



J.A.H. Lindeboom

Chirurgische apicale endodontie

Samenvatting

Trefwoorden:

- Endodontologie
- Apexresectie
- Mondziekten en kaakchirurgie

Uit de afdeling Mondziekten, Kaak- en Aangezichtschirurgie van het Academisch Medisch Centrum in Amsterdam en het Academisch Centrum Tandheelkunde Amsterdam (ACTA).

Datum van acceptatie:

2 januari 2004.

Adres:

J.A.H. Lindeboom

AMC

Meibergdreef 9

1105 AZ Amsterdam

j.a.lindeboom@amc.uva.nl

Indien een (hernieuwde) conventionele wortelkanaalbehandeling niet mogelijk of niet succesvol is, kan een chirurgische apicale endodontische behandeling zijn geïndiceerd. De tegenwoordig striktere indicatiestelling, de betere retrograde preparatietechnieken door onder andere ultrasone preparatie met retrotips en de betere visualisering van het operatiegebied met een operatiemicroscoop kunnen leiden tot hogere succespercentages. Bovendien zijn de huidige ontwikkelingen op het gebied van biocompatibele vulmaterialen voor de klinische toepassing als retrograde afsluiting veelbelovend. Ook de toepassing van lasers is veelbelovend, maar moet zijn echte nut nog bewijzen.

LINDEBOOM JAH. Chirurgische apicale endodontie. Ned Tijdschr Tandheelkd 2004; 111: 146-151.

Inleiding

Onder ideale omstandigheden is een chirurgische apicale endodontische behandeling, tot voor kort meestal aangeduid als apexresectie, niet nodig. Als het bij een conventionele wortelkanaalbehandeling altijd mogelijk zou zijn de inhoud van de wortelkanalen volledig te verwijderen, zou het succes van wortelkanaalbehandelingen de 100% benaderen. Het necrotische weefsel in de wortelkanalen herbergt namelijk bacteriën en toxinen die een periapicale ontsteking kunnen veroorzaken. Voor het succes van een wortelkanaalbehandeling moeten de wortelkanalen grondig worden gereinigd en gevuld. Tevens moet het desbetreffende gebitselement coronaal adequaat worden afgesloten om te voorkomen dat de wortelkanalen opnieuw worden geïnfecteerd met bacteriën en toxinen.

Een wortelkanaalvulling heeft als doel elke communicatie tussen de mondholte en het periapicale weefsel te voorkomen. Daardoor worden eventueel overlevende bacteriën in de wortelkanalen afgesloten van hun voedselbron: de weefselvloeistof, die bij lekkage vanuit de periapex de overlevende bacteriën in de wortelkanalen kan bereiken. Apicale vulling van de wortelkanalen en restauratie van het gebitselement moeten de wortelkanalen hermetisch afsluiten om herinfectie met micro-organismen uit de mondholte te voorkomen. De apicale vulling dient ook als wondverband zodat zich periapicaal gezond weefsel kan vormen. Recente gegevens over de kwaliteit en de prognose van wortelkanaalbehandelingen zijn voornamelijk gebaseerd op klinische onderzoeken die zijn uitgevoerd in universitaire of specialistische klinieken. De resultaten van deze longitudinale onderzoeken laten succespercentages zien tot 96% (Kirkevang *et al*, 2000). Uit onderzoeken naar in de algemene praktijk uitgevoerde wortelkanaalbehandelingen bleek echter dat de incidentie van inadequate wortelkanaalvullingen met daaraan gerelateerde periapicale problematiek gemiddeld groter dan 50% is (De Cleen *et al*, 1993; Saunders *et al*, 1997; Marques *et al*, 1998).

