

Valg af materiale til retrograd rodfyldning

En litteraturoversigt

Simon Storgård Jensen, Per Green Toft, Søren Schou og Anders Nattestad

Anvendelse af amalgam til retrograd rodfyldning har været forbudt siden 15. oktober 1998. Flere forskellige typer af materialer har været foreslået som alternativer til amalgam ved retrograd rodfyldning, men kun få er dokumenterede i kliniske undersøgelser. Nærværende artikel præsenterer en gennemgang af materialeegenskaber og kliniske resultater for de bedst dokumenterede alternative materialer til amalgam.

Amalgam har i mange år været det hyppigst anvendte materiale til retrograd rodfyldning. Det fremgår imidlertid af Miljøstyrelsens bekendtgørelse fra september 1998 om forbud mod salg og eksport af kviksølv og kviksølvholdige produkter at anvendelse af amalgam til retrograd rodfyldning er forbudt efter 15. oktober 1998 (1). Baggrunden for forbudet mod anvendelse af amalgam til retrograd rodfyldning er en høringsrunde som konkluderede at der i dag eksisterer egnede alternative materialer. Formålet med nærværende artikel er at redegøre for den eksisterende viden om mulige alternative materialer til amalgam til retrograd rodfyldning.

Mange forskellige typer af materialer har været foreslået som alternativer til amalgam til retrograd rodfyldning (for oversigt se (2)). De fleste er imidlertid aldrig dokumenteret i kliniske undersøgelser, og enkelte er kun rapporteret i kasuistisk form. Nærmere omtale af disse materialer falder derfor uden for rammerne af nærværende artikel. De bedst dokumenterede materialer er nævnt i Tabel 1.

Talrige laboratorieundersøgelser har fokuseret på disse materials forskellige egenskaber. Flere in vivo-undersøgelser har imidlertid vist dårlig korrelation til undersøgelser udført i laboratoriet (3,4). Nærværende artikel vil derfor efter nogle korte indledende betragtninger om materialeegenskaber fortrinsvis koncentrere sig om den foreliggende kliniske dokumentation af potentielle materialer til retrograd rodfyldning.

Materialeegenskaber

Et retrogradt rodfyldningsmateriale skal være biokompatibelt, uopløseligt og forhindre udsivning af bakterier og disses toksiner fra rodkanalen til det periapikale område. Endvidere foretrækkes materialer med god radiopacitet, lille tekniskfølsomhed og gode håndteringsegenskaber. Der eksisterer endnu ikke et materiale, som besidder alle disse egenskaber.

Egenskaberne for de bedst dokumenterede materialer er opsummeret i Tabel 2.

Biokompatibilitet

Et materials biokompatibilitet testes fortrinsvis i cellekulturer og ved eksperimentel implantation på forsøgsdyr. Alle de nævnte materialer har vist lav cytotoxicitet og har forårsaget ingen eller kun mild inflammatorisk reaktion (5-18). Komposit plast, forstærkede zinkilte-eugenol-cementer (specielt IRM) og glasionomercementer viser initialt i afbindingsforløbet let cytotoxicitet, som dog hurtigt aftager (6,8,11).

Opløselighed

Kun MTA og Retroplast har ikke vist tegn på disintegration

Tabel 1. De bedst dokumenterede materialer til retrograd rodfyldning.

Materialenavn	Materialetype
EBA cement (<i>o</i> -ethoxybenzoesyre cement)	Forstærket zinkilte-eugenol-cement
IRM cement (<i>intermediate restorative material</i>)	Forstærket zinkilte-eugenol-cement
Chem-Fil	Glasionomercement
Vitrebond	Glasionomercement
Fuji II	Glasionomercement
Retroplast	Komposit plast
MTA (<i>Mineral Trioxide Aggregate</i>)	Tricalciumsilikat, tricalciumaluminat, tricalciumoxid og silikatoxid

ved lagring i vand (19-22). Den manglende afspejling af pH-forhold, osmolaritet og dynamik i det periapikale miljø i laboratorieforsøg samt de minimale registrerede forskelle gør imidlertid, at disse resultater må tolkes med meget stor forsigtighed (23).

Forseglingsevne

Retrograde rodfyldningsmaterialers forseglingssevne er blevet sammenlignet i et imponerende antal laboratorieundersøgelser (24-52). Den tidligere nævnte dårlige sammenhæng mellem resultater af laboratorieundersøgelser og vævsreaktioner observeret *in vivo* rejser imidlertid spørgsmålet om de videnskabelige ressourcer ikke i højere grad burde anvendes på relevant metodeudvikling end på fortsat evaluering af farvepenetration samt simuleret bakterie- og endotoksinlækage på ekstraherede tænder (4,53). Ud fra teoretiske betragtninger synes det dog fortsat relevant fortrinsvis at arbejde videre med de materialer der *in vitro* har vist bedst evne til at hindre udsivning af bakterier og disses toksiner. Før resultaterne af disse undersøgelser sammenlignes, er det imidlertid essentielt at forholde sig til de basale materialekarak-

teristika. Materialer uden nævneværdig kemisk binding til dentin, nemlig IRM, EBA og MTA bør placeres i underskårne kaviteter. Materialer der undergår afbindingskontraktion, som glasionomercement og i særdeleshed komposit plast, vil imidlertid udvikle marginale spalter. Disse materialer vil derfor udvise forventelig manglende forseglingssevne, såfremt de placeres i kaviteter. Det er således ikke muligt i samme undersøgelsesdesign at sammenligne så basalt forskellige materialetyper.

