
Endodontisk behandling med Mineral Trioxid Aggregat

PREBEN HØRSTED-BINDSLEV OG DAG ØSTAVIK

I mange år har amalgam med vekslende succes været det foretrukne materiale til apikal kavitetsaflukning efter rodspidsresektion. Af miljømæssige grunde har der været indført lovmæssige begrænsninger med det formål at udfase anvendelsen af kviksølv samtidig med, at der har været diskussion om risiko for sundhedsmæssige følger ved anvendelsen af amalgam. Materialer som forstærkede zinkilteeugenolcementer, glasionomercement og komposit plast har derefter været anvendt i de senere år. Disse materialer kan resultere i bedre forsegling af kaviteten, højere vellykkethedsprocent bedømt klinisk radiologisk, men nogle materialer er følsomme overfor fugt under placering og afbinding, og nogle kan være vanskelige at håndtere, hvorved resultatet ikke bliver optimalt. Mineral Trioxid Aggregat (MTA) blev udviklet i 1990'erne med det formål, at skabe et produkt med bedre forseglende egenskaber end de tidligere materialer, som har været brugt til kavitetsaflukning efter rodspidsresektion eller parietal perforation.¹ En række positive kasuistiske observationer efter behandling med MTA på disse indikationer medførte interesse for at udvide behandlingsspektret. I de seneste år er der derfor gennemført en række laboratorieforsøg og kliniske undersøgelser med forskellige variationer af MTA. Nærværende artikel vil belyse MTA's fysiske, kemiske og biologiske egenskaber samt vurdere mulige anvendelsesområder.

Fysisk-kemiske egenskaber

MTA består hovedsagelig af Portland Cement, som igen består af en blanding af tricalciumsilikat, dicalciumsilikat, tricalciumaluminat og tetracalciumaluminoferrit.^{2,3} I forhold til ren Portland Cement indeholder MTA mindre gips, hvilket er med til at forlænge afbindings- og arbejdstiden. Desuden er cementpartiklerne mindre og indeholder færre sporstoffer. Vismutoxid er tilsat for at forøge røntgenkontrasten, som er større end dentinets. Ved blanding med destilleret vand i forholdet 3 dele pulver til 1 del væske dannes efter 3-4 timers initialafbinding en hård cement. Afbindingstiden afhænger blandt andet af mængden af tilgængeligt vand under reaktionen, som medfører en let ekspansion. Maksimal styrke opnås først efter flere uger, dvs. at der pågår en kontinuerlig afbindingsproces ud over den initiale afbinding.

Persisterende bakterier i rodkanalsystemet er årsag til en manglende heling af periapikal inflammation (apikal parodontitis) efter rodbehandling. En let ekspansion af det materiale, som anvendes til apikal „forsegling“ efter rodspidsresektion kan derfor være hensigtsmæssig for at forhindre/mindske bakteriepenetration eller diffusion af toksiner eller substrat i mikrospalter mellem fyldningsmateriale og kanalvæg. Flere undersøgelser har da også vist, at MTA som fyldningsmateriale efter rodspidsresektion synes bedre at være i stand til at forhindre bakteriepenetration og væskediffusion end andre materialer, anvendt efter resektion som amalgam, IRM og super EBA.³

På markedet findes for nærværende 2 fabrikater, ProRoot (Dentsply, Konstanz, Tyskland) og MTA-Angelus (Angelus Dental Solutions, Londrina, Brasilien). ProRoot findes i 2 versioner, en grå og en hvid cement. Den grå er baseret på gråt havsand, og den hvide indeholder Aalborg White Portland Cement, som er baseret på hvidt flyvesand og indeholder mindre aluminium, jern og magnesium. Den hvide variant er markedsført af kosmetiske grunde. MTA-Angelus afbinder hurtigere og indeholder

større cementpartikler.⁴ Bortset fra, at den grå variant af ProRoot cement ekspanderer signifikant mere end den hvide variant,⁵ synes der ikke at være større forskelle i fysiske egenskaber mellem de forskellige fabrikater.