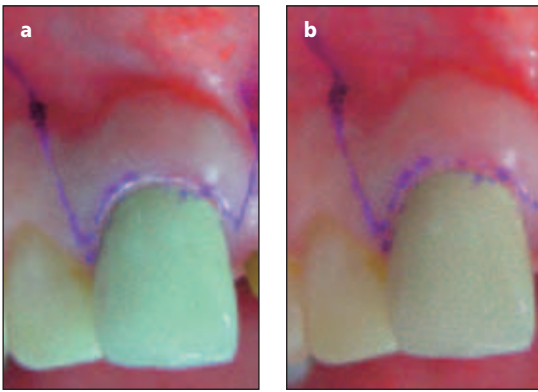
Helaas biedt ook een adequate wortelkanaalvulling geen garantie voor een gezonde periapicale situatie. Kirkevang *et al* (2000) vonden, ondanks een technische adequate wortelkanaalvulling, in 35,1% van endodon-

tisch behandelde gebitselementen periapicale problematiek. Dit percentage is wellicht te verklaren door factoren die niet direct in epidemiologisch onderzoek zijn te meten, zoals de anti- of aseptische maatregelen tijdens de wortelkanaalbehandeling.

Het doel van chirurgische apicale endodontie is het creëren van maximale omstandigheden voor de regeneratie van het weefsel, hetgeen ook een nieuwe periapicale aanhechting impliceert. Daarom wordt ook een retrograde apicale vulling aangebracht om te voorkomen dat micro-organismen vanuit de wortelkanalen de periapicale weefsels bereiken. De benadering van de apex, de retrograde preparatie en het aanbrengen van een retrograde vulling zijn in veel gevallen goed uitvoerbaar. Het aanbrengen van een retrograde vulling in molaren in de onderkaak kan echter lastig zijn, omdat de wortels vaak naar linguaal geïnclineerd zijn (Rud *et al*, 2001). Ook kan de buccale cortex dik en compact zijn, vooral bij de tweede en derde molaar in de onderkaak. In de literatuur is daarom slechts beperkte informatie over de technische aspecten en de resultaten van chirurgische apicale endodontie in de molaren in de onderkaak beschikbaar. Bij chirurgische endodontie in het posterieure deel van de maxilla kan de nauwe anatomische relatie met de sinus maxillaris eveneens technisch lastig zijn. In veel gevallen ontstaat een oroantrale verbinding die uiteraard moet worden gesloten. De buccale cortex in de maxilla is relatief dun waardoor de buccale radices goed toegankelijk zijn. De palatinale radix van de bovenmolaren is echter minder gemakkelijk vanaf buccaal bereikbaar, tenzij wordt gekozen voor een transantrale benadering. In de meeste gevallen is derhalve een palatinale benadering onvermijdelijk.

Indicaties voor chirurgische apicale endodontie

Gezien de huidige mogelijkheden van niet-chirurgische wortelkanaalbehandelingen resteert van de aanvankelijk uitgebreide lijst met indicaties voor chirurgische apicale endodontie nog slechts een betrekkelijk klein aantal indicaties. Vooral in gevallen waarbij de niet-chirurgische behandeling geen bevredigend resultaat oplevert, wordt chirurgische apicale endodontie



Afb. 1. a. Begrenzing van de rechthoekige flap.
b. Begrenzing van de driehoekige flap.

beschouwd als een aanvullende behandeling. Tot de chirurgische indicaties behoren onder andere (Batenburg *et al*, 2000):

- het niet toegankelijk zijn van het apicale deel van een wortelkanaal, bijvoorbeeld bij een stiftopbouw, bij calcificaties of bij een afgebroken endodontisch instrument;
- een grote periapicale cyste;
- wijde apices waarbij met een wortelkanaalbehandeling geen goede afsluiting kan worden verkregen.

Procedure voor chirurgische apicale endodontie

Voor een chirurgische apicale endodontische behandeling is een aantal stappen te onderscheiden:

- het à vue brengen van de apex (flap en botluik);
- het verwijderen van het granuloom of de cyste in het periapicale gebied (periapicale behandeling);
- de resectie van de apex;
- de preparatie van het apicale wortelkanaal;
- het aanbrengen van een retrograde apicale vulling;
- de wondsluiting.

Het aanbrengen van een orthograde kanaalvulling wordt in deze procedure niet beschreven omdat in een dergelijk geval het wortelkanaal toegankelijk is en dus vrijwel altijd een conventionele wortelkanaalbehandeling kan worden uitgevoerd.