Sammenlignende undersøgelser har ikke kunnet påvise forskelle i forseglingssevnen mellem IRM og EBA (41,45,46). Flere rapporter har vist at MTA's forseglingssevne er bedre end IRM's og EBA's (38,45,46,52). Andre undersøgelser har ikke kunnet bekræfte denne forskel hvad angår EBA (48,54). Der er ikke publiceret kvantitative undersøgelser af forseglingssevnen af glasionomercement og komposit plast i et relevant undersøgelsesdesign, hvilket vil sige på let hulede resektionsflader og ikke i kaviteter.

Radiopacitet

Det anvendte materiales radiopacitet er væsentlig ved den

Tabel 2. Materialeegenskaber.

	Biokompatibilitet	Biostabilitet	Forseglingssevne	Radiopacitet	Teknikfølsomhed***
EBA cement	++	++	++	+++	+
IRM cement	++	+	++	+++	+
Glasionomercement	++	++	+	—*	+++
Retroplast	+++	+++	+++	—**	+++
MTA	+++	+++	+++	+++	+

* Afhænger af typen af glasionomercement

** Ikke undersøgt i henhold til ISO standarder

*** Forfatterens subjektive vurdering af materialerelaterede vanskeligheder i relation til det kirurgiske indgreb

postoperative radiologiske evaluering. Sufficient radiopacitet er nødvendig for vurdering af periapikal healing, in situ-placering af den retrograde fyldning, samt for kvantitering af eventuel disintegration af materialet på længere sigt. If. ISO's standarder bør materialer der anvendes til retrograd rodfyldning udvise en radiopacitet svarende til mindst 3 mm aluminium. Dette krav opfyldes af IRM, EBA og MTA (21,55). Graden af radiopacitet varierer betydeligt i gruppen af glasionomercement og kompositte plastmaterialer (55-57). Disse materialer må derfor vurderes individuelt.

Teknikfølsomhed og håndteringsegenskaber

Det er ofte vanskeligt at forhindre blodkontaminering af resektionsfladen under et endodontisk kirurgisk indgreb. Ændringer i de enkelte materials forseglingssevne og opløselighed efter kontaminering af resektionsfladen med blod eller vand in vitro kan anvendes til vurdering af materialernes teknikfølsomhed. Forseglingssevnen af IRM, EBA og MTA har vist sig uafhængig af om dentinoverfladen kontamineres med blod (58). Det gælder endvidere for glasionomercement at bindingsstyrken til dentin ikke nedsættes hvis dentinen er fugtet med vand (59). Det er imidlertid tvivlsomt om de samme forhold gør sig gældende, når dentinen kontamineres med blod. Sikkert er det derimod at komposit plasts bindingssevne reduceres betydeligt ved saliva- og blodkontaminering umiddelbart før plastapplikation (60). Det er uafklaret i hvor høj grad tidlig vand-/blodkontakt på længere sigt påvirker de enkelte materials opløselighed.

Dyreeksperimentelle undersøgelser

Optimal healing af periapikale læsioner er histologisk karakteriseret ved komplet ossøs healing, regeneration af parodontalligament samt nydannelse af rodcement med inserrerende parodontale fibre over resektionsfladen og den retrograde rodfyldning. Dyreeksperimentelle undersøgelser, hvor forholdene ved periapikal sygdom simuleres, er nødvendige for at forstå sammenhængen mellem såvel kliniske som radiologiske parametre samt det histologiske billede. Dyremodeller hvor induceret pulpal bakteriekontaminering medfører periapikal radiolucens, kan afdække reaktioner i det apikale væv vurderet i forskellige faser af helingsforløbet og således afspejle de enkelte materials biokompatibilitet og forseglingssevne efter retrograd rodfyldning. Sådanne undersøgelser har vist at EBA, IRM, glasionomercement og MTA er sammenlignelige med eller bedre end amalgam (5,61-70). Imidlertid synes forseglingssevnen af glasionomercement at være mindre effektiv end af de øvrige (68,71). Dette kan skyldes at smørelaget opløses af faktorer i det pulpale eller periapikale miljø, eller at materialerne i de nævnte studier

blev appliceret i en apikal kavitet hvor glasionomercementers afbindingskontraktion medfører spaltdannelse. I forbindelse med anvendelse af komposit plast i apikal kavitet er der påvist betydelig lavere helingsfrekvens end ved anvendelse af IRM cement, EBA cement og amalgam (62,68). I modsætning hertil er der påvist fuldstændig ossøs healing med gendannelse af parodontalligament og rodcement over Retroplast når denne placeres på en let hulet resektionsflade (72). Nydannelse af rodcement har i dyreeksperimentelle undersøgelser kun kunnet konstateres i forbindelse med anvendelse af komposit plast, MTA og EBA cement (67-69,72).