Under afbinding er ph målt til 10-12, hvorfor alle MTA materialer har antibakterielle egenskaber i hvert fald i nogle dage efter placering i vævet. Trykbrudstyrke er efter ca. 3 ugers afbinding på linje med de forstærkede zinkilteeugenolcementer. Imidlertid er push-out-modstand en mere relevant parameter end måling af trykbrudsstyrke, hvis MTA bruges som forsegling efter resektion eller ved parietale perforationer. Ved push-out-modstand forstås evnen til at modstå placering som følge af tryk på materialet. Aktuelt har dette betydning for, hvornår en permanent fyldning kan placeres ovenpå MTA fx ved lukning af en subpulpal perforation. Den forlængede afbindingsproces afspejler sig også i push-out modstand, idet denne er betydeligt større 21 dage efter end umiddelbart efter den initiale afbinding. I øvrigt nedsættes push-out-modstanden signifikant, hvis dentinen har været kontamineret med blod.⁶

Biologiske egenskaber

Selv om det var materialets forseglende evne, som først initierede arbejdet med MTA, er det de biologiske egenskaber, som har vakt størst interesse. Torabinejad og Pitt Ford gennemførte i 90'erne en serie studier over cytotoxicitet, mutagenicitet og vævsvenlighed og kunne konkludere, at materialet efter afbinding var uden vævsskadelige effekter, og at det tvært imod syntes at stimulere til vævsregeneration, når det blev placeret mod bindevævet i parodontiet. I studier, hvor materialet blev brugt som rodspidsfyldning på hunde, kunne de vise, at ny cement kunne vokse direkte på materialet og reetablere et parodontium i kontinuitet med det intakte parodontium lateralt på roden.⁷

Studierne blev fulgt op af en serie in-vitro tests, også over lækage og antibakteriel aktivitet, og resultater fra en række laboratorier har bekræftet de gode egenskaber.

Selve mekanismen bag de biologiske egenskaber er ikke godt klarlagt, men ny forskning peger på flere muligheder for hvordan MTA kan stimulere regenerationsprocesserne.

I dentinen findes proteiner og andre organiske komponenter med biologisk aktivitet. MTA placeret mod dentin bidrager til at udløse adrenomedullin, TGF- β 1, glykosaminoglykaner og non-kollagen-proteiner i tillæg til salte som calcium og kalium.⁸ I bindevævet nær MTA vil man se stoffer som nestin, osteonectin, osteocalcin og osteopontin.⁹ Udløsning af disse komponenter tænkes at bidrage til rekruttering af multipotente celler. Disse vil kunne udvikle sig til hårdvævsdannende celler af typen odontoblaste, cementoblaste, og osteoblaste, som netop skaber de hårdvævsbarrierer, man efterstræber i al endodontisk behandling.

MTA kan også indvirke på inflammationsprocesserne ved infektion af pulpa og det apikale periodontium. Materialet inducerer migration af neutrofile granulocytter og påvirker både makrofager og mastceller. Dette kan ske via øget koncentration af interleukin-1 β og antimakrofag-inflammatorisk protein-2 (MIP-2).¹⁰ Således er man begyndt at kortlægge vejen fra kemisk påvirkning med stoffer i MTA til rekruttering og aktivering af celler, som både stimulerer infektionsforsvar, og som initierer hårdvævsdannelse og regeneration.

Pulpaoverkapning

Endodontien starter med den kompromitterede pulpa. Forsøg på indirekte og direkte overkapning har været gjort til alle den moderne odontologis tider. I dag er standardbehandlingen altid pulpaoverdækning med calciumhydroxid, men brug af MTA i disse situationer synes meget løfterige. I en serie kasuistikker har Bo-

gen og medarbejdere¹¹ vist, at der kan opnås meget gode resultater med MTA som direkte overkapsningsmiddel. Sammenligninger af MTA med konventionel pulpaoverkapsning med calciumhydroxid, viser lige så gode eller en tendens til bedre resultater med MTA.¹²⁻¹⁴

Pulpotomi

Ved pulpotomi i det primære tandsæt tilstræbes det at bevare tanden – oftest en molar – uden smerter eller tydelige tegn på apikal infektion indtil fældning, eller indtil den permanente første molar har opnået okklusion. Det vil sige, at den behandlede tands funktionstid er begrænset til 6-8 år.