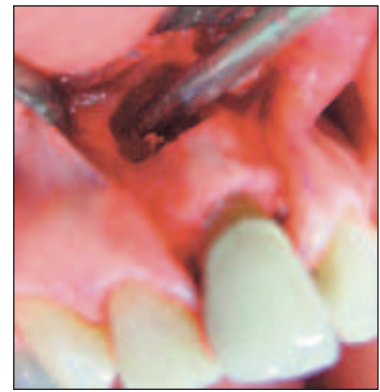
Flap en botluik

Na het maken van een incisie wordt het mucoperiost met een raspatorium afgeschoven. Hierbij kunnen verschillende typen flaps worden gebruikt. Meestal gaat de voorkeur uit naar een recht- of driehoekige flap waarbij het belangrijk is dat de apex volledig zichtbaar wordt (afb. 1). Bij het opzij houden van de flap met een retractor moet dit instrument op het bot afsteunen om de weke delen zo weinig mogelijk te beschadigen.

Het bot ter plaatse van de apex wordt verwijderd met een recht handstuk dat op hoge snelheid en met continue irrigatie van een steriele fysiologisch zoutoplossing werkt. Bij gebruik van microinstrumentarium voor de apicale preparatie kan het botluik relatief klein worden gehouden (afb. 2).

Periapicale behandeling

Alle rond de apex gelokaliseerde weke delen worden verwijderd. Uitzonderingen hierop worden gemaakt voor locaties in de nabijheid van de nervus alveolaris inferior en het foramen mentale, vooral als zoveel mogelijk granulatieweefsel wordt verwijderd. Soms kan op deze locaties beter een kleine hoeveelheid granulatieweefsel worden achtergelaten. Omdat de oorzaak is weggenomen, zal het lichaam dit achtergebleven weefsel immers gewoonlijk zelf opruimen.



Afb. 2. Klein botluik apicaal van gebitslement 11.

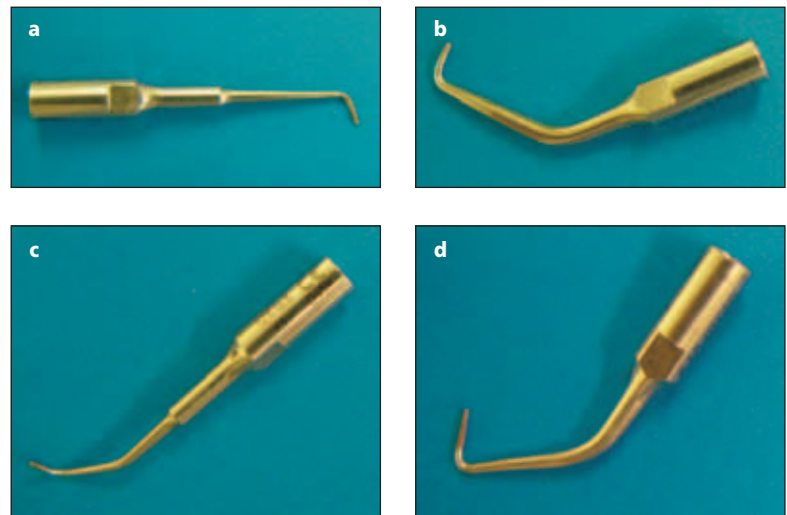
Resectie van de apex

De techniek van de resectie van de apex is vooral een kwestie van het prepareren van de juiste resectiebevel. Het is aangetoond dat microlekkage correleert met de resectiebevel en met de diepte van de apicale vulling (Gilheany *et al*, 1994). Door de hoek te reduceren wordt ook het aantal blootliggende dentinetubuli geminimaliseerd. De onderzoekers vonden dat bij een resectie van een apex onder een hoek van 90° , dus met een bevel van 0° , een diepte van de apicale preparatie van 1 mm voldoende was voor een adequate afsluiting. Naarmate de hoek van de bevel toenam, moest de diepte van de preparatie toenemen om te compenseren voor de expositie van de accessoire kanalen. Bij een bevel met een hoek van 30° was een minimale preparatiediepte van 2,1 mm vereist. Bij een bevel met een hoek van 45° was een minimaal 2,5 mm diepe vulling nodig om dezelfde kwaliteit van de afsluiting te verkrijgen.

