

# 12

## Klinische toepassingen van *mineral trioxide aggregate* in de endodontologie

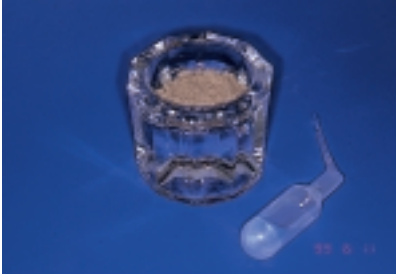
M.H. Ree

### Inleiding

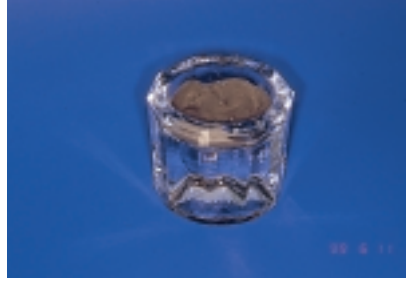
*Mineral trioxide aggregate* of kortweg MTA (ProRoot, Dentsply Tulsa Dental, Tulsa OK, Verenigde Staten) werd in 1993 voor het eerst beschreven in de tandheelkundige literatuur door Lee et al. (1993). Het materiaal kent sindsdien vele toepassingen in conventionele en chirurgische endodontische behandelingen en werd in 1998 goedgekeurd door de Amerikaanse *Food and Drug Administration*. De toepassingen die in de literatuur zijn beschreven omvatten directe pulpa-overkappingen (Pitt Ford et al., 1996; Eidelman et al., 2001; Tziafas et al., 2002), retrograde vullingen (Torabinejad et al., 1993; Wu et al., 1998; Schwartz et al., 1999), reparatie van perforaties (Lee et al., 1993; Schwartz et al., 1999) en apexificaties (Shabahang et al., 1999; Schwartz et al., 1999). Het is een materiaal dat een verbetering lijkt te zijn ten opzichte van andere materialen die voor bovengenoemde indicaties werden gebruikt door zijn biocompatibiliteit, goede afsluitende eigenschappen en het vermogen om uit te harden in de aanwezigheid van vocht. Hierna worden de fysische en chemische eigenschappen van het materiaal besproken alsmede de klinische eigenschappen. Tevens wordt een aantal casussen besproken om het gebruik van MTA te illustreren.

### Samenstelling, chemische en fysische eigenschappen

MTA is een hydrofiel poeder (afb. 1) waarvan de belangrijkste bestanddelen een aantal minerale oxiden zijn: tricalciumsilicaat, tricalciumaluminaat, tricalciumoxide, silicaatoxide, kleine hoeveelheden andere minerale oxiden, bismutoxide. Het laatste is toegevoegd om MTA een bepaalde radio-opaciteit te geven. Het hydrofiel poeder wordt gemengd met een vloeistof (steriel water) en vervol-



AFBEELDING 1 MTA in dappenglaasje.



AFBEELDING 2 MTA aangemaakt met steriel water.

gens verandert het materiaal in een consistentie die zich het best laat omschrijven als nat zand (afb. 2). MTA heeft drie uur nodig om volledig uit te harden en heeft dan een pH van 12,5. Het heeft een lage oplosbaarheid en geringe druksterkte (Torabinejad et al., 1995b).

Er is druk gespeculeerd over de precieze samenstelling van MTA. Er verschijnen steeds meer onderzoeken (Holland et al., 2001) die aantonen dat MTA zeer sterke overeenkomsten vertoont met Portland-cement (metselspecie).

### ***Lekvrije afsluiting***

Een van de belangrijkste eigenschappen van een materiaal dat gebruikt wordt voor directe overkappingen, apexificaties, retrograde vullingen en het sluiten van perforaties is het vermogen een lekvrije afsluiting te bewerkstelligen. Uit onderzoek blijkt dat MTA een goede lekvrije afsluiting kan creëren (Torabinejad et al., 1993) die ten minste een jaar standhoudt (Wu et al., 1998). In een onderzoek waarin de marginale adaptatie van retrograde vullingen van MTA werd vergeleken met die van amalgaam, Super-EBA en IRM bleek dat er geen randspleten werden gevonden bij MTA-vullingen, terwijl de andere onderzochte retrograde vullingen deze wel hadden. Uit sommige onderzoeken komt naar voren dat MTA een even goede afsluiting kan creëren als Super-EBA, glasionomeercement, amalgaam en composiet. Uit andere lekkageonderzoeken blijkt dat MTA superieur is aan amalgaam, Super-EBA en IRM (Torabinejad et al., 1993; Wu et al., 1998).

### ***Antimicrobiële eigenschappen***

In een onderzoek van Torabinejad et al. (1995c) werden de antimicrobiële eigenschappen van MTA vergeleken met die van amalgaam, Super-EBA en een zinkoxide-eugenolcement. MTA had een antibacterieel effect op vijf van de negen onderzochte facultatief anaërobe bacteriën en geen effect op de strikt anaërobe bacteriën. De andere materialen vertoonden soortgelijke effecten. Er

werd geconcludeerd dat geen enkel materiaal in staat was alle onderzochte bacteriën in hun groei te remmen.