Formolcresol har i snart 80 år været det mest foretrukne medikament til pulpotomibehandling i det primære tandsæt, men også calciumhydroxidpræparater, zinkilteeugenolcement, kortikosteroid og ferrisulfat har været anvendt. Der har de seneste år været en del modstand mod brug af formolcresol på grund af formaldehyds toksiske egenskaber herunder mulige risici for karcinogene- og mutagene følger. I Danmark må formolcresol således kun anvendes efter særlig tilladelse. I sammenlignende klinisk-røntgentlogiske undersøgelser, hvor formolcresol og MTA har været anvendt i ikke symtomgivende primære molarer med dybe caries-angreb, har alle studier vist en vellykkethedsprocent lig med eller højere i MTA gruppen end i formolcresolgruppen.^{15,16}

Intern resorption er en ofte beskrevet komplikation efter pulpotomi i det primære tandsæt og hyppigst beskrevet efter behandling med calciumhydroxid og zinkilteeugenolcement, mindre hyppigt efter formolcresol.¹⁶ I en metaanalyse hvor behandling med MTA blev sammenlignet med formolcresol fandtes imidlertid signifikant færre tilfælde med interne resorptioner efter sårbehandling med MTA.¹⁷

I histologiske undersøgelser er restpulpa efter behandling med formolcresol devitaliseret i vekslende afstand fra formolcresol og

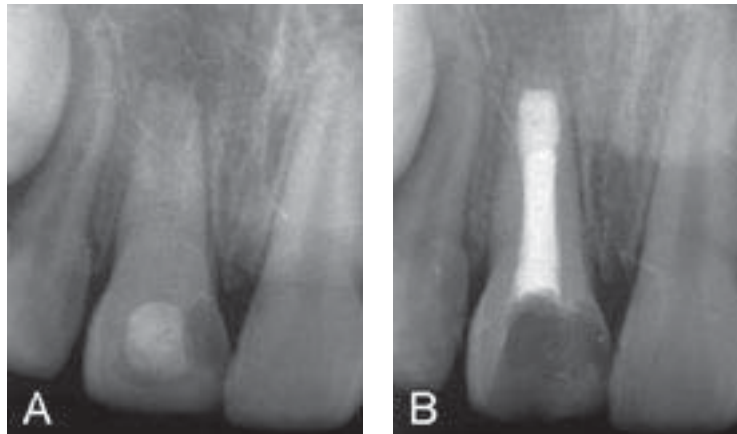
den øvrige restpulpa præget af let inflammation. Histologiske undersøgelser af vævsreaktioner i primære molarer på MTA er sparsomme. I to publikationer sås restpulpa præget af vekslende grader af hårdtvævsproduktion, dels i tæt relation til MTA, dels længere apikalt.³

Apeksificering

Rodbehandling af unge, rodåbne permanente tænder er en vanskelig udfordring. Baggrunden er traumer i fronttandsområdet og caries i præmolare og molarer. Efter udrensning giver kanalens form ved apex problemer, fordi det er vanskeligt at kondensere mod et stort blødtvævsareal og at sikre fuldstændig udfyldning af kanalen, som er større i diameter ved rodspidsen end længere koronalt. Ved såkaldt apeksificering stimuleres hårdtvævsdannelse apikalt, som muliggør en lukning/forsnævring af pulparummet, således at det bliver muligt at kondensere og sikre en tæt rodfyldning. Standardproceduren for apeksificering har været en langvarig behandling med kalciumhydroxid, som gerne skiftes flere gange. Endelig rodfyldning og færdigbehandling af tanden måtte vente til en solid barriere var dannet apikalt. Det tager typisk ca. 12 måneder, inden barrieren er stærk nok.¹⁸

Der er nu lanceret en behandlingsmetode, hvor MTA erstatter kalciumhydroxid. Her initieres hårdtvævsproduktionen af MTA, som imidlertid efterlades permanent i første seance (Fig. 1). Den endelige rodfyldning og topfyldning kan lægges, så snart MTA er stivnet, altså kun dage efter at behandlingen blev startet. Serier med kaser, som er behandlet med denne metode, viser resultater, som kan sammenlignes med de resultater, der er opnået med den langt mere tidskrævende procedure med kalciumhydroxid.¹⁹