Preparatie van het apicale wortelkanaal

Met het beschikbaar komen van de ultrasone retrograde preparatie is een goed alternatief gekomen voor het gebruik van hoekstukken met microkopjes. Retrotips (afb. 3) maken het mogelijk om het botluik minimaal te houden. Verder is het door de diversiteit in prepara-

Afb. 3. Vier retrotips voor ultrasone preparatie.



Afb. 4. Retrograad ultrasoon prepareren na resectie van de apex.



Afb. 5. Wondbeeld na sluiting met hechtingen.



Wondsluiting

Bij de wondsluiting moet de mucoperiostale flap weer in de originele positie worden teruggeplaatst en worden gefixeerd met hechtmateriaal (afb. 5). Bij voorkeur wordt een atraumatische naald gebruikt om de weefsels zo min mogelijk te beschadigen.

tie van de bevelhoek mogelijk om met een kleinere bevel te werken. Met een gehoekte retrotip kan dan nog steeds voldoende toegang tot het kanaal worden verkregen (afb. 4). De retrotips moeten scherp zijn en de frequentie van het ultrasone apparaat moet worden aangepast aan de dikte van de wortel. Ze zijn voldoende fijn om de anatomie van het wortelkanaal te volgen en om gecentreerd binnen de geresecteerde wortelcontour te prepareren.

Uit een onderzoek van Weller en Koch (1995) bleek dat in 90% van de mesiobuccale wortels van de eerste molaren in de bovenkaak een isthmus aanwezig was. Het is uitermate belangrijk deze isthmus te visualiseren en adequaat te prepareren en te vullen. Bij het prepareren van de isthmus wordt vaak zonder irrigatie de begrenzing aangegeven, waarna de preparatie met ruime irrigatie wordt gemaakt. Om perforatie van de wortel te voorkomen, moet de retrotip tijdens het prepareren parallel aan de as van het wortelkanaal worden gehouden.

Aanbrengen retrograde apicale vulling

Het aanbrengen van een apicale vulling is vergelijkbaar met het restaureren van een klasse I-preparatie. Aangezien de meeste retrograde vulmaterialen hydrofoob zijn, is droog werken belangrijk. Met behulp van beenwas of in epinefrine gedrenkte gazen is het veelal mogelijk de retrograde preparatie na droogblazen op te vullen. Ook papierstiften kunnen waardevol zijn bij het creëren van een droge apicale preparatie. Hierna kan het vulmateriaal worden aangebracht. Afhankelijk van het vulmateriaal is het na de harding al dan niet mogelijk de vulling met een fissuurboor af te werken.

Tabel 1. Vereiste eigenschappen van een ideaal retrograad vulmateriaal (Adamo *et al*, 1999).

- Niet toxisch
- Hechting aan de dentinewand
- Tolerantie van het periapicale weefsel
- Bioactieve bevordering van de genezing
- Geen corrosie
- Niet elektrochemisch actief
- Geen weefselverkleuring
- Gemakkelijk te bewerken
- Radiopaak
- Goede stabiliteit: geen vormverandering, niet resorbeerbaar, niet te penetreren door micro-organismen en niet beïnvloedbaar door vocht
- Goede retrograde afsluiting

Retrograde vulmaterialen

Bijna elk verkrijgbaar restauratiemateriaal of cement is wel als retrograad vulmateriaal gebruikt. Tot deze lijst behoren onder andere: amalgaam, cavit, composiet, glasionomeercement, goudfolie, guttapercha, mineraal trioxideaggregaat (MTA), polycarboxylaatcement, polyvinylcement en verschillende zinkoxide-eugenolcementen.

Retrograde vulmaterialen moeten verschillende eigenschappen hebben (tab. 1) (Adamo *et al*, 1999). Gezien dit grote aantal eigenschappen bestaat het ideale retrograde vulmateriaal nog niet. Geen van de op de markt beschikbare materialen heeft al deze eigenschappen.