### ***Biocompatibiliteit***

Uit diverse in-vivo- en in-vitro-onderzoeken blijkt dat MTA een zeer biocompatibel materiaal is. MTA is minder cytotoxisch dan amalgaam, Super-EBA en IRM. Uit verschillende dieronderzoeken kwam de conclusie naar voren dat MTA, wanneer het geïmplant werd in cavia's, honden en apen meer biocompatibel was dan amalgaam, IRM en Super-EBA. In alle gevallen was er een zeer gunstige weefselreactie als MTA in direct contact werd gebracht met levend weefsel. Uit onderzoeken met apen en honden bleek dat wortelcement direct over MTA kon groeien. MTA is niet mutageen en lijkt niet alleen een inert materiaal te zijn, maar ook een biologische respons in gang te kunnen zetten. In-vitrostudies met humane osteoblasten toonden aan dat MTA het vrijkomen van cytokinen (Koh et al., 1997) en de productie van interleukine stimuleerde en dat adhesie en verspreiding van osteoblasten op MTA als retrograad vulmateriaal plaatsvond. Een onderzoek met humane parodontaal-ligamentfibroblasten toonde aan dat MTA minder cytotoxisch is dan Super-EBA en amalgaam. In een onderzoek van Tziafas et al. (2002) werd aangetoond dat MTA als overkappingsmateriaal cytologische en functionele veranderingen in pulpacellen bewerkstelligt, die resulteren in de vorming van fibrodentine en reparatief dentine aan het oppervlak van de geëxponeerde pulpa.

### ***In-vivo-onderzoek***

In een onderzoek naar directe pulpaoverkappingen bij apen werd aangetoond dat MTA minder ontsteking en een betere dentinebrugvorming gaf dan  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  (Pitt Ford et al., 1996). Een soortgelijke studie bij honden liet dezelfde resultaten zien. Uit een ander onderzoek naar de reactie van mechanisch geëxponeerde pulpae bij apen bleek dat MTA een effectief overkappingsmateriaal is dat in staat is de vorming van reparatief dentine te stimuleren (Tziafas et al., 2002). Eidelman et al. (2001) vergeleken het gebruik van MTA en formocresol bij pulpotomieën in melkmolaren. De onderzoekers vonden na een follow-up van zes tot dertig maanden geen röntgenologische afwijkingen en geen klinische symptomen bij de elementen die met MTA waren behandeld.

Een onderzoek naar de reparatie van perforaties in furcaties bij honden liet zien dat MTA veel geschikter is om perforaties te repareren dan amalgaam, vooral als de perforatie meteen werd gesloten. Andere onderzoekers vergeleken MTA en een calciumhydroxidecement (Sealapex), wanneer deze materialen gebruikt werden om laterale perforaties bij honden te sluiten. De meerderheid

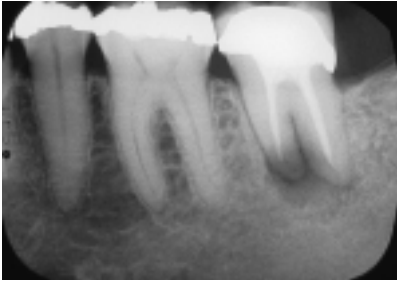
van de met MTA behandelde elementen was ontstekingsvrij en liet afzetting van cement direct over MTA zien, dit in tegenstelling tot de Sealapex-groep. In een aantal casereports werd aangetoond dat MTA in staat is perforaties zodanig af te sluiten dat ingroei van bot kon plaatsvinden.

Shabahang et al. (1999) vergeleken MTA, osteogenic protein-1 en  $\text{Ca(OH)}_2$  in apexificaties bij honden. Ze concludeerden dat MTA consistentier leidde tot de vorming van een apicale barrière dan de andere onderzochte materialen. In een onderzoek bij honden werd MTA als wortelkanaalcement gebruikt in combinatie met gutta percha en dit werd vergeleken met glasionomeercement. Bij MTA bleken er geen ontstekingsreacties van het periapicale weefsel geconstateerd te zijn en bij alle elementen had een volledige afsluiting van de foramina plaatsgevonden. Dit in tegenstelling tot de groep die met glasionomeercement was gevuld. Tot slot laat een aantal casereports (Schwartz et al., 1999) zien dat MTA met succes als apicale barrière bij apexificaties kan worden gebruikt.