Disse to figurer er kun 180 i opløsning, hvor de burde være ca. 300

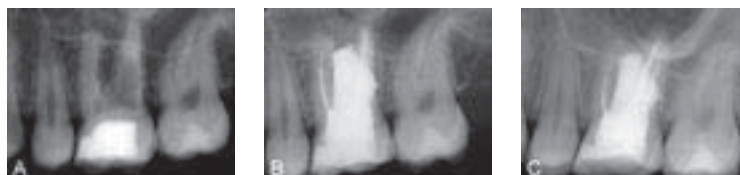


Figur 1: Apeksificering

- A) To år efter traume mod overkæbeincisiv og gentagne behandlinger med indlæg af calciumhydroxid ses parodontitis apicalis, og der er fistel fra området. Efter grundig udrensning og skylning fyldes den apikale del med MTA.
- B) Efter ca. 1 måned ses fortsat roddannelse, begyndende periapikal knogledannelse, og fistlen er lukket. Rodkanalen efterfyldes med termoplastisk materiale (kasus behandlet af J. Knudsen).

Reparation af perforationer

Et område, hvor MTA har vist specielt gode resultater, er behandling af parietale perforationer. Her har der knapt været nogen standard for materialevalg tidligere, og amalgam, IRM, glassionomer og komposit har været brugt med svært varierende resultater. MTA er nu ganske dominerende til dette formål, både ved laterale perforationer efter instrumentering af krumme og oblittererede kanaler og ved subpulpale perforationer under kavumpreparationer. Det er vist i mange kasuistikker og i kasis-serier, at en sådan behandling må anses som forudsigelig.²⁰ Dramatiske tilfælde, hvor flere millimeter af parietal knogle er eksponeret, har vist god tilheling røntgenologisk, og funktionen er bibeholdt uden kliniske symptomer (Fig. 2)



Figur 2:

Tilheling efter behandling med MTA af massiv parietal perforation

A) *Patienten blev henvist til specialklinik, efter at der var lavet en parietal perforation mellem den distale og den palatinale rod.*

B) *Tanden blev rodfyldt og perforationen repareret med MTA.*

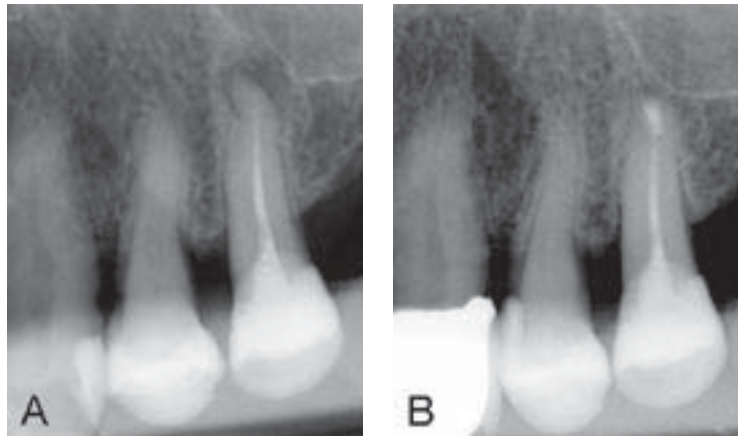
C) *Efter 2 år er tanden symptomfri og i normal funktion uden tegn på inflammation (kasus behandlet af M. Kleivmyr).*

Rodspidsresektion

Efter at amalgam nu ikke anvendes mere til fyldning af den apikale kavitet efter rodspidsresektion, har forstærkede zinkilteeugenol cementer som IRM og EBA været de mest foretrukne materialer, selvom også glasionomercement og plastmaterialer har været anvendt. Da MTA blev udviklet netop til lukning af parietale perforationer og kaviteter efter rodspidsresektion, er der udført en lang række klinisk røntgenlogiske undersøgelser, men meget få af disse har været prospektive og randomiserede.