Kliniske undersøgelser

Helingsfrekvensen efter retrograd rodfyldning er i kliniske undersøgelser oftest evalueret vha. kliniske og radiologiske teknikker. Subjektive og objektive kliniske tegn på persisterende periapikal sygdom vil sædvanligvis medføre at operationen må betegnes som mislykket, hvorefter der enten foretages reoperation, eller den aktuelle tand ekstraheres. Kroniske periapikale inflammationstilstande manifesterer sig imidlertid ikke altid klinisk, hvorfor den radiologisk vurderede healing ofte anvendes alene til evaluering af succesraten. *Rud* og medarbejderes radiologiske kriterier til vurdering af healing efter endodontisk kirurgi er de hyppigst anvendte (73). If. disse kan en periapikal læsion et år postoperativt indplaceres i en af følgende fire grupper: 1) Komplet healing, 2) inkomplet healing (arvæv), 3) usikker healing eller 4) utilfredsstillende healing (Tabel 3). Til trods for at disse helingskriterier er fastlagt på baggrund af en større patientpopulation med både radiologisk og histologisk dokumentation, er korrelationen mellem det radiologiske billede og graden af periapikal inflammation vurderet histologisk dårlig (73-76). Endvidere er grupperingen forbundet med betragtelig inter- og intraindividuel variation (73,77,78). Digital subtraktionsradiografi har vist god korrelation med histologiske fund (79). Imidlertid er denne metode endnu ikke alment tilgængelig, hvorfor anvendelse af *Rud* og medarbejderes kriterier fortsat må anses for den bedst dokumenterede radiologiske evalueringsmetode efter endodontisk kirurgi. Efter ét år kan tilfælde der karakteriseres som komplet eller utilfredsstillende heledede, regnes som værende konstante, mens usikkert heledede læsioner efter 3-4 år oftest vil have udviklet sig til enten komplet eller utilfredsstillende heledede. Endvidere skal det anføres at læsioner der heler med arvæv, ikke bør regnes som mislykkede, medmindre der i øvrigt forekommer kliniske tegn på persisterende periapikal inflammation (73).

Kliniske studier af materialer til retrograd rodfyldning bør være prospektive, samt i henhold til ovenstående indbefatte kliniske og radiologiske data fra både ét og 3-4 år postopera-

Tabel 3. Ruds radiologiske kriterier til vurdering af heling efter endodontisk kirurgi.

Helingstype	Radiologisk beskrivelse
Komplet	Gendannet lamina dura og parodontalspalte indtil to gange normal bredde apikalt. Gendannet knoglestruktur, som dog ikke behøver at have fuldstændig radiopacitet. Går knoglestrukturen helt ind til roden, betragtes tilstanden som tilfredsstillende, selv om der ikke ses parodontalspalte.
Inkomplet/fibrøs/ arvæv	Kaviteten mindre eller stationær. Opklaringens periferi uregelmæssig, ofte asymmetrisk i forhold til roden med angulær overgang til parodontalspalten. Nydannet knogle ofte lamelleret.
Usikker	Knoglekaviteten mindre, men større end to gange normal parodontalspalte. Opklaringens periferi delvis cirkulær og overgangen til parodontalspalten tragtformet.
Mislykket	Opklaringen større eller uforandret i forhold til postoperativt billede eller tidligere kontrolbillede.

tivt. Såfremt undersøgelserne har til formål at sammenligne forskellige materialer, bør de endvidere være randomiserede. Sådanne undersøgelser er desværre fåtallige (80-82). I det hele taget er gruppen af kliniske undersøgelser både lille og inhomogen, hvorfor en egentlig sammenligning af materialerne bør foretages med meget stor varsomhed. Med de anførte forbehold gives herefter en gennemgang af den foreliggende kliniske dokumentation for de materialer der på nuværende tidspunkt kan tænkes anvendt som alternativer til amalgam.

EBA cement

En treårig prospektiv randomiseret undersøgelse af EBA cement har vist sammenlignelige resultater med amalgam (81). Procentdelen af tænder der radiologisk viste komplet heling efter tre år, var for EBA cement og amalgam henholdsvis 57% og 52%. I EBA cement-gruppen måtte 20% regnes for mislykkede, mens dette var tilfældet for 29% i amalgamgruppen. De resterende blev kategoriseret som usikkert heledede tilfælde. Komplet heling er rapporteret i 75% af tilfældene ved kontrol minimum ½ år efter retrograd rodfyldning med EBA cement i en retrospektiv sammenlignende undersøgelse af EBA cement, IRM cement og amalgam. Helingsfrekvensen for IRM cement og amalgam var i samme periode henholdsvis 74% og 58% (83). I en nyligt publiceret undersøgelse er der rapporteret komplet heling i 90% af tilfældene og kun 3% mislykkede efter ét år, når EBA cement blev appliceret under operationsmikroskop, og hvor den apikale kavitet blev præpareret med ultralyd (84). Det skal afslutningsvis anføres at EBA cement for tiden ikke er tilgængeligt på det europæiske marked pga. manglende CE-mærkning. If. producenten skulle denne godkendelse imidlertid være opnået i løbet af kort tid. Klinisk anvendelse af EBA cement er illustreret i Fig. 1.

IRM cement

IRM cement er aldrig blevet sammenlignet med andre materialer til retrograd rodfyldning i et prospektivt randomiseret klinisk design. En enkelt undersøgelse hvor IRM cement blev appliceret i apikale kaviteter præpareret med bor eller ultralyd (85), samt den nævnte retrospektive sammenligning med EBA cement og amalgam (83) tyder imidlertid på at IRM cement kan anvendes som alternativ til amalgam ved retrograd rodfyldning. Det skal dog understreges at langtidsundersøgelser ikke findes på nuværende tidspunkt.