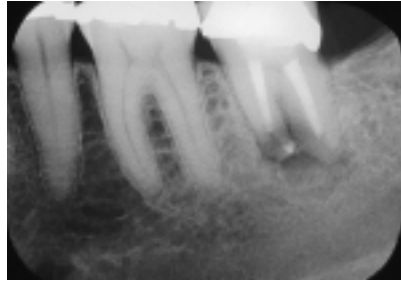
## Casuïstiek

### *Casus 1*

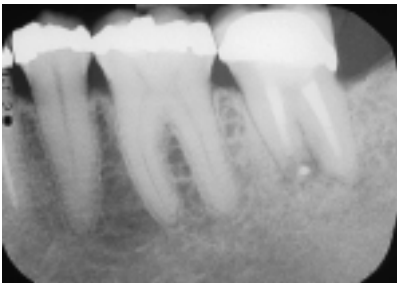
Een 52-jarige vrouw werd verwezen in verband met persisterende klachten in de regio 36-37, uitstralend naar het oor. De wortelkanaalbehandeling was uitgevoerd in 1990, gevolgd door een apexresectie in 1995. Bij intraoraal onderzoek bleek de 36 positief te reageren op de koudetest, de 37 was pijnlijk bij percussie. De röntgenfoto liet een radioluentie zien ter plaatse van de radices van de 37 (afb. 3). De diagnose luidde pijnlijke parodontitis apicalis van de 37 en er werd besloten een revisie van de wortelkanaalbehandeling uit te voeren. Na isolatie met behulp van rubberdam werd een endodontische opening in het occlusale vlak van de goud-porselein kroon gemaakt. Het bestaande vulmateriaal werd verwijderd met chloroform en mechanische instrumentatie. Na elektronische lengtebepaling en aan de hand van twee lengtefoto's bleken alle kanalen wijdopen apices te hebben, waarschijnlijk als gevolg van de apexresectie zonder retrograde afsluiting. Na instrumentatie en ultrasone irrigatie met 2,5 procent natriumhypochloriet en 17 procent EDTA werden de kanalen gedroogd met papierstiften. Er werd een extraradiculaire matrix aangebracht van calciumsulfaat 98 procent om zo een stop te creëren waartegen MTA kon worden aangebracht. MTA werd apicaal in het kanaal gebracht met een messing gun en dikke papierstiften. Omdat MTA een vochtige omgeving nodig heeft om uit te harden, werden er vochtige wattenpellen in de kanalen aangebracht. Het element werd tijdelijk



AFBEELDING 3 Parodontitis apicalis 37.



AFBEELDING 4 Apicale afsluiting met MTA, overig deel van kanalen gevuld met gutta percha en wortelkanaalcement.



AFBEELDING 5 Controle na één jaar, voortgaande genezing parodontitis apicalis 37.

afgesloten met Cavit. De behandeling werd uitgevoerd met een operatiemicroscoop. Een week later werd gecontroleerd of de MTA goed was uitgehard en werd het middelste en coronale deel van de kanalen gevuld met gutta percha en wortelkanaalcement en de endodontische opening werd geres- taureerd met een adhesieve composietrestauratie (afb. 4). Bij controle een jaar later (afb. 5) bleek de radiolucentie aanmerkelijk in omvang te zijn afgenomen, hetgeen indicatief is voor een voortgaande genezing van de parodontitis apicalis.

### **Casus 2**

Bij een 12-jarig meisje werd agenesie van de 45 geconstateerd. Op verzoek van de behandelend orthodontist werd in juni 2000 een autotransplantatie uitge- voerd waarbij de 14 op de plaats van de 45 werd gezet. Enige maanden later ont- stond er een fistel uitgaande van de getransplanteerde 14 en werd er een paro- dontitis apicalis met een fistel van de 14 gediagnosticeerd (afb. 6 en 7). Er waren geen klachten. De patiënt werd verwezen naar een endodontoloog om een apexificatie te laten uitvoeren.

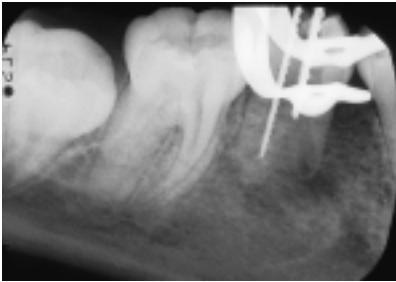
Na isolatie met behulp van rubberdam werd een endodontische opening in het occlusale vlak gemaakt en werden de kanalen geïnstrumenteerd (afb. 8) en overvloedig ultrasoon geïrrigeerd met natriumhypochloriet 2,5 procent. De



AFBEELDING 6 Fistel ter plaatse van getransplanteerde 14.



AFBEELDING 7 Fistel getraceerd met gutta-percha point.



AFBEELDING 8 Lengtefoto.

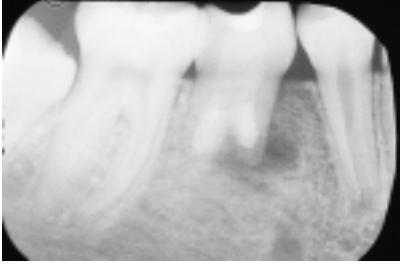


AFBEELDING 9 Fistel verdwenen na insluiten  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ .

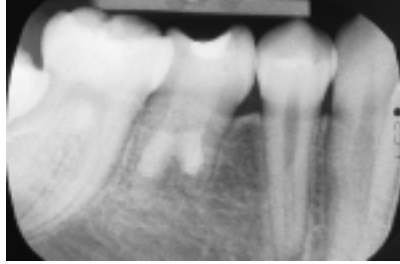
behandeling werd uitgevoerd met een operatiemicroscop. Omdat er veel bloed en exsudaat uit de kanalen kwam, werd besloten calciumhydroxide in te sluiten. Een week later bleek de fistel verdwenen (afb. 9) en werden de kanalen gevuld met MTA na het aanbrengen van een extraradiculaire matrijs van calciumsulfaat 98 procent. In de daaropvolgende zitting werd het coronale deel van de kanalen opgevuld met een adhesieve composietrestauratie die direct tegen de uitgeharde MTA werd aangebracht (afb. 10). Acht maanden later bleek de parodontitis apicalis volledig te zijn genezen (afb. 11).

