća MTA se u prisustvu vlage povećava i nekoliko dana po aplikaciji.Vrednost pH sveže zamešanog MTA je 10,2 i u toku vezivanja se povećava na 12,5 (Tronstad in Wennberg 1980).

Osobine vezanog MTA zavise od veličine čestica, odnosa između MTA i vode, temperature i zahvaćenog vazduha tokom mešanja (Lee i saradnici 2004).Prisutnost vlage tokom vezivanja povećava tvrdoću zato je preporučljivo postaviti vlažnu kuglicu vate na aplikovani MTA i preko njega postaviti materijal za privremeno zatvaranje kaviteta (Danesh i saradnici 2006;Walker i saradnici 2006).Na vreme stvrdnjavanja i kompresijsku tvrdoću MTA utiču razni materijali koje koristimo u endodonciji (Roberts i saradnici 2008.)Fiziološki rastvor i anestetik Lidokain produžuju vreme stvrdnjavanja , a natrijum hipohlorit smanjuje njegovu tvrdoću.U slučaju da pomešamo MTA sa hlorheksidin diglukonatom neće doći do stvrdnjavanja.Vodonik peroksid i ostatak kalcijum hidroksida u kanalu korena smanjuje jačinu veze između MTA i dentina.Jačinu veze takođe smanjuje kontaminacija dentina s krvlju,kao i prisutnost zapaljenskog procesa sa niskim pH.

Za cementiranje kočića MTA nije baš primeran,jačina veze je bolja pri upotrebi klasičnih materijala.Istraživanja su pokazala da MTA gradi bolju vezu kada su korenski kanali obrađeni ne samo ručno, već i ultrazvukom (Roberts i saradnici 2008.).

MTA ostvaruje bolje rubno zatvaranje u odnosu na amalgam, zink-oksidi-eugenolne preparate i glasjonomerne cimente.MTA je manje propustljiv za bakterije nego amalgam i zink-oksidi-eugenolni preparati, a ima istu propustljivost kao i glasjonomerni cementi.Na propustljivost utiču debljina materijala i vreme koje protekne od aplikacije samog materijala.Za dobro rubno zaptivanje je potrebno minimum 4mm MTA. Npropustljiv za tečnost i bakterije se javlja tek nakon nekoliko meseci , zato je neophodno dobro privremeno prekrivanje sveže postavljenog MTA (glasjonomer cement).U slučaju da MTA postavimo na živo tkivo,kao podlogu pod mestom aplikacije možemo koristiti preparat kolagena ili kalcijum sulfata, koji se resorbuje približno za četiri nedelje (Kratzman 2004;Bargholz 2005 ).Što se tiče razlike u propustljivosti belog i sivog za bakterije, mišljenja su podeljena.

### Biolška dejstva MTA

MTA je bikompatibilan materijal (nije citotoksičan) koga sve češće upotrebljavamo u endodonciji (Pitt Ford i saradnici 1996;Torabinejad i saradnici 1997.).Razliku u biokompatibilnosti, između belog i sivog MTA, istraživači nisu našli (Holland i saradnici 2001).Zamešani MTA preoblikuje se u koloidni gel s blago bazičnom pH, zbog čega MTA deluje protivbakterijski i pre nego što se stvrdne (Eldeniz i saradnici 2006.); a sprečava i razmnožavanje *Candide albicans*.

U kliničkoj praksi MTA pokazuje odlične osobine kao materijal za direktno prekrivanje zubne pulpe i uspešno zamenjuje kalcijum hidroksid , ne prouzrokuje lokalnu nekrozu pulpe,a i hronično zapaljenje zubne pulpe se ređe pojavljuje (Nair i