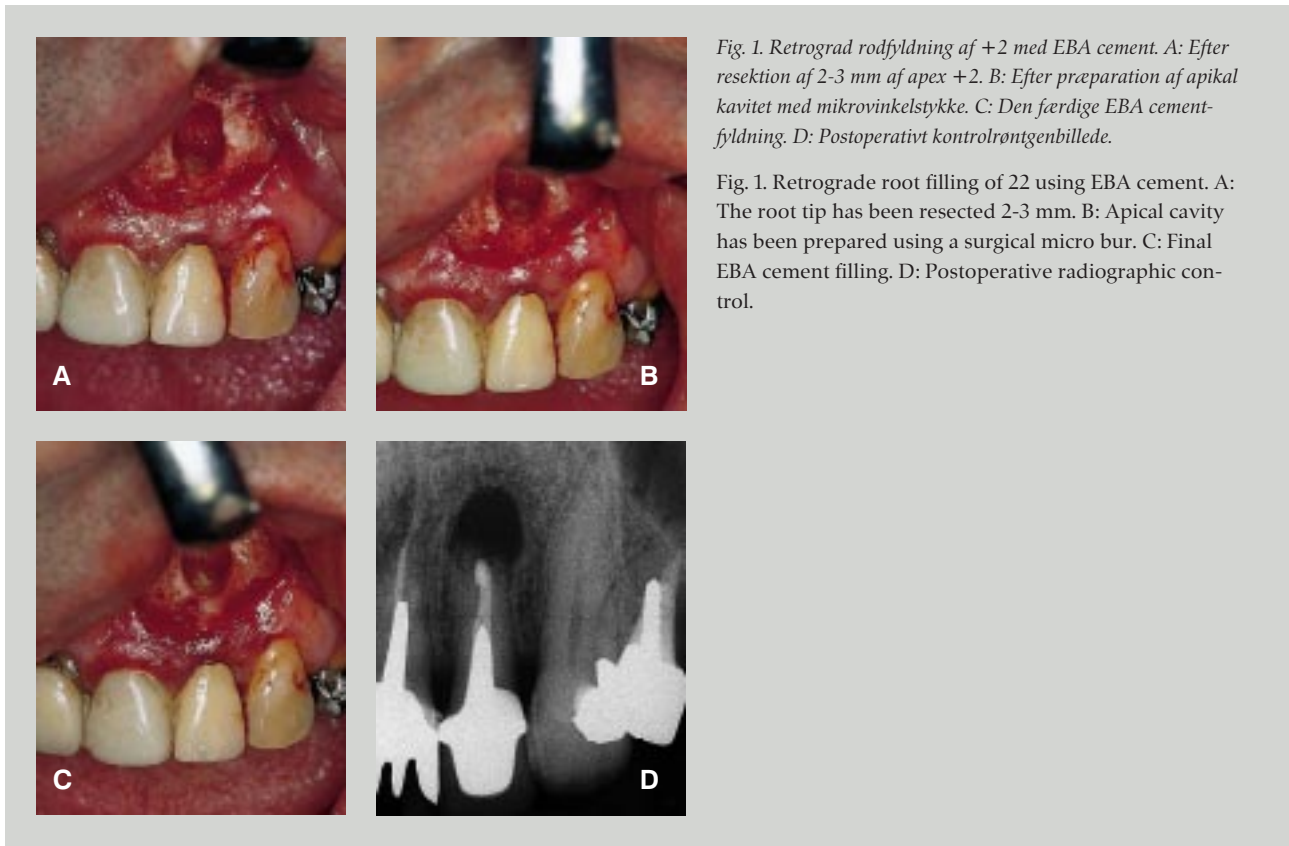
Glasionomercement

Glasionomercement til retrograd rodfyldning er blevet sammenlignet med amalgam efter ét og fem år i en prospektiv, randomiseret undersøgelse (80,82). Begge materialer blev appliceret i en apikal kavitet. Der blev efter fem år konstateret komplet heling hos 68% med glasionomercement og 49% med amalgam (82).

Efter ét år kunne der konstateres en dårligere prognose i de tilfælde hvor det apikale område var blevet kontamineret med blod eller væske i forbindelse med forseglingen (80). Denne tendens kunne overraskende ikke genfindes efter fem år (82). Glasionomercement er aldrig klinisk blevet sammenlignet med andre alternativer til amalgam i en randomiseret undersøgelse.

Komposit plast

Komposit plast er ligeledes aldrig blevet sammenlignet med andre materialer til retrograd rodfyldning end amalgam. Sammenlignet med amalgam viser Retroplast imidlertid væsentlig højere helingsfrekvens vurderet retrospektivt efter ét år (86). Efter 2-4 år viste 89% af 347 læsioner komplet heling efter anvendelse af Retroplast (87). Denne høje succesrate kan



tænkes at være et resultat af at hele resektionsfladen ved denne teknik forsejles og dermed også alle blottede dentintubuli og bikanaler.

Retroplast er netop under afprøvning mhp. snarlig CE-mærkning og er således heller ikke på nuværende tidspunkt tilgængeligt på markedet.

Klinisk anvendelse af Retroplast er illustreret i Fig. 2.

MTA

MTA er aldrig blevet vurderet i en klinisk undersøgelse. MTA kan derfor i øjeblikket ikke anbefales til retrograd rodfyldning. En klinisk undersøgelse skulle imidlertid være under udførelse.