Onderzoek naar apicale microlekkage van vulmaterialen wordt meestal in het laboratorium gedaan. Een groot aantal technieken wordt gebruikt om de effectiviteit van retrograde vulmaterialen te beoordelen. Het meest gebruikt is de kleurstofpenetratietechniek, waarbij in een experimentele setting de lekkage langs een vulmateriaal wordt gemeten. De moleculaire grootte van de meeste gebruikte kleurstoffen is groter dan die van bacteriën en in de meeste onderzoeken is de lekkage slechts in één vlak beoordeeld. In vergelijking met de klinische situatie zijn de laboratoriumomstandigheden statisch en geven niet de dynamische interactie tussen wortelkanalen en de periapicale weefsels weer (Torabinejad *et al*, 1995). Onduidelijk is de klinische relevantie van de resultaten van de verschillende *in vitro*-onderzoeken, aangezien zekerheid over het klinische gedrag alleen kan worden verkregen met klinische experimenten. Goede resultaten bij een gecontroleerde *in vitro*-opzet hoeven niet automatisch een vervolg te krijgen in de klinische situatie van lastige bereikbaarheid, moeilijk controleerbare bloedingen en bevochtiging van het materiaal.

Van oudsher is amalgaam een veelvuldig gebruikt materiaal in de chirurgische apicale endodontie. Het materiaal wordt tegenwoordig bekritiseerd vanwege initiële lekkage, secundaire corrosie, kwik- en tincontaminatie, vochtgevoeligheid, noodzaak voor retentie in de preparatie en verkleuring van de weefsels (Fischer *et al*, 1998). In diverse landen is het gebruik van amalgaam verboden, waardoor een alternatief moest worden gevonden. Recentelijk zijn nieuwe vulmaterialen voor retrograde preparaties ontwikkeld en onderzocht ter vervanging van het veelvuldig gebruikte amalgaam,

namelijk zinkoxide-eugenolcementen, glasionomeercementen, composieten en mineraal trioxideaggregaat.

Zinkoxide-eugenolcementen

Als nadelen van cementen op zinkoxide-eugenolbasis worden de gevoeligheid voor vocht, de oplosbaarheid en de weefselirriterende eigenschappen genoemd. Super-EBA[®] en 'Intermediate Restorative Material' (IRM)[®] zijn zinkoxide-eugenolcementen met verbeterde eigenschappen (afb. 6).

Super-EBA[®] is een versterkt zinkoxide-eugenolcement dat *in vitro* minstens zo goed afsluit als amalgaam, guttapercha en glasionomeercement. Het lost niet op, hecht aan dentine en met elektronenmicroscopisch onderzoek is aangetoond dat het zeer weefselvriendelijk is (Beltes *et al*, 1988; Bondra *et al*, 1989; King *et al*, 1990; Adamo *et al*, 1999). In klinisch vergelijkend onderzoek werd een significant verschil in succespercentages gevonden tussen amalgaam (71%) en Super-EBA[®] (95%) (Dorn en Gartner, 1990).

IRM[®] is evenals Super-EBA[®] een versterkt zinkoxide-eugenolcement. De klinische resultaten van IRM[®] en Super-EBA[®] zijn vergelijkbaar (Dorn en Gartner, 1990).

Glasionomeercementen

Van glasionomeercementen is de toepassing als onderlaag en definitief restauratiemateriaal het meest bekend (Wilson en Kent, 1972). Ook in de chirurgische apicale endodontie zijn glasionomeercementen veelvuldig onderzocht. Wat afdichting betreft, zijn de zinkoxide-eugenolcementen vergelijkbaar met glasionomeercementen (Roux *et al*, 2002). Wat weefselcompatibiliteit betreft, bestaan echter aanwijzingen dat glasionomeercementen beter scoren (Blackman *et al*, 1989). Klinisch onderzoek heeft uitgewezen dat glasionomeercementen een zelfde succespercentage laten zien als amalgaam (Zetterqvist *et al*, 1991).

Composieten

Rud *et al* (2001) zijn aanhangers van retrograde afsluiting met composiet. Een efficiënte afsluiting kan alleen worden bereikt door het afsluiten van de wortelkanalen, de accessoire kanalen en de dentinetubuli. De onderzoekers adviseerden om in plaats van de retrograde preparatie een concaviteit te maken. De voordelen hiervan zijn dat:

- het mogelijk is ook molaren in de onderkaak retrograad af te sluiten, ondanks de anatomische beperkingen in dat gebied;
- het mogelijk is alle apicale communicaties van het wortelkanaal af te sluiten zonder het parodontale ligament te bedekken; hierdoor zijn proliferatie van wortelcement en vorming van een nieuw apicaal parodontaal ligament met vezels van Sharpey mogelijk.