### **Casus 3**

Een 16-jarig meisje werd verwezen door haar tandarts omdat een poging tot apexificatie van de 11 met calciumhydroxide na drie jaar nog niet het beoogde resultaat had opgeleverd. Acht jaar geleden waren de beide centrale incisieven geluxeed ten gevolge van een trauma. Na een aantal jaren bleek de pulpa van de 11 necrotisch geïnfecteerd te zijn en sinds enige tijd was er ook een fistel aanwezig. De patiënt werd orthodontisch behandeld in verband met ruimtegebrek van de bovencuspидaten.



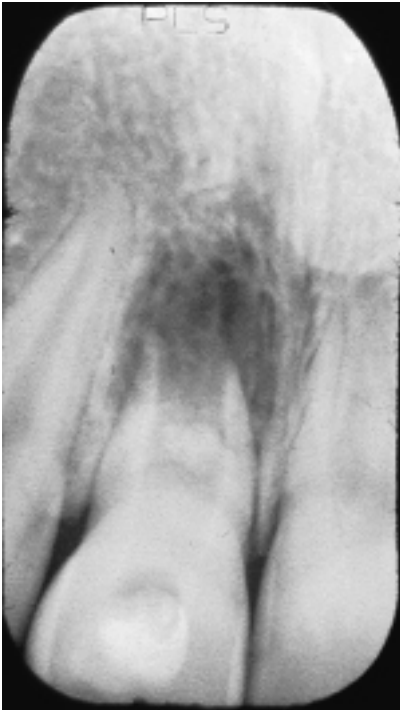
AFBEELDING 10 Eindfoto, kanalen gevuld met MTA en composiet.



AFBEELDING 11 Controle na acht maanden, genezing parodontitis apicalis.

De diagnose werd gesteld op een parodontitis apicalis met een fistel van de 11 (afb. 12) en de voorgestelde behandeling bestond uit een apicale afsluiting van de radix van de 11 met MTA.

Na isolatie met behulp van rubberdam werd de  $\text{Ca(OH)}_2$  verwijderd met behulp van overvloedige ultrasonische irrigatie met 2,5 procent natriumhypochloriet. Omdat tijdens instrumentatie (afb. 13) bleek dat het periapicale weefsel heftig bloedde, werd er  $\text{Ca(OH)}_2$  ingesloten en een temporaire restauratie aan-



AFBEELDING 12 Parodontitis apicalis 11.



AFBEELDING 13 Lengtefoto 11.



AFBEELDING 14 *Matrijs calciumsulfaat.*



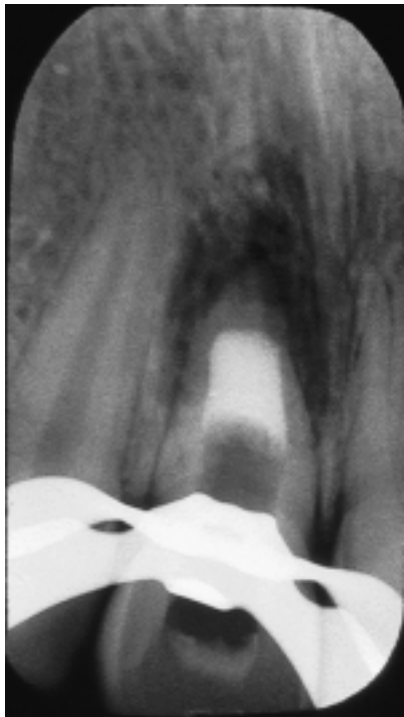
AFBEELDING 15 *MTA in pellet uit tip messing gun.*

gebracht. In de volgende zitting bleek de afvoer van bloed en wondvocht goed onder controle te houden. Na het aanbrengen van een extraradiculaire matrijs van calciumsulfaat 98 procent (afb. 14) werd MTA in afgepaste porties met een messing gun (afb. 15) in het apicale deel van het kanaal gebracht (afb. 16). De behandeling werd uitgevoerd met een operatiemicroscop. In de daaropvolgende zitting werd het middelste en coronale deel van het kanaal opgevuld met een adhesieve composietrestauratie die direct tegen de uitgeharde MTA werd aangebracht en zorgde op deze manier voor een versterking van de fragiele dentine-wanden van de onvolgroeide radix (afb. 17). Zeven en veertien maanden post-operatief bleek patiënte klachtenvrij en de fistel te zijn verdwenen (afb. 18). De radioluentie was in omvang afgenomen (afb. 19).

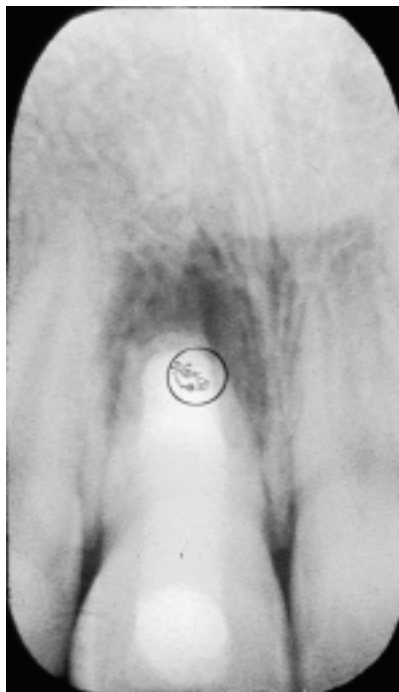
#### **Casus 4**

Een 47-jarige vrouw meldde zich met pijnklachten ter plaatse van de 12. Vijftien jaar geleden had een revisie van de wortelkanaalbehandeling plaatsgevonden (afb. 20 en 21), waarbij het kanaal werd gevuld tot het niveau van retrograde amalgaamvulling. Vier jaar later ontstond er opnieuw een zwelling buccaal van