I en mindre blindet undersøgelse, hvor resultat efter rodspidsresektion med MTA sammenlignedes med afglatning af den eksisterende rodfyldning, sås signifikant bedre resultat efter MTA (96% kontra 52%)²¹ (Fig. 3). I to større klinisk røntgenlogiske undersøgelser af heling efter rodspidsresektion, hvor MTA var sammenlignet med IRM, sås en højere vellykkethedsprocent på 92% i MTA-gruppen mod 87% i IRM-gruppen men ingen signifikant forskel.^{22,23}

Histologiske dyreeksperimentelle undersøgelser har fundet mindre periapikal inflammation og bedre heling i relation til apikale fyldninger med MTA end ved amalgam. Også sammenlignet med de forstærkede zinkilteeugenol cementer sås mindre peria-



Figur 3:

MTA som fyldning efter rodspidsresektion

A) Parodontitis apicalis omkring rodspidsen på tidligere rodfyldt præmolar i overkæben.

B) Tolv måneder efter rodspidsresektion og aflukning af apikal kavitet med MTA ses normale periapikale forhold (kasus behandlet af R. Christiansen).

pikal inflammation.^{2,24,25} Endvidere fandtes hyppigt cementliggende hårdtvævs apposition i umiddelbar relation til MTA.

Konkluderende synes MTA således på basis af nuværende resultater fra dyreeksperimentelle og klinisk røntgenologiske undersøgelser af en begrænset længde på ca. 2 år at være et velegnet materiale til fyldning af den apikale kavitet. Om MTA-cementerne er bedre end fx de forstærkede zinkilteeugenol-cementer, må flere velgennemførte langtidsstudier vise.

Håndtering på klinikken

MTA pulver (ProRoot) leveres i små fugttætte poser sammen med sterilt vand i afmålt mængde og forseglet i ampuller. Pulver og væske blandes omhyggeligt på steril plade i 30 sekunder.⁴

Konsistensen skal være som fugtet strandsand. Ofte vil cementen hurtigt føles for tør pga. vandfordampning; konsistensen kan så justeres med et par dråber sterilt vand. Cementen kan appliceres i kaviteten med en speciel pistol, eller med MTA specialstopper. Stopperne kan også anvendes til en let kondensering. Ved direkte overkapning og pulpotomi anbefales en lagtykkelse af MTA på 2 mm.²⁶ Ved rodspidsresektion præpareres en apikal kavitet på mindst 3 mm, som fyldes med MTA. Pistolens rør er ikke bøjeligt, hvilket kan vanskeliggøre applicering i nogle kirurgiske situationer. I det hele taget kræver det nogen øvelse at håndtere og placere cementen. Ved rodfyldning apikalt i rodåbne tænder anbefales en tykkelse på ca. 5 mm. for at minimere mikrolækage.³ At placere og kondensere MTA apikalt selv i brede og rodåbne kanaler kan også være vanskeligt. Nogle klinikere har fortyndet MTA til sealer-konsistens og placeret MTA med en rodspiral. Andre anbefaler at kondensere MTA i normal konsistens ved hjælp af en guttaperka point, tilpasset den apikale diameter,²⁷ og atter andre kondenserer ved indirekte brug af ultralyd, hvor en lille stopper bringes i kontakt med MTA, og denne derefter „aktiveres“ ved kontakt til et ultralydsapparat.²⁸

Som det fremgår, forsøges placering og kondensering løst på forskellig vis, uden at man i øjeblikket kan fastlægge en „golden standard“.

Da cementen kræver fugt for at afbinde, og den først er initialt afbundet efter ca. 4 timer, har man diskuteret nødvendigheden af at placere fugtet gaze ovenpå cementen efter direkte overkapning eller pulpotomi især i tilfælde, hvor en efterfølgende fyldning medfører kondenseringstryk. Der er ikke konsensus om dette spørgsmål.^{3,29} Flere angiver imidlertid, at dentinen i kavitet eller rodkanal bør være fugtig inden MTA placeres, og da rodfyldning først laves efter 24 timer, lægges ofte en fugtet vatpellet eller paperpoint i kanalen i det første døgn. Det frarådes at anvende EDTA som sidste skyllemiddel inden applicering af MTA i rodkanaler, da rester af EDTA kan interferere med cementens afbinding.³⁰ Blanding med chlorhexidin synes

derimod ikke at have nogen effekt på tætheden af den lagte fyldning.³¹

At bruge MTA rutinemæssigt som konventionel rodfylningscement er ikke indiceret pga. store vanskeligheder med fjernelse ved en eventuel revision. Men det kan synes nærliggende at forsøge udvikling af en rodfyldningssealer, som kan anvendes sammen med points, og som er baseret på MTA. Indledende tæthedsundersøgelser med en sådan eksperimentel calcium-silikat sealer er publiceret men endnu ikke kommercielt tilgængelig.^{32,33}