Konklusion og afsluttende bemærkninger

På baggrund af in vitro-undersøgelser, dyreeksperimentelle undersøgelser samt kliniske studier er der solid videnskabelig dokumentation for at der i dag eksisterer materialer til retrograd rodfyldning, som er lige så gode eller endog bedre end amalgam. Prospektive randomiserede sammenlignende undersøgelser af disse materialer fra flere forskergrupper er

imidtildt nødvendige for at sandsynliggøre, hvilket materiale der er det bedste.

MTA forekommer lovende, men kan ikke anbefales på nuværende tidspunkt, idet der ikke foreligger dokumentation fra kliniske studier. Såfremt man ønsker at anvende en af de forholdsvis let håndtérbare forstærkede zinkilte-eugenolcementer må EBA cement anbefales så snart CE-mærkning er opnået. Som det fremgår ovenfor, er EBA cement dels bedre klinisk undersøgt, dels besidder EBA cement en række in vitro-dokumenterede fordele frem for IRM cement i form af lavere opløselighed, lavere initial cytotoxicitet samt evnen til at adhærere til dentin. Et væsentligt uafklaret spørgsmål mht. både EBA cement, IRM cement og glasionomercementer er imidlertid, hvorvidt den minimale disintegration på længere sigt vil få indflydelse på prognosen.

En enkelt forskergruppe har dokumenteret at anvendelse af komposit plast, i form af Retroplast, til retrograd rodfyldning medfører en særdeles høj helingsfrekvens på både kort og lang sigt. En fordel ved anvendelse af Retroplast er at der ikke skal præpareres apikal kavitet, men at resektionsfladen blot skal hules let. Dette udgør i særlig grad en fordel

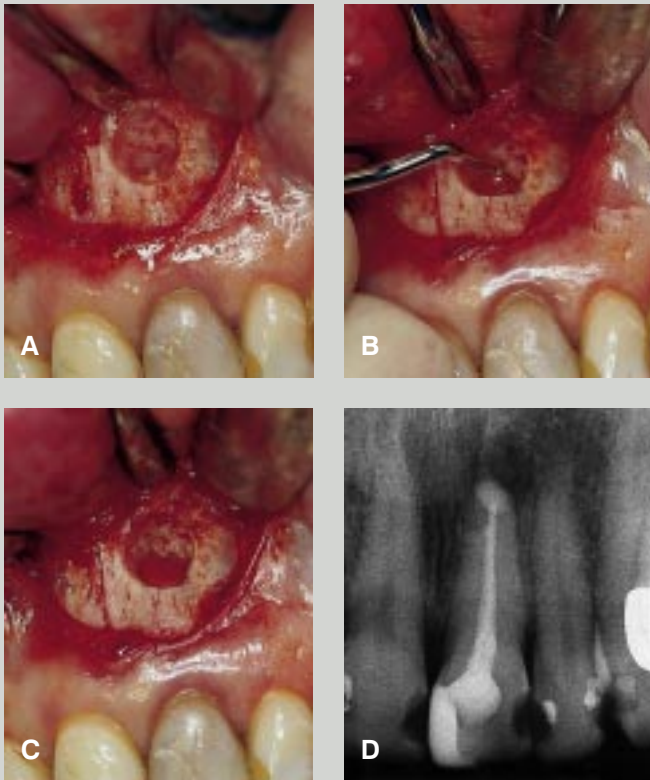


Fig. 2. Retrograd rodfyldning af +1 med Retroplast. A: Efter resektion af 2-3 mm af apex +1 er resektionsfladen præpareret let skålformet. B: Retroplast appliceres med lille ekskavator, efter at resektionsfladen er forbehandlet med dentinbinder. C: Den færdige Retroplastfyldning. D: Postoperativt kontrolrøntgenbillede.

Fig. 2. Retrograde root filling of 21 using Retroplast. A: The root tip has been resected 2-3 mm. The resection surface has been prepared slightly concave. B: Retroplast is applied using a small excavator. Prior to this the resection surface has been primed with a dentin bonding system. C: Completed Retroplast filling. D: Postoperative radiographic control.

når der forekommer knækkede rodfile, rodfyldning med sølvstifter og lange rodstifter. Samtidig hermed bliver hele resektionsfladen inklusiv bikanaler og blottede dentintubuli ved denne teknik forsejlet. Det er imidlertid forfatterens erfaring at anvendelse af Retroplast stiller så store krav til operatørens kirurgiske erfaring og til samarbejdet mellem klinikassistent og operatør at Retroplast udelukkende må anbefales til klinikker hvor der hyppigt udføres endodontisk kirurgi. Disse klinikker må imidlertid vente tålmodigt på CE-mærkning af Retroplasten.

Docent, dr.odont. Erik Christian Munksgaard, Afdeling for Dentalmaterialer, Odontologisk Institut, Det Sundhedsvidenskabelige Fakultet, Københavns Universitet, takkes for velvillig gennemlæsning af manuskriptet og værdifulde kommentarer.

English summary

Materials for retrograde root fillings. A review of the literature

Amalgam has for many years been the most frequently used material for retrograde root fillings. However, amalgam for this specific purpose is no longer allowed in some countries, including Denmark. Numerous types of materials have been

proposed as alternatives to amalgam for retrograde root fillings. Although intensive research using laboratory tests have been performed to evaluate the apical sealing ability of various materials, only few materials have been evaluated in clinical trials. The best documented materials are reinforced zinc oxide eugenol cements, glass ionomer cements, mineral trioxide aggregate and composite resin in the form of Retroplast. This article reviews the characteristics of the different materials with the main focus on the clinical aspects.