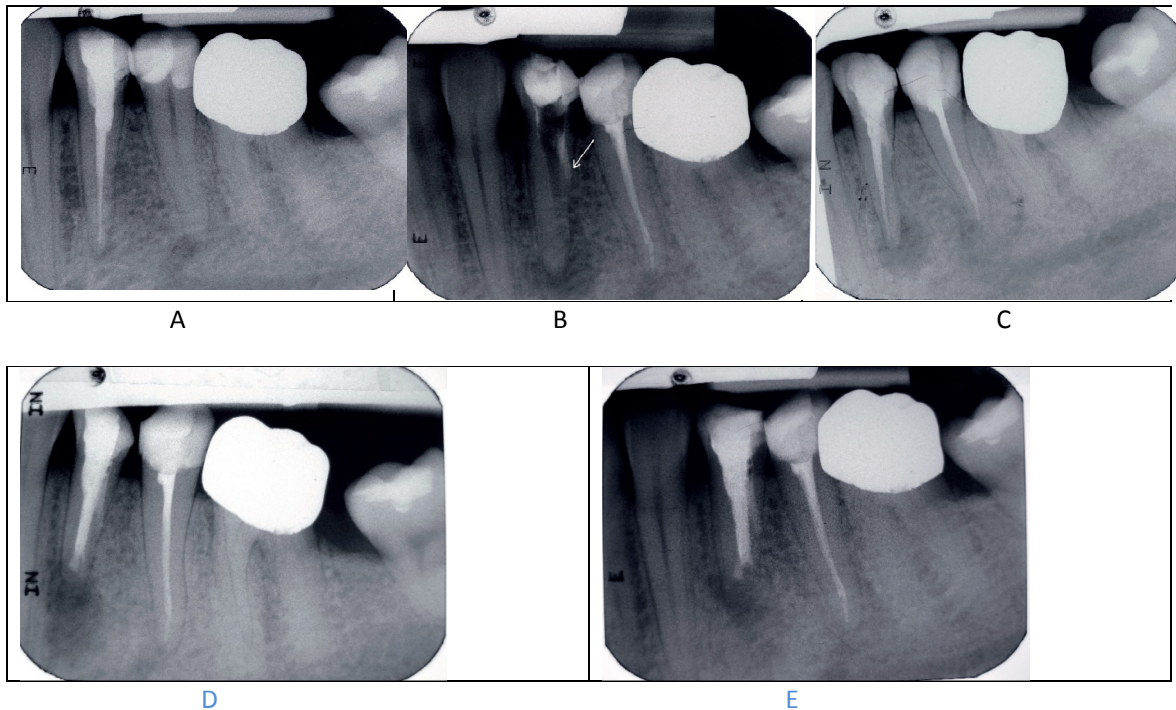
saradnici 2008.).Pored toga,stvora neprekinjenu dentinsku pregradu, koja je deblja nego pri aplikaciji kalcijum hidroksida.Prouzrokuje funkcionalne i citološke promene ćelija pulpe, kao i njihovu transformaciju u odontoblaste (Andelin i saradnici 2003.) koji izgrađuju fibrodentin odnosno reparativni dentin na površini eksponirane pulpe (Tziafas i saradnici 2002.).Ali MTA u pogledu protivbakterijskog dejstva je slabiji od kalcijum hidroksida.

MTA se upotrebljava i za prekrivanje amputirane pulpe kod mlečnih i stalnih zuba (Srinivasan i saradnici 2009).Ako ga aplikujemo u korenski kanal pospešuje izgradnju apeksa korena (Srinivasan i saradnici 2009).Njegova slaba strana je da ga ne mozemo ukloniti, kao što je to u slučaju upotrebe kalcijum hidroksida ili kod definitivnog punjenja korenskog kanala s AH-Plus pastom i gutaperkom.

Preliminarne studije su pokazale da MTA pokazuje promenljivu biokompatibilnost kada ga koristimo kod zatvaranja perforacija (Bargholz, 2005) i kod spoljašnje resorpcije korena (White i Bryant, 2002) kao i kod retrogradnog punjenja pri apikotomiji (Roberts i saradnici, 2008).U ovim slučajevima prouzrokuje nastanak kristala hidroksiapatita i posledično stvaranje periodontalne membrane, cementa i kosti.Na njegovoj površini se cement stvara nezavisno od prisustva cementa na površini zubnog korena u okolini (Torabinejad i saradnici, 1997; Pitt Ford i saradnici 1996). Obnova periodontalne membrane se verovatno temelji na dugotrajnom otpuštanju kalcijumovih jona (Takita i saradnici, 2006), koji utiču na proliferaciju fibroblasta (Zhu i saradnici, 2000; Balto, 2004; Bonson i saradnici, 2004).Obnova kosti se temelji na sposobnosti MTA da pozitivno utiče na diferencijaciju osteoblasta i osteoklasta(Mitchell i saradnici,1999; Andelin i saradnici, 2003).Potrebna su dodatna ispitivanja koja bi potvrdila upotrebu MTA u svakodnevnoj praksi.