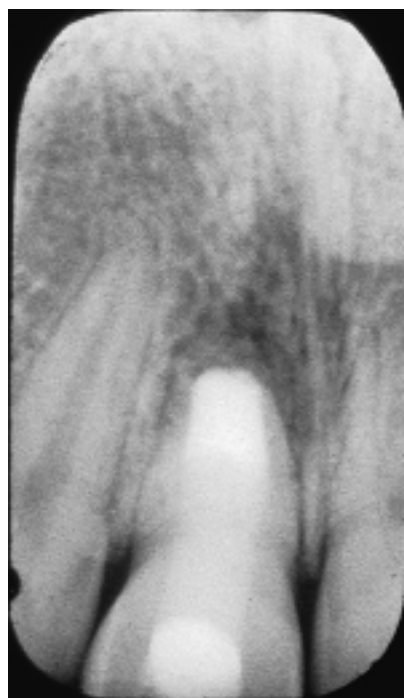




AFBEELDING 16 Apicale afsluiting MTA.



AFBEELDING 17 Kanaal gevuld met MTA en  
composiet.



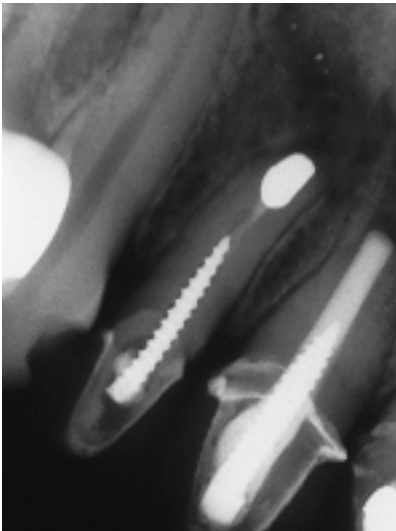
AFBEELDING 18 Controlefoto na veertien maanden,  
botingroei heeft plaatsgevonden.



AFBEELDING 19 Controle na zeven maanden, fistel verdwenen.

de 12. De patiënt werd wederom verwezen voor een apexresectie. Bij controles bleek de radioluentie aan de 12 niet in omvang af te nemen (afb. 22).

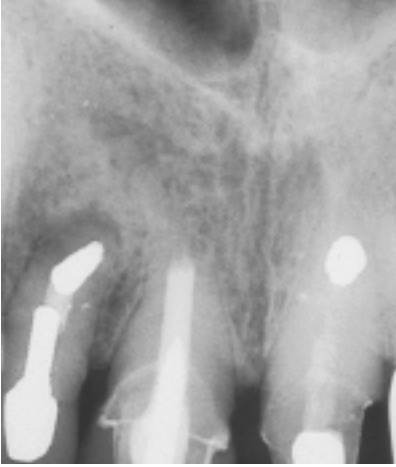
Intraoraal onderzoek leverde geen bijzonderheden op. De 12 was gevoelig bij percussie en palpatie en veroorzaakte zo nu en dan ook spontaan pijn-



AFBEELDING 20 Parodontitis apicalis 12.



AFBEELDING 21 Na herbehandeling 12.



AFBEELDING 22 *Persisterende parodontitis apicalis 12.* AFBEELDING 23 *Retrograde vulling MTA.*

klachten. De diagnose luidde: *persisterende parodontitis apicalis* van de 12. In overleg met de patiënt werd besloten voor de derde keer een chirurgische ingreep uit te voeren. Na het toedienen van lokale anesthesie werd de periapex toegankelijk gemaakt door een mucoperiostale lap volgens Ochsenbein-Luebke te prepareren en af te schuiven. Vervolgens werd het ontstekingsweefsel verwijderd door middel van curettage en de retrograde amalgaamvulling werd verwijderd met behulp van ultrasone tips en waterkoeling met steriele fysiologische



AFBEELDING 24 *Na verwijderen hechtingen, vier dagen postoperatief.*



AFBEELDING 25 Zes weken postoperatief.

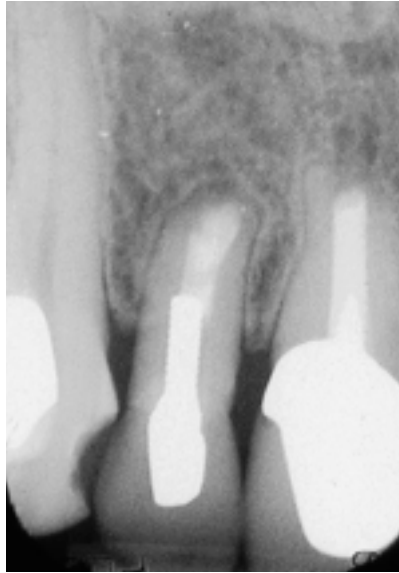
zoutoplossing. Na inspectie werd de bevel van het resectievlak aangepast met een steriele fissuurboor in een sneldraaiend hoekstuk. MTA werd met een mesing gun in de retrograde preparatie aangebracht. Omdat MTA weer gemakkelijk uit de retrograde preparatie gespoeld kan worden, moet het toetreden van vocht in het operatiegebied na het aanbrengen van MTA zoveel mogelijk worden voorkomen. Na het maken van een controlefoto (afb. 23) werd de lap teruggeplaatst en gesloten met hecht draad 5-0. De behandeling werd uitgevoerd met een operatiemicroscop. Vier dagen later werden de hechtingen verwijderd. Het postoperatieve beloop was ongecompliceerd (afb. 24 en 25) en de patiënt had geen klachten. Bij controle na zes maanden was de radiolucentie al aanmerkelijk in omvang afgenomen en na twee jaar bleek de parodontitis apicalis volledig te zijn genezen (afb. 26 en 27).