In een onderzoek naar het succespercentage van chirurgische apicale endodontie bij molaren in de onderkaak is een succes van 92% gerapporteerd (Rud *et al*, 2001).

Mineraal trioxideaggregaat

Mineraal trioxideaggregaat (MTA)[®] is een relatief nieuw materiaal, waarmee nog weinig klinische ervaring is opgedaan. De resultaten van *in vitro*-onderzoeken zijn zeer veelbelovend (Torabinejad *et al*, 1993; Torabinejad *et al*, 1995). MTA[®] bestaat uit fijne hydrofiele partikels die uitharden onder invloed van vocht. De belangrijkste bestanddelen zijn tricalciumsilicaat, tricalciumaluminaat, tricalciumoxide en silicaoxide. Bismutoxide is toegevoegd om het een bepaalde radiopaciteit te geven. Hydratie van het poeder resulteert in een cement dat in drie á vier uur uithardt. Uit diverse *in vitro*-onderzoeken blijkt dat MTA[®] een zeer biocompatibel materiaal is (Torabinejad *et al*, 1995; Fischer *et al*, 1998). Tevens heeft het naast antimicrobiële eigenschappen de eigenschap het wortelkanaal lekvrij af te sluiten. Er is tot op heden slechts één klinisch prospectief gerandomiseerd onderzoek gepubliceerd waarbij MTA[®] werd vergeleken met IRM[®] (Chong *et al*, 2003). In dit onderzoek kon geen significant verschil in succespercentage tussen beide cementen worden aangetoond.

Evaluatie

Zowel klinische als röntgenologische evaluatie is essentieel om te kunnen vaststellen of een chirurgische apicale endodontische behandeling succesvol is geweest. Omdat de patiënt vaak klachtenvrij is, is het duidelijk dat vooral de röntgenologische evaluatie belangrijk is. Controlefoto's maken het mogelijk de direct postoperatieve situatie te vergelijken met die op een later tijdstip, bijvoorbeeld na drie, zes of twaalf maanden (afb. 7 en 8).



Afb. 7. Apicale radiolucentie van gebitsselement 34 (a); situatie een jaar na chirurgische apicale endodontie (b).



Afb. 6. IRM[®] klaar voor gebruik.



Afb. 8. Gebitselement 36 met periapicale radiolucentie (a); controlefoto direct na chirurgische apicale endodontie (b); controlefoto na 3 maanden (c).

Microchirurgie

Met het beschikbaar komen van microchirurgische instrumenten in het begin van de jaren negentig van de vorige eeuw is er een duidelijke verbetering opgetreden in vooral de kwaliteit van de retrograde apicale preparatie en vulling. De chirurgische retrotips zijn nu veelal ingeburgerd. Uit onderzoeken is gebleken dat retrotips minder tandweefsel verwijderen en dat een veel kleinere smearlaag in het kanaal wordt gevormd dan met de conventionele microkopjes (Abedi *et al*, 1995; Lin *et al*, 1998). Ook is de retrograde preparatie dieper te maken met een parallel verloop in het wortelkanaal (Mehlhoff *et al*, 1997). Verder maakt het gebruik van microinstrumentarium het mogelijk om de apex te prepareren via een kleinere toegang. Het botluik kan klein blijven, waardoor minder trauma en betere genezing optreden (Mehlhoff *et al*, 1997). Von Arx *et al* (2001) benadrukten vooral de mogelijkheid om met behulp van microchirurgie adequaat de isthmus te prepareren, hetgeen vaak tot betere resultaten leidt in meerwortelige gebitselementen.

Tot zeer goede resultaten kan het gebruik van een operatiemicroscop leiden (afb. 9). Door de vergroting kan de isthmus worden gevisualiseerd. Rubinstein en Kim (1999) rapporteerden succesvolle behandelingen in 97% van de gevallen bij chirurgische apicale endodontie in molaren. De voordelen liggen vooral in de betere controle over de chirurgische techniek door een betere visualisering van de apex. Een belangrijke beperking is dat bij toenemende vergroting een evenredig verlies in diepte optreedt. De behandelaar moet daarom afhankelijk van de situatie de benodigde vergroting bepalen.