Konklusioner

MTA repræsenterer et meget lovende skridt fremad indenfor et i forvejen anerkendt princip for hårdtvævsregeneration, idet materialets virkningsmekanismer synes at være nært beslægtede med kalciumhydroxidets, men med teknologiske såvel som biologiske fordele. Selvom cementen har vist meget positive resultater indenfor en lang række anvendelsesområder, hvor hårdtvævsdannelse er ønskværdigt, er der endnu uafklarede spørgsmål bl.a. mht. kliniske problemsstillinger, men forskning indenfor området er intensiv og resultaterne lovende.

LITTERATUR

1. Torabinejad M, Watson TF, Pitt Ford TR. Sealing ability of a mineral trioxide aggregate when used as a root end filling material. *J Endod* 1993; 19: 591-5.
2. Camilleri J, Pitt Ford TR. Mineral trioxide aggregate: a review of the constituents and biological properties of the material. *Int Endod J* 2006; 39: 747-54.
3. Roberts HW, Toth JM, Berzins DW, Charlton DG. Mineral trioxide aggregate material use in endodontic treatment: A review of the literature. *Dental Materials* 2008; 24: 149-64.

4. Løvschall H, Christiansen R, Hørsted-Bindslev P. Mineral trioxide aggregate – sammensætning, egenskaber og håndtering. *Tandlægebladet* 2008; 112: 5: 410-9.
5. Storm B, Eichmiller FC, Tordik PA, Goodell GG. Setting expansion of gray and white mineral trioxide aggregate and Portland cement. *J Endod* 2008; 34: 80-2.
6. Van der Weele RA, Schwartz SA, Beeson TJ. Effect of blood contamination on retention characteristics of MTA when mixed with different liquids. *J Endod* 2006; 32: 421-4.
7. Torabinejad M, Hong CU, Lee SJ, Monsef M, Pitt Ford TR. Investigation of mineral trioxide aggregate as a root-end filling in dog. *J Endod* 1995; 21: 603-8.
8. Tomson PL, Grover LM, Lumley PJ, Sloan AJ, Smith AJ, Cooper PR. Dissolution of bio-active dentine matrix components by mineral trioxide aggregate. *J Dent* 2007; 35: 636-42.
9. Kuratate M, Yoshiba K, Shigetani Y, Yoshiba N, Ohshima H, Okiji T. Immunohistochemical analysis of nestin, osteopontin, and proliferating cells in the reparative process of exposed dental pulp capped with mineral trioxide aggregate. *J Endod* 2008; 34: 970-4.
10. Gomes AC, Filho JE, de Oliveira SH. MTA-induced neutrophil recruitment: a mechanism dependent on IL-1beta, MIP-2, and LTB4. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2008;106:450-6.
11. Bogen G, Kim JS, Bakland LK. Direct pulp capping with mineral trioxide aggregate: an observational study. *J Am Dent Assoc.* 2008;139: 305-15. Erratum in: *J Am Dent Assoc.* 2008 ;139: 541.
12. Qudeimat MA, Barrieshi-Nusair KM, Owais AI. Calcium hydroxide vs mineral trioxide aggregates for partial pulpotomy of permanent molars with deep caries. *Eur Arch Paediatr Dent.* 2007; 8: 99-104.
13. Tuna D, Olmez A. Clinical long-term evaluation of MTA as a direct pulp capping material in primary teeth. *Int Endod J* 2008; 41: 273-8.
14. 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* 2009; 42: 422-44.