### **PRIMER KLINIČKE UPOTREBE MTA**

Pacijentkinja H.B. je došla u Centar za bolesti zuba i endodonciju s uputnicom njenog stomatologa.Žalila se na bol u predelu zuba 34 i 35.Na osnovu rendenskog snimka, urađenog po dolasku, odlučili smo se prvo za ponovnu endodonsku terapiju zuba 34.Po punjenju zuba urađen je snimak i utvrđeno je periapikalno razređenje kosti na endodonsko lečenom zubu 34 i oko zuba 35 (Slika 1 A).Na osnovu rendenskog snimka, anamneze i kliničkog nalaza – negativnog testa vitaliteta odlučili smo se za endodonsko lečenje zuba 35, tri meseca kasnije je napunjen.Devet meseci po punjenju zuba 34,pacijentkinja se zbog bolova javila dežurnoj ambulanti, tamo su uklonili punjenje.Nekoliko dana po ukazanoj prvoj pomoći pacijentkinja se javila u našu ordinaciju.Zub 34 je bio otvoren.U toku endodonskog lečenje, koje je započeto odmah,otkrivena je perforacija u srednjoj trećini korena i u istoj seansi zatvorili smo s MTA (Slika 1 B).Do perforacije na zubu 34 je verovatno došlo pri pružanju prve pomoći u dežurnoj ambulanti.Takođe smo u toku lečenja posumnjali na postojanje lingvalnog (dodatnog ) kanala, koji je verovatno bio uzrok neuspeha pri prvom endodonskom lečenju.I pored korišćenja mikroskopa nismo uspeli lokalizovati dodatni kanal.Dva meseca po zatvaranju perforacije,napunili smo zub s AH-Plus pastom i gutaperkom (Slika 1C) i odlučili za apikotomiju.U toku intervencije videli smo i drugi, lingvalni kanal i oba kanala napunili s MTA (Slika 1 D).Na kontrolnom rendenskom snimku, godinu dana po apikotomiji, uočava se izgradnja nove kosti u predelu apeksa zuba 34, a distalno od perforacije nisu uočljivi patološki znaci(Slika1E).



**SLIKA 1:** pacijentkinja H.B., retroalveolarni snimak zuba 34 i 35 ; **A** – po punjenju zuba 34. Na apeksima korenova 34 i 35 vidi se razređenje kosti; **B** – po zatvaranju perforacije korena 34 s MTA. Zub 35 je definitivno napunjen. Srelica označava mesto perforacije; **C** – po punjenju zuba 34 s MTA. Osteoliza na apeksu zuba 34 je veća nego na slici 1A; **D** – po apikotomiji i retrogradnom punjenju oba kanala zuba 34 s MTA; **E** – kontrolni snimak urađen godinu dana po apikotomiji zuba 34 ne uočavaju se patološke promene. Osteoliza je vidno smanjena na apeksu zuba 34.

#### Reference

- Andelin WE, Shabahang S, Wright K, Torabinejad M. Identification of hard tissue after experimental pulp capping using dentin sialoprotein (DSP) as a marker. *J Endod* 2003; 29: 646--50.
- Asgary S, Parirokh M, Eghbal MJ, Brink F. Chemical differences between white and gray mineral trioxide aggregate. *J Endod* 2005; 31: 101--3.
- Balto HA. Attachment and morphological behavior of human periodontal ligament fibroblasts to mineral trioxide aggregate: a scanning electron microscope study. *J Endod* 2004; 30: 25--9.
- Bargholz C. Perforation repair with mineral trioxide aggregate: a modified matrix concept. *Int Endod J* 2005; 38: 59--69.
- Bonson S, Jeansonne BG, Lallier TE. Root-end filling materials alter fibroblast differentiation. *J Dent Res* 2004; 83: 408--13.
- Dammaschke T, Gerth HU, Züchner H, Schäfer E. Chemical and physical surface and bulk material characterization of white ProRoot MTA and two Portland cements. *Dent Mater* 2005; 21: 731--8.
- Danesh G, Dammaschke T, Gerth HU, Zandbiglari T, Schäfer E. A comparative study of selected properties of ProRoot mineral trioxide aggregate and two Portland cements. *Int Endod J* 2006; 39: 213--9.
- Eldeniz AU, Hadimli HH, Ataoglu H, Orstavik D. Antibacterial effect of selected root-end filling materials. *J Endod* 2006; 32: 345--9.
- Holland R, de Souza V, Murata SS, Nery MJ, Bernabé PF, Otoboni Filho JA, Dezan Júnior E. Healing process of dog dental pulp after pulpotomy and pulp covering with mineral trioxide aggregate or Portland cement. *Braz Dent J* 2001; 12: 109--13.
- Kratchman SI. Perforation repair and one-step