Litteratur

1. Bekendtgørelse nr. 692 af 22. september 1998 om forbud mod salg og eksport af kviksølv og kviksølvholdige produkter. Miljøstyrelsen.
2. Gutmann JL, Harrison JW. Surgical endodontics. Oxford: Blackwell Scientific Publications; 1991.
3. Mjör IA. A comparison of in vivo and in vitro methods for toxicity testing of dental materials. Int Endod J 1980; 13: 139-42.
4. Wu MK, Wesselink PR. Endodontic leakage studies reconsidered. Part I. Methodology, application and relevance. Int Endod J 1993; 26: 37-43.
5. Callis PD, Santini A. Tissue response to retrograde root fillings in

- the ferret canine: A comparison of a glass ionomer cement and guttapercha with sealer. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1987; 64: 475-9.
6. Peltola M, Salo T, Oikarinen K. Toxic effects of various retrograde root filling materials on gingival fibroblasts and rat sarcoma cells. *Endod Dent Traumatol* 1992; 8: 120-4.
 7. Andreasen JO, Munksgaard EC, Fredebo L, Rud J. Periodontal tissue regeneration including cementogenesis adjacent to dentin-bonded retrograde composite fillings in humans. *J Endod* 1993; 19: 151-3.
 8. Bruce GR, McDonald NJ, Sydiskis RJ. Cytotoxicity of retrofill materials. *J Endod* 1993; 19: 288-92.
 9. Sasanaluckit P, Albustany KR, Doherty PJ, Williams DF. Biocompatibility of glass ionomer cements. *Biomaterials* 1993; 14: 906-16.
 10. Owadally ID, Chong BS, Ford TRP. Biological properties of IRM with the addition of hydroxyapatite as a retrograde root filling material. *Endod Dent Traumatol* 1994; 10: 228-32.
 11. Chong BS, Owadally ID, Ford TRP, Wilson RF. Cytotoxicity of potential retrograde root-filling materials. *Endod Dent Traumatol* 1994; 10: 129-33.
 12. DeGrood ME, Oguntebi BR, Cunningham CJ, Pink R. A comparison of tissue reactions to Ketac-Fil and amalgam. *J Endod* 1995; 21: 65-9.
 13. Kettering JD, Torabinejad M. Investigation of mutagenicity of mineral trioxide aggregate and other commonly used root-end filling materials. *J Endod* 1995; 21: 537-9.
 14. Ford TRP, Andreasen JO, Dorn SO, Kariyawasam SP. Effect of Super-EBA as a root end filling on healing after replantation. *J Endod* 1995; 21: 13-5.
 15. Torabinejad M, Hong C, Ford TRP, Kariyawasam SP. Tissue reaction to implanted Super-EBA and mineral trioxide aggregate in the mandible of guinea pigs: A preliminary report. *J Endod* 1995; 21: 569-71.
 16. Torabinejad M, Hong C, Ford TRP, Kettering JD. Cytotoxicity of four root end filling materials. *J Endod* 1995; 21: 489-91.
 17. Oliva A, Della Ragione F, Salerno A, Riccio V, Tartaro G, Cozzolino A, et al. Biocompatibility studies on glass ionomer cements by primary cultures of human osteoblasts. *Biomaterials* 1996; 17: 1351-6.
 18. Osorio RM, Hefti A, Vertucci FJ, Shawley AL. Cytotoxicity of endodontic materials. *J Endod* 1998; 24: 91-6.
 19. Um CM, Øilo G. The effect of early water contact on glass-ionomer cements. *Quintessence Int* 1992; 23: 209-14.
 20. Torabinejad M, Hong C, McDonald F, Ford TRP. Physical and chemical properties of a new root-end filling material. *J Endod* 1995; 21: 349-53.
 21. Biggs JT, Benenati FB, Powell SE. Ten-year in vitro assessment of the surface status of three retrofilling materials. *J Endod* 1995; 21: 521-5.
 22. Arnold JW, Rueggeberg FA, Anderson RW, Weller RN, Borke JL, Pashley DH. The disintegration of SuperEBA in solutions with adjusted pH and osmolarity. *J Endod* 1997; 23: 663-8.
 23. Øilo G. Biodegradation of dental composites/glass-ionomer cements. *Adv Dent Res* 1992; 6: 50-4.
 24. Szeremeta-Browar TL, VanCura JE, Zaki AE. A comparison of the sealing properties of different retrograde techniques: an autoradiographic study. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1984; 59: 82-7.
 25. Zetterqvist L, Anneroth G, Danin J, Rödning K. Microleakage of retrograde fillings – a comparative investigation between amalgam and glass ionomer cement in vitro. *Int Endod J* 1988; 21: 1-8.
 26. Barkhordar RA, Pelzner RB, Stark MM. Use of glass ionomers as retrofilling materials. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1989; 67: 734-9.
 27. Thirawat J, Edmunds DH. The sealing ability of materials used as retrograde root fillings in endodontic surgery. *Int Endod J* 1989; 22: 295-8.
 28. Tuggle ST, Anderson RW, Pantera EA, Neaverth EJ. A dye penetration study of retrofilling materials. *J Endod* 1989; 15: 122-4.
 29. King KT, Anderson RW, Pashley DH, Pantera EA. Longitudinal evaluation of the seal of endodontic retrofillings. *J Endod* 1990; 16: 307-10.
 30. Chong BS, Ford TRP, Watson TF. The adaptation and sealing ability of light-cured glass ionomer retrograde root fillings. *Int Endod J* 1991; 24: 223-32.
 31. Pissiotis E, Sapounas G, Spångberg LSW. Silver glass ionomer as a retrograde filling material: A study in vitro. *J Endod* 1991; 17: 225-9.
 32. Danin J, Linder L, Sund M-L, Strömberg T, Torstenson B, Zetterqvist L. Quantitative radioactive analysis of microleakage of four different retrograde fillings. *Int Endod J* 1992; 25: 183-8.
 33. Peters LB, Harrison JW. A comparison of leakage of filling materials in demineralized and non-demineralized resected root ends under vacuum and non-vacuum conditions. *Int Endod J* 1992; 25: 273-8.
 34. Al-Ajam ADK, McGregor AJ. Comparison of the sealing capabilities of Ketac-Silver and extra high copper alloy amalgam when used as retrograde root canal filling. *J Endod* 1993; 19: 353-6.
 35. Ambus C, Munksgaard EC. Dentin bonding agents and composites retrograde root fillings. *Am J Dent* 1993; 6: 35-8.
 36. Chong BS, Ford TRP, Watson TF. Light-cured glass ionomer cement as a retrograde root seal. *Int Endod J* 1993; 26: 218-24.
 37. Moloney LG, Feik SA, Ellender G. Sealing ability of three materials used to repair lateral root perforations. *J Endod* 1993; 19: 59-62.
 38. Torabinejad M, Watson TF, Ford TRP. Sealing ability of a mineral trioxide aggregate when used as a root end filling material. *J Endod* 1993; 19: 591-5.
 39. Özata F, Erdilek N, Tezel H. A comparative sealability study of different retrofilling materials. *Int Endod J* 1993; 26: 241-5.
 40. Crooks WG, Anderson RW, Powell BJ, Kimbrough WF. Longitudinal evaluation of the seal of IRM root end fillings. *J Endod* 1994; 20: 250-2.
 41. Higa RK, Torabinejad M, McKendry DJ, McMillan PJ. The effect of storage time on the degree of dye leakage of root-end filling materials. *Int Endod J* 1994; 27: 252-6.
 42. MacDonald A, Moore BK, Newton CW, Brown CE. Evaluation of an apatite cement as a root end filling material. *J Endod* 1994; 20: 598-604.
 43. Chong BS, Ford TRP, Wilson RF. Sealing ability of potential retrograde root filling materials. *Endod Dent Traumatol* 1995; 11: 264-9.