15. Fuks AB. Vital pulp therapy with new materials for primary teeth: New directions and treatment perspectives. *J Endod* 2008; 34: 18-24.
16. Mejarè I. Endodontics in primary teeth. I: Bergenholtz G, Hørsted-Bindslev P, Reit C, eds. *Textbook of Endodontology*. Oxford: Wiley-Blackwell; in press.
17. Peng L, Ye L, Tan H, Zhou X. Evaluation of the formocresol versus mineral trioxide aggregate primary molar pulpotomy: a meta-analysis. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2006; 102: 40-4.
18. Dominguez Reyes A, Muñoz L, Aznar T. Study of calcium hydroxide apexification in 26 young permanent incisors. *Dent Traumatol* 2005; 2: 141-5.
19. Simon S, Rilliard F, Berdal A, Machtou P. The use of mineral trioxide aggregate in one-visit apexification treatment: a prospective study. *Int Endod J* 2007; 40: 186-97
20. Pace R, Giuliani V, Pagavino G. Mineral trioxide aggregate as repair material for furcal perforation: case series. *J Endod* 2008; 34: 1130-3.
21. Christiansen R, Kirkevang LL, Hørsted-Bindslev P, Wenzel A. Randomized clinical trial of root-end resection followed by root-end filling with mineral trioxide aggregate or smoothing of the orthograde gutta-percha root filling – 1 – year follow up. *Int Endod J* 2009; 42: 105-14.
22. Chong BS, Pitt Ford TR, Hudson MB. A prospective clinical study of mineral trioxide aggregate and IRM when used as root-end filling materials in endodontic surgery. *Int Endod J* 2003; 36: 520-6.
23. Lindeboom JAH, Frenken JWFH, Kroon FHM, van den Akker HP. A comparative prospective randomized clinical study of MTA and IRM as root-end filling materials in single-rooted teeth in endodontic surgery. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol and Endod* 2005; 100: 459-500.
24. Bernabé PFE, Gomes-Filho JE, Rocha WC, Nery MJ, Otoboni-Filho JA, Dezan-Júnior E. Histological evaluation of MTA as a root-end filling material. *Int Endod J* 2007; 40: 758-65.
25. Tawil PZ, Trope M, Curran AE, Caplan DJ, Kirakozova A, Duggan

- DJ, Teixeira FB. Periapical microsurgery: An in vivo evaluation of endodontic root-end filling materials *J Endod* 2009; 35: 357-62.
26. Witherspoon DE. Vital pulp therapy with new materials: New directions and treatment perspectives – permanent teeth. *J Endod* 2008; 34: 25-8.
27. Pradhan DP, Chawla HS, Gauba K, Goyal A. Comparative evaluation of endodontic management of teeth with unformed apices with mineral trioxide aggregate and calcium hydroxide. *J Dent Child* 2006; 73: 79-85.
28. Holden DT, Schwartz SA, Kirkpatrick TC, Schindler WG. Clinical outcomes of artificial root-end barriers with mineral trioxide aggregate in teeth with immature apices. *J Endod* 2008; 34: 812-7.
29. Sluyk SR, Moon PC, Hartwell GR. Evaluation of setting properties and retention characteristics of mineral trioxide aggregate when used as a furcation perforation repair material. *J Endod* 1998; 24: 768-71.
30. Lee YL, Lin FH, Wang WH, Ritchie HH, Lan WH, Lin CP. Effects of EDTA on the hydration mechanism of mineral trioxide aggregate. *J Dent Res* 2007; 86: 534-8.
31. Shahi S, Rahimi S, Yavari HR, Shakouie S, Nezafati S, Abdollahi M. Sealing ability of white and grey mineral trioxide aggregate mixed with distilled water and 0,12 % chlorhexidine gluconate when used as root-end filling materials. *J Endod* 2007; 33: 1429-32.
32. Weller RN, Tay, KCY, Garrett LV, Mai S, Primus CM, Gutmann JL, Pashley DH, Schor AM. Assessment of vascularity as an index of angiogenesis in periradicular granulomas. Comparison with oral carcinomas and normal tissue counterparts. *Int Endod J* 2008; 41: 977-86.
33. Huffmann BP, Mai S, Weller RN, Primus CM, Gutmann JL, Pashley DH, Tay FR. Dislocation resistance of ProRoot Endo Sealer, a calcium silicate-based root canal sealer, from radicular dentine. *Int Endod J* 2009; 42: 34-46.