Lasers

Er is nog weinig onderzoek verricht naar het gebruik van lasers in de chirurgische apicale endodontie, maar de toepassingen lijken veelbelovend. De CO₂-laser

wordt vooral gebruikt voor het afdichten en steriliseren van de dentinetubuli. Verder is de hemostase die met laser kan worden verkregen een belangrijk voordeel voor het zicht op de apex. Onderzoeken laten succespercentages zien die tot 98 kunnen oplopen (Melcer *et al*, 1981). Het gebruik van CO₂-laser in het alveolaire bot kan mogelijk de genezing van het bot vertragen. Ook is melding gemaakt van het ontstaan van sekwesters na het gebruik van laser (Fisher en Frame, 1984). Door gebruik te maken van verschillende instellingen in energie kunnen verschillende toepassingen worden onderscheiden, namelijk de verwijdering van granulatiweefsel, de hemostase, de preparatie in dentine en de preparatie in alveolair bot (Friedman *et al*, 1991). Meer onderzoek en klinische ervaring zullen de positie van lasers in de endodontische chirurgie in de toekomst bepalen.

Slotbeschouwingen

De veelvuldig gebruikte term apexresectie is te beperkt aangezien de chirurgische apicale endodontie veel meer omvat dan slechts de resectie van een apex.

Een chirurgische apicale endodontische behandeling met retrograde afsluiting moet niet worden gezien als een vervanging van, maar als een aanvulling op de conventionele wortelkanaalbehandeling. De tandarts-algemeen practicus zal derhalve pas in niet meer conventioneel te behandelen gebitselementen moeten 'uitwijken' naar een chirurgische optie.

In het bijzonder de recente ontwikkelingen in de microchirurgie op het terrein van technieken, instrumentarium en apparatuur maken de chirurgische apicale endodontie een belangrijk behandelalternatief als een conventionele behandeling niet (meer) mogelijk is.

Literatuur

- ABEDI HR, VAN MIERLO BL, WILDER-SMITH P, TORABINEJAD M. Effects of ultrasonic root-end cavity preparation on the root apex. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 1995; 80: 207-213.
- ADAMO HL, BURUJANA R, SCHERTZER L, BOYLAN RJ. A comparison of MTA, Super-EBA, composite and amalgam as root-end filling materials using a bacterial microleakage model. *Int Endod J* 1999; 32: 197-203.
- ARX T VON, GERBER C, HARDT N. Periradicular surgery of molars: a prospective clinical study with a one-year follow-up. *Int Endod J* 2001; 34: 520-525.
- BATENBURG RHK, RAGHOEBAR GM, SCHOEN PJ, BOS RRM, STEGENGA B. Extractieer en dento-alveolaire chirurgie. In: Stegenga B, Vissink

Afb. 9. Opstelling voor microscopische chirurgische apicale endodontie



A, Bont LGM de. Mondziekten en kaakchirurgie. Assen: Van Gorcum, 2000.