apexification procedures. Dent Clin North Am 2004; 48: 291--307.

Lee SJ, Monsef M, Torabinejad M. Sealing ability of a mineral trioxide aggregate for repair of lateral root perforations. J Endod 1993; 19: 541--4.

Lee YL, Lee BS, Lin FH, Yun Lin A, Lan WH, Lin CP. Effects of physiological environments on the hydration behavior of mineral trioxide aggregate. Biomaterials 2004; 25: 787--93.

Mitchell PJ, Pitt Ford TR, Torabinejad M, McDonald F. Osteoblast biocompatibility of mineral trioxide aggregate. Biomaterials 1999; 20: 167--73.

Nair PN, Duncan HF, Pitt Ford TR, Luder HU. Histological, ultrastructural and quantitative investigations on the response of healthy human pulps to experimental capping with mineral trioxide aggregate: a randomized controlled trial. Int Endod J 2008; 41: 128--50.

Pitt Ford TR, Torabinejad M, Abedi HR, Bakland LK, Kariyawasam SP. Using mineral trioxide aggregate as a pulp-capping material. J Am Dent Assoc 1996; 127: 1491--4.

Roberts HW, Toth JM, Berzins DW, Charlton DG. Mineral trioxide aggregate material use in endodontic treatment: a review of the literature. Dent Mater 2008; 24: 149--64.

Song JS, Mante FK, Romanow WJ, Kim S. Chemical analysis of powder and set forms of Portland cement, gray ProRoot MTA, white ProRoot MTA, and gray MTA-Angelus. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod 2006; 102: 809--15.

Srinivasan V, Waterhouse P, Whitworth J. Mineral trioxide aggregate in paediatric dentistry. Int J Paediatr Dent 2009 Jan; 19: 34--47.

Takita T, Hayashi M, Takeichi O, Ogiso B, Suzuki N, Otsuka K, Ito K. Effect of mineral trioxide aggregate on proliferation of cultured human dental pulp cells. Int Endod J 2006; 39: 41--22.

Mineral trioxide aggregate in the mandible of guinea pigs: a preliminary report. J Endod 1995; 21: 569--71.

Torabinejad M, Pitt Ford TR, McKendry DJ, Abedi HR, Miller DA, Kariyawasam SP. Histologic assessment of mineral trioxide aggregate as a root-end filling in monkeys. J Endod 1997; 23: 225--8.

Tronstad L, Wennberg A. In vitro assessment of the toxicity of filling materials. Int Endod J 1980; 13: 131--8.

Tziafas D, Pantelidou O, Alvanou A, Belibasakis G, Papadimitriou S. The dentinogenic effect of mineral trioxide aggregate (MTA) in short-term capping experiments. Int Endod J 2002; 35: 245--54.

Walker MP, Diliberto A, Lee C. Effect of setting conditions on mineral trioxide aggregate flexural strength. J Endod 2006; 32: 334--6.

White C Jr, Bryant N. Combined therapy of mineral trioxide aggregate and guided tissue regeneration in the treatment of external root resorption and an associated osseous defect. J Periodontol 2002; 73: 1517--21.

Zhu Q, Haglund R, Safavi KE, Spangberg LS. Adhesion of human osteoblasts on root-end filling materials. J Endod 2000; 26: 404--6.

**Doc. dr. Ksenija Cankar, dr. dent. med.,  
Inštitut za fiziologijo, Medicinska fakulteta v  
Ljubljani**

**Doc. dr. Janja Jan, dr. dent. med., Center  
za zobne bolezni in endodontijo, UKC Ljubljana**

Torabinejad M, Hong CU, Pitt Ford TR, Kariyawasam SP. Tissue reaction to implanted super-EBA and