44. O'Conner PR, Hutter JW, Roahen JO. Leakage of amalgam and Super-EBA root-end fillings using two preparation techniques and surgical microscopy. *J Endod* 1995; 21: 74-8.
45. Torabinejad M, Rastegar AF, Kettering JD, Ford TRP. Bacterial leakage of mineral trioxide aggregate as a root-end filling material. *J Endod* 1995; 21: 109-12.
46. Torabinejad M, Smith PW, Kettering JD, Ford TRP. Comparative investigation of marginal adaptation of mineral trioxide aggregate and other commonly used root-end filling materials. *J Endod* 1995; 21: 295-9.
47. Vignaroli PA, Anderson RW, Pashley DH. Longitudinal evaluation of the microleakage of dentin bonding agents used to seal resected root apices. *J Endod* 1995; 21: 509-12.
48. Bates CF, Carnes DL, del Rio CE. Longitudinal sealing ability of mineral trioxide aggregate as a root-end filling material. *J Endod* 1996; 22: 575-8.
49. Gerhards F, Wagner W. Sealing ability of five different retrograde filling materials. *J Endod* 1996; 22: 463-6.
50. Rosales JJ, Vallecillo M, Osorio R, Bravo M, Toledano M. An in vitro comparison of microleakage in three glass ionomer cements used as retrograde filling materials. *Int Dent J* 1996; 46: 15-21.
51. 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: 176-9.
52. Wu M-K, Kontakiotis EG, Wesselink PR. Long-term seal provided by some root-end filling materials. *J Endod* 1998; 24: 557-60.
53. Torabinejad M, Lee S-J, Hong C-U. Apical marginal adaptation of orthograde and retrograde root end fillings: A dye leakage and scanning electron microscopic study. *J Endod* 1994; 20: 402-7.
54. Adamo HL, Buruiana 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.
55. Shah PMM, Chong BS, Sidhu SK, Ford TRP. Radiopacity of potential root-end filling materials. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 1996; 81: 476-9.
56. Willems G, Noack MJ, Inokoshi S, Lambrechts P, Van Meerbeek B, Braem M, et al. Radiopacity of composites compared with human enamel and dentine. *J Dent* 1991; 19: 362-5.
57. Skartveit L, Halse A. Radiopacity of glass ionomer materials. *J Oral Rehab* 1996; 23: 1-4.
58. Torabinejad M, Higa RK, McKendry DJ, Ford TRP. Dye leakage of four root end filling materials: Effect of blood contamination. *J Endod* 1994; 20: 159-63.
59. Staehle HJ. Experimentelle Untersuchungen über die Haftung von drei verschiedenen zahnärztlichen Präparaten am Dentin bei unterschiedlichen Versuchsbedingungen. *Dtsch Zahnärztl Z* 1986; 41: 743-6.
60. Munksgaard EC, Rud J, Asmussen E. Retrograd rodfyldning med plast og dentinbinder: adaptering og bindingsstyrke. *Tandlægebladet* 1989; 93: 157-60.
61. Zetterqvist L, Anneroth G, Nordenram Å. Glass-ionomer cement as retrograde filling material. An experimental investigation in monkeys. *Int J Oral Maxillofac Surg* 1987; 16: 459-64.
62. 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.
63. Andreasen JO, Ford TRP. A radiographic study of the effect of various retrograde fillings on periapical healing after replantation. *Endod Dent Traumatol* 1994; 10: 276-81.
64. Ford TRP, Andreasen JO, Dorn SO, Kariyawasam SP. Effect of IRM root end fillings on healing after replantation. *J Endod* 1994; 20: 381-5.
65. Ford TRP, Andreasen JO, Dorn SO, Kariyawasam SP. Effect of Super-EBA root end filling on healing after replantation. *J Endod* 1995; 21: 13-5.
66. Ford TRP, Andreasen JO, Dorn SO, Kariyawasam SP. Effect of various zinc oxide materials as root-end fillings on healing after replantation. *Int Endod J* 1995; 28: 273-8.
67. Torabinejad M, Hong C, Lee S, Monsef M, Ford TRP. Investigation of mineral trioxide aggregate for root-end filling in dogs. *J Endod* 1995; 21: 603-9.
68. Trope M, Lost C, Schmitz H, Friedman S, Hill C. Healing of apical periodontitis in dogs after apicoectomy and retrofilling with various filling materials. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 1996; 81: 221-8.
69. Torabinejad M, Ford TRP, 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.
70. Harrison JW, Johnson SA. Excisional wound healing following the use of IRM as a root-end filling material. *J Endod* 1997; 23: 19-27.
71. Ford TRP, Roberts GJ. Tissue response to glass ionomer retrograde root fillings. *Int Endod J* 1990; 23: 233-8.
72. Rud J, Munksgaard EC, Andreasen JO, Rud V, Asmussen E. Retrograde root filling with composite and a dentin-bonding agent. 1. *Endod Dent Traumatol* 1991; 7: 118-25.
73. Rud J, Andreasen JO, Jensen JEM. Radiographic criteria for the assessment of healing after endodontic surgery. *Int J Oral Surg* 1972; 1: 195-214.
74. Arwill T, Persson G, Thilander H. The microscopic appearance of the periapical tissue classified as »uncertain« or »unsuccessful« after apicoectomy. *Odontol Rev* 1974; 25: 27-42.
75. Chong BS, Ford TRP, Kariyawasam SP. Short-term tissue response to potential root-end filling materials in infected root canals. *Int Endod J* 1997; 30: 240-9.
76. Chong BS, Ford TRP, Wilson RF. Radiological assessment of the effects of potential root-end filling materials on healing after endodontic surgery. *Endod Dent Traumatol* 1997; 13: 176-9.
77. Reit C, Hollender L. Radiographic evaluation of endodontic therapy and influence of observer variation. *Scan J Dent Res* 1983; 91: 205-12.
78. Halse A, Molven O, Grung B. Follow-up after periapical surgery: the value of the one-year control. *Endod Dent Traumatol* 1991; 7: 246-50.
79. Delano EO, Tyndall D, Ludlow JB, Trope M, Lost C. Quantitative radiographic follow-up of apical surgery: A radiometric and histologic correlation. *J Endod* 1998; 24: 420-6.
80. Zetterqvist L, Hall G, Holmlund A. Apicoectomy: A comparative clinical study of amalgam and glass ionomer cement as apical