- BELTES P, ZERVAS P, LAMBRIANIDIS T, MOLYVDAS I. *In vitro* study of the sealing ability of four retrograde filling materials. *Endod Dent Traumatol* 1988; 4: 82-84.
- BLACKMAN R, GROSS M, SELTZER S. An evaluation of the biocompatibility of a glass ionomer-silver cement in connective tissue. *J Endod* 1989; 15: 76-79.
- BONDRA DL, HARTWELL GR, MACPHERSON MG, PORTELL FR. Leakage *in vitro* with IRM, high copper amalgam, and EBA cement as retrofilling materials. *J Endod* 1989; 15: 157-160.
- 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: 520-526.
- CLEEN MJH DE, SCHUURS AHB, WESSELINK PR, WU MK. Periapical status and prevalence of endodontic treatment in an adult Dutch population. *Int Endod J* 1993; 26: 112-119.
- DORN SO, GARTNER AH. Retrograde filling materials: a retrospective success-failure study of amalgam, EBA, and IRM. *J Endod* 1990; 16: 391-393.
- FISCHER EJ, ARENS DE, MILLER CH. Bacterial leakage of mineral trioxide aggregate as compared with zinc-free amalgam, intermediate restorative material, and Super-EBA as a root-end filling material. *J Endod* 1998; 24: 176-179.
- FISHER SE, FRAME JW. The effects of the carbon dioxide surgical laser on oral tissues. *Br J Oral Maxillofac Surg* 1984; 22: 414-425.
- FRIEDMAN S, ROTSTEIN I, MAHAMID A. *In vivo* efficacy of various retrofills and of CO₂ laser in apical surgery. *Endod Dent Traumatol* 1991; 7: 19-25.
- GILHEANY PA, FIGDOR D, TYAS MJ. Apical dentin permeability and microleakage associated with root end resection and retrograde filling. *J Endod* 1994; 20: 22-26.
- KIRKEVANG LL, ØRSTAVIK D, HØRSTED-BINDSLEV P, WENZEL A. Periapical status and quality of root fillings and coronal restorations in a Danish population. *Int Endod J* 2000; 33: 509-515.
- KING KT, ANDERSON RW, PASHLEY DH, PANTERA EA JR. Longitudinal evaluation of the seal of endodontic retrofillings. *J Endod* 1990; 16: 307-310.
- LIN CP, CHOU HG, KUO JC, LAN WH. The quality of ultrasonic root-

end preparation: a qualitative study. *J Endod* 1998; 24: 666-670.

- MARQUES MD, MOREIRA B, ERIKSEN HM. Prevalence of apical periodontitis and results of endodontic treatment in an adult, Portuguese population. *Int Endod J* 1998; 31: 161-165.
- MELCER F, MELCER J, DEJARDIN J, LANCRET J, GAUTIER J. Short- and middle term results in human dentistry after CO₂ laser beam exposition. In: Atsumi K, Nimsakul N, eds. *Proceedings of the 4th Congress of the International Society for Laser Surgery*. Tokyo: 1981.
- MEHLHAFF DS, MARSHALL JG, BAUMGARTNER JC. Comparison of ultrasonic and high-speed-bur root-end preparations using bilaterally matched teeth. *J Endod* 1997; 23: 448-452.
- ROUX D, DOMEJEAN-ORLAGUET S, SAADE M. Leakage associated with intermediate restorative material and glass-ionomer cement retrograde fillings: a human and sheep teeth comparison with 2 different aging procedures. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2002; 93: 81-87.
- RUBINSTEIN RA, KIM S. Short-term observation of the results of endodontic surgery with the use of a surgical operation microscope and Super-EBA as root-end filling material. *J Endod* 1999; 25: 43-48.
- RUD J, RUD V, MUNKSGAARD EC. Periapical healing of mandibular molars after root-end sealing with dentine-bonded composite. *Int J Endod* 2001; 34: 285-292.
- SAUNDERS WP, SAUNDERS EM, SADIQ J, CRUICKSHANK E. Technical standard of root canal treatment in an adult Scottish sub-population. *Br Dent J* 1997; 182: 382-386.
- 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: 591-595.
- TORABINEJAD M, RASTEGAR AF, KETTERING JD, PITT FORD TR. Bacterial leakage of mineral trioxide aggregate as a root-end filling material. *J Endod* 1995; 21: 109-112.
- WELLER RN, KOCH KA. *In vitro* radicular temperatures produced by injectable thermoplasticized gutta-percha. *Int Endod J* 1995; 28: 86-90.
- WILSON AD, KENT BE. A new translucent cement for dentistry. The glass ionomer cement. *Br Dent J* 1972; 132: 133-135.
- ZETTERQVIST L, HALL G, HOLMLUND A. Apicectomy: a clinical comparison of amalgam and glass ionomer cement as apical sealant. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1991; 71: 489-491.

Apical endodontic surgery

If (a revision of) a conventional endodontic treatment is not possible or not successful, apical endodontic surgery can be indicated. The contemporary indications, the better retrograde preparation techniques with ultrasonic retro-tips, and the better visualisation of the operation area with an operation microscope can lead to higher success percentages. Moreover, the current developments in the field of compatible filling materials are promising. Also the application of lasers is promising, but has still to prove its clinical usefulness.

Summary

Key words:

- Endodontology
- Apicectomy
- Oral and maxillofacial surgery