### **Casus 5**

Een 33-jarige vrouw werd verwezen door haar tandarts, omdat er sinds enige tijd pijnklachten aan de 47 bestonden. Het element diende als brugpijler en de patiënt slikte al enige dagen pijnstillers die echter nauwelijks verlichting boden. Bij intraoraal onderzoek bleek de 47 uiterst pijnlijk bij percussie en palpatie. Op de röntgenfoto was een forse radiolucentie te zien aan de distale radix (afb. 28), waarschijnlijk ten gevolge van een perforatie van de wortelstift die enige jaren eerder was aangebracht om retentie aan de opbouw te verlenen. De verwijzende tandarts had de patiënt gemeld dat er geen therapie bestond voor dit probleem



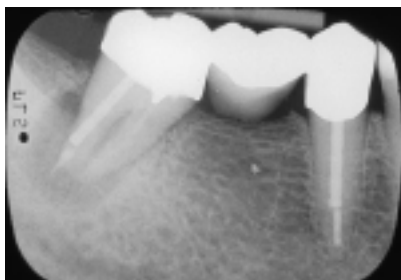
AFBEELDING 26 Zes maanden na chirurgie.



AFBEELDING 27 Twee jaar na chirurgie, genezing  
parodontitis apicalis 12.

en dat het element het best geëxtraheerd kon worden. In overleg met de patiënt werd besloten toch te proberen het element te behouden.

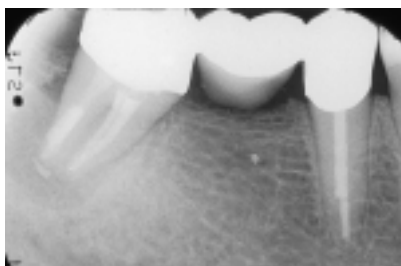
Na isolatie met behulp van rubberdam werd een ruime endodontische opening in het occlusale vlak van de goud-porselein kroon gemaakt. Het opbouw materiaal werd verwijderd en de wortelstift werd vrijgeslepen. Vervolgens werd met ultrasonische tips het bevestigingscement rondom de wortelstift losgetrild en verwijderd. Daarna werd de metalen stift met een stiftentrekker uit het kanaal getild. Het bestaande vulmateriaal werd verwijderd met chloroform en mechanische instrumentatie. Na elektronische lengtebepaling en het maken van twee lengtefoto's bleek er zoals verwacht een forse perforatie van het distale kanaal te bestaan (afb. 29). Na instrumentatie en ultrasonische irrigatie met 2,5 procent natriumhypochloriet en 17 procent EDTA werden de kanalen gedroogd met papierstiften. MTA werd apicaal in het distale kanaal gebracht en beide mesiale kanalen werden gevuld met  $\text{Ca(OH)}_2$ , waarna het element tijdelijk werd afgesloten. De behandeling werd uitgevoerd met een operatiemicroscop. De patiënt meldde zich na een paar dagen met een dikke wang en pijn. Er werd een kuur amoxicilline 500 mg,  $3 \times$  daags gedurende vijf dagen en een pijnstillert



AFBEELDING 28 Parodontitis apicalis 47.



AFBEELDING 29 Wortelstift verwijderd, perforatie van distale radix.



AFBEELDING 30 Perforatie in distaal kanaal gesloten met MTA, mesiale kanalen gevuld met gutta percha en wortelkanaalcement.



AFBEELDING 31 Zes maanden postoperatief: voortgaande genezing parodontitis apicalis.

(ibuprofen 600 mg, 3 × daags) voorgeschreven. Na twee dagen namen de klachten af en bij de volgende zitting (1 week later) waren de klachten volledig verdwenen. De mesiale kanalen werden gevuld met gutta percha en wortelkanaalcement en de endodontische opening werd gerestaureerd met een adhesieve composietrestauratie (afb. 30). Bij controle zes maanden later (afb. 31) bleek de patiënt klachtenvrij en de radiolucentie aanmerkelijk in omvang te zijn afgenomen, hetgeen indicatief is voor een voortgaande genezing van de parodontitis apicalis.