- sealants. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1991; 71: 489-91.
81. Panteshev A, Carlsson A, Andersson L. Retrograde root filling with EBA cement or amalgam. A comparative clinical study. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1994; 78: 101-4.
82. Jesslén P, Zetterqvist L, Heimdahl A. Long-term results of amalgam versus glass ionomer cement as apical sealant after apicectomy. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1995; 79: 101-3.
83. Dorn SO, Gartner AH. Retrograde filling materials: A retrospective success-failure study of amalgam, EBA, and IRM. *J Endod* 1990; 16: 391-3.
84. 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: 43-8.
85. Bader G, Lejeune S. Prospective study of two retrograde endodontic apical preparations with and without the use of CO2 laser. *Endod Dent Traumatol* 1998; 14: 75-8.
86. Rud J, Andreassen JO, Rud V. Retrograd rodfyldning med plast og dentinbinder: Helingsfrekvens sammenlignet med retrograd amalgam. *Tandlægebladet* 1989; 93: 267-73.
87. Rud J, Rud V, Munksgaard EC. Retrograde root filling with dentin-bonded modified resin composite. *J Endod* 1996; 22: 477-80.

Forfattere

Simon Storgård Jensen, tandlæge

Klinik for Tand-, Mund- og Kæbekirurgi, Rigshospitalet, og Afdeling for Tand-, Mund- og Kæbekirurgi, Odontologisk Institut, Det Sundhedsvidenskabelige Fakultet, Københavns Universitet

Per Green Toft, tandlæge

Privat praksis

Søren Schou, lektor, tandlæge, ph.d., og *Anders Nattestad*, lektor, tandlæge, ph.d.

Afdeling for Tand-, Mund- og Kæbekirurgi, Odontologisk Institut, Det Sundhedsvidenskabelige Fakultet, Københavns Universitet