## Discussie

Om MTA te kunnen verwerken moet het in een verhouding 3 : 1 gemengd worden met water dat in steriele vorm door de fabrikant wordt bijgeleverd in pipettes. Het mengen kan het beste in een dappenglasje of op een glasplaatje plaatsvinden. Daarna moet het materiaal de juiste consistentie krijgen door er met een gaasje of wattenrol wat vocht uit op te zuigen, net zolang totdat het met bij-

voorbeeld een Ash 6 of de tip van een messing gun gemakkelijk opgepakt kan worden. Als het te vochtig is, loopt het van het instrument af en is het moeilijk te manipuleren. Het aanbrengen van MTA kan het beste gebeuren met een tip van een geschikte diameter van een messing gun (afb. 32). Om het materiaal vervolgens aan het te behandelen oppervlak te laten adapteren (van condenseren is geen sprake) kan men gebruikmaken van papierstiften of wortelkanaalstoppers. Papierstiften hebben als voordeel dat ze vocht opnemen, waardoor MTA wat droger wordt. Wanneer MTA in een smal kanaal naar apicaal moet worden verplaatst, kan een wortelkanaalstopper in combinatie met ultrasone vibratie nuttig zijn. Als het materiaal na röntgenologische controle niet naar tevredenheid is aangebracht kan het op simpele wijze weer uit het kanaal worden gespoeld en opnieuw worden aangebracht. Zoals eerder vermeld, dient men bij chirurgische ingrepen het operatieterrein niet meer uit te spoelen nadat MTA als retrograde vulling is aangebracht. Het kan enige tijd duren voordat men gewend is om met het materiaal om te gaan. De besproken casussen zijn uitgevoerd door een tandarts-endodontoloog met behulp van speciale apparatuur en een operatiemicroscoop.

MTA heeft ongeveer drie uur nodig om uit te harden. Behalve bij chirurgische ingrepen betekent dit dat er meestal een tweede of derde zitting nodig is om de behandeling af te sluiten. In het geval van apexificaties blijkt in de praktijk nogal eens dat er tijdens de eerste zitting veel exsudaat en bloed uit het kanaal komt. Dit is geen gunstige uitgangssituatie om MTA aan te brengen, ook al wordt het uitharden van het materiaal niet nadelig beïnvloed door bloedcontaminatie. In voorkomende gevallen kan dan het beste eerst  $\text{Ca(OH)}_2$  worden ingesloten waardoor de infectie wordt bestreden en in een volgende zitting een mogelijke bloeding van het periapicale weefsel veel beter te controleren is. In deze situatie



AFBEELDING 32 *Messing gun.*

is ook een goed zicht op het operatieterrein gewaarborgd, bij voorkeur door middel van een loepbril of een operatiemicroscop.

In de besproken casuïstiek is in de meeste gevallen gebruikgemaakt van calciumsulfaat als extraradiculaire matrijs. Hierbij wordt met opzet calciumsulfaat door de open apex geperst om zo als stop te dienen waartegen MTA kan worden aangebracht. Calciumsulfaat wordt in de parodontologie gebruikt om *guided tissue regeneration* (GTR) te bewerkstelligen. Het is een biocompatibel materiaal dat na een paar weken volledig door het lichaam wordt geresorbeerd. Het is binnen een paar minuten hard, nadat het is gemengd met vocht. Calciumsulfaat wordt in de endodontische chirurgie gebruikt als hemostatisch agens en zorgt ervoor dat er geen bloed vanuit het periapicale gebied in het wortelkanaal kan lopen.

Een van de grote voordelen van het gebruik van MTA in apexificatieprocedures is dat de behandeling in twee tot drie zittingen kan worden afgerond. In het verleden werd meestal gebruikgemaakt van  $\text{Ca(OH)}_2$  om een apicale afsluiting te induceren. Uit de literatuur blijkt dat het kortetermijnsuccespercentage van deze procedure hoog is. Op lange termijn blijken echter veel van deze elementen te fractureren, waarbij werd aangetoond dat hoe vroeger in het stadium van de wortelformatie, des te meer cervicale wortelfracturen er optraden. Het is dus een groot voordeel deze kwetsbare elementen zo spoedig mogelijk definitief te kunnen restaureren met een adhesieve restauratie. Er zijn aanwijzingen in de literatuur dat sommige composietsystemen het element kunnen versterken tot vrijwel de oorspronkelijke sterkte van een gaaf element.

Hoe MTA precies werkt, is onbekend. Holland et al. (1999) veronderstellen dat de tricalciumoxide in MTA reageert met weefselvocht om vervolgens  $\text{Ca(OH)}_2$  te vormen. Dit zou kunnen resulteren in de vorming van een apicale barrière. Er zijn aanwijzingen dat MTA regeneratie van bepaalde weefsels kan bewerkstelligen, in plaats van reparatie die in de aanwezigheid van andere materialen in gang wordt gezet (Torabinejad et al. 1995a). MTA toegepast als direct overkappingsmateriaal kan een biologisch actief substraat voor pulpacellen vormen, waarbij het materiaal in staat is om dentinogenetische processen te reguleren (Tziafas et al., 2002).

Er wordt op dit moment gezocht naar modificaties om bepaalde nadelen van het huidige MTA te kunnen verbeteren. Zo komt er binnenkort een tandkleurig MTA op de markt, speciaal bedoeld voor gebieden waar de esthetiek een belangrijke rol speelt, zoals een directe overkapping in een frontelement. Verder zijn de eerste resultaten gepubliceerd van een snel uithardend MTA (< 20 min.), maar dit materiaal bevindt zich nog in een experimentele fase.

Samenvattend kan worden vastgesteld dat MTA een veelbelovend materi-



aal is dat met steeds meer ondersteuning vanuit de literatuur kan worden gebruikt voor directe pulpaoverkappingen, apexificaties, retrograde vullingen en het sluiten van perforaties. De onderzoeken beperken zich op dit moment tot kortetermijnresultaten. Behalve het onderzoek van Eidelman et al. (2001) zijn er nog geen gecontroleerde humane onderzoeken die het gebruik van MTA vergelijken met andere materialen. Wellicht zal toekomstig onderzoek hier meer duidelijkheid in scheppen.

### **Productinformatie**

Calciumhydroxide: Ultracal XS; Ultradent Products Inc, South Jordan, Utah, Verenigde Staten

Calciumsulfaat 98 procent: Sigma Aldrich, Zwijndrecht

Elektronische lengtebepaling: AFA, Analytic, Orange, CA, Verenigde Staten

Guttapercha: Autofit, Analytic, Glendora, CA, V.S.

Hechtdraad 5-0: Vicryl, Ethicon, Norderstedt, Duitsland

Lokale anesthesie: Septanest SP 4 procent met adrenaline 1 : 100.000, Septodont, Saint-Maur-des Fossés Cedex, Frankrijk

Messing gun: Produits Dentaires, Vevey, Zwitserland

MTA: ProRoot, Dentsply Tulsa Dental, Tulsa OK, Verenigde Staten

Operatiemicroscoop: Opmi 111, Carl Zeiss, Weesp, Nederland

Stiftentrekker: Gonon post extractor, FFDM Pneumat, Bourges Cedex, Frankrijk

Tijdelijk restauratiemateriaal: Cavit, ESPE, Seefeld, Duitsland

Ultrasonie irrigatie: EMS Piezon Master 400; EMS, Nyon, Zwitserland

Ultrasonie tips: Spartan, Obtura/Spartan, Fenton, MO, Verenigde Staten

Wortelkanaalcement: pulp canal sealer EWT; Kerr Co. Romulus, MI, Verenigde Staten

### **Literatuur\***

Eidelman E, Holan G, Fuks AB. Mineral trioxide aggregate vs. formocresol in pulpotomized primary molars: a preliminary report. *Paediatric Dentistry* 2001; 23: 15-18.

Holland R, de Souza V, Nery MJ, Otoboni Filho JA, Bernabé PF, Dezan Junior E. Reaction of rat connective tissue to implanted dentin tubes filled with mineral trioxide aggregate or calcium hydroxide. *Journal of Endodontics* 1999; 25: 161-166.

\* Voor het samenstellen van dit artikel zijn 52 bronnen geraadpleegd. Op verzoek van de redactie is dit aantal teruggebracht tot 14. Een volledige literatuurlijst wordt op aanvraag per e-mail toegezonden.

- Holland R, de Souza V, Murata SS, Nery MJ, Bernabé PF, Otoboni Filho JA, Dezan Junior E. Healing properties of dog dental pulp after pulpotomy and pulp covering with mineral trioxide aggregate or Portland cement. *Brazilian Dental Journal* 2001; 12: 109-113.
- Koh ET, Torabinejad M, Pitt Ford TR, Brady K, McDonald F. Mineral trioxide aggregate stimulates a biological response in human osteoblasts. *Journal of Biomedical Material Research* 1997; 37: 432-439.
- Lee SJ, Monsef M, Torabinejad M. Sealing ability of a mineral trioxide aggregate for repair of lateral root perforations. *Journal of Endodontics* 1993; 19: 541-544.
- Pitt Ford TR, Torabinejad M, Abedi LR, Bakland LK, Kariyawasam SP. Using mineral trioxide aggregate as a pulp-capping material. *Journal of the American Dental Association* 1996; 127: 1491-1498.
- Schwartz RS, Mauger M, Clement DJ, Walker WA. 3rd. Mineral Trioxide Aggregate: a new material for endodontics. *Journal of the American Dental Association* 1999; 130: 967-975.
- Shabahang S, Torabinejad M, Boyne PP, Abedi H, McMillan P. A comparative study of root-end induction using osteogenic protein-1, calcium hydroxide, and mineral trioxide aggregate in dogs. *Journal of Endodontics* 1999; 25: 1-5.
- Torabinejad M, Watson TF, Pitt Ford TR. Sealing ability of a mineral trioxide aggregate when used as a root-end filling material. *Journal of Endodontics* 1993; 19: 591-595.
- Torabinejad M, Hong CU, Lee SL, Monsef M, Pitt Ford TR. Investigation of mineral trioxide aggregate for root-end filling in dogs. *Journal of Endodontics* 1995a; 21: 603-608.
- Torabinejad M, Hong CU, McDonald F, Pitt Ford TR. Physical and chemical properties of a new root-end filling material. *Journal of Endodontics* 1995b; 21: 349-353.
- Torabinejad M, Hong CU, Pitt Ford TR, Kettering JD. Antibacterial effects of some root-end filling materials. *Journal of Endodontics* 1995c; 21: 403-406.
- Tziafas D, Pantelidou O, Alvanou A, Belibasakis G, Papadimitriou S. The dentinogenic effect of mineral trioxide aggregate (MTA) in short-term capping experiments. *International Endodontic Journal* 2002; 35: 245-254.
- Wu MK, Kontakiotis EG, Wesselink PR. Long-term seal provided by some root-end filling materials. *Journal of Endodontics* 1998; 24: 557-560.