

Här presenteras den femte artikeln om dentala material.
Tidigare artiklar i serien har publicerats
i Tandläkartidningen nummer 4, 5 och 7/2017.



Översikt. Del av artikelserien Dentala material.
Godkänd för publicering den 18 augusti 2016.
Artikeln är översatt från danska av Öresunds Översättningsbyrå, Lund.

Endodontiska spolvätskor och rotfyllningsmaterial

Avsikten med rotfyllning är att förhindra inträngning av bakterier i rotkanalen, liksom näringstillförsel och tillväxt av kvarvarande bakterier i kanalen. Artikeln handlar om instrumenteringstekniker, de vanligaste spolvätskorna samt egenskaper hos kärnmaterial och sealers. Det finns flera kärn- och sealermaterial med olika kemiska och biologiska egenskaper. En tät och fullständig rotfyllning med koronal förslutning och adekvat restaurering är av avgörande betydelse för en lyckad behandling.

Rotfyllningen avslutar den klassiska triaden i endodontisk behandling: biomekanisk (kemomekanisk) instrumentering, desinfektion och obturation. Avsikten med rotfyllningen är att förhindra penetration av bakterier in till rotkanalen (rotkanalsystemet) samt näringstillförsel och tillväxt av kvarvarande bakterier. Rotfyllningens funktion blir därmed att fylla ut och täta kanalen samt att döda alla eventuella mikroorganismer. Detta görs oftast med hjälp av ett kärnmaterial och en sealer. Kärnmaterialen fungerar som en kolv, som trycker ut sealern i rotkanalsystemet. Förutom den nära kontakten med dentinet kommer sealern också att ha nära kontakt med periapikal mjukvävnad. Det ställs därmed både materialtekniska och biologiska krav på sealern. Rotfyllningen avslutas med en koronal förslutning för att förhindra att bakterier tränger in koronalt. En tät och fullständig rotfyllning som bedöms med hjälp av röntgen, med åtföljande adekvat koronal restaurering, är en pålitlig prediktor för ett lyckat resultat.



Författare

Gaute Floer Johnsen (bild), ph d- och specialistkandidat i endodonti, Avd för endodonti/avd för biomaterial, Inst för klinisk odontologi, Det odontologiska fakultet, Universitetet i Oslo, Norge.
E-post: gautejfj@odont.uio.no

Håkon Valen, forskare, ph d, NIOM – Nordisk Institutt for Odontologiska Material as, Oslo, Norge.

Dag Ørstavik, prof, Avd för endodonti, Inst för klinisk odontologi, Det odontologiska fakultet, Universitetet i Oslo, Norge.

INSTRUMENTERINGSTEKNIKER

Klassisk manuell instrumentering kompletteras med maskinell instrumentering av rotkanalen. Manuellt instrumenteras rotkanalen antingen genom filning, alltså polering från det apikala till det koronala, eller genom "reaming", det vill säga bortskrapning av dentinet med en roterande filrörelse i kanalen. Maskinell instrumentering sker antingen genom kontinuerlig rotation eller genom en reciprokerande fram- och tillbaka-rörelse med filen.

Traditionell instrumentering med 2 procent konicitet och guttaperka anpassad efter instrumenteringen säkerställer god anpassning av guttaperkakärnan apikalt, samtidigt som sealermängden minimeras. Lateral kondensering mer koronalt ska minimera mängden sealer; detsamma gör värmekondensering av guttaperka. Numera är det vanligt att man använder en ännu större konicitet, normalt 4 procent. För instrument med samma storlek vid apex blir diametern koronalt mycket större än vid 2 procent, och detta minskar behovet av extra filning i detta område. I vissa fall närmar man sig den situation då en ensam spets är konform med rotkanalen ända till pulpacavum, och man kan använda en "single-point"-teknik. Vissa instrumenteringssystem ger en jämn konicitet på till exempel 4 procent. Fast konicitet har den fördelen att spetsarna kan användas oavsett instrumentsystem. Ännu ett steg mot optimal preparering kom med så kallad varierande konicitet. Här har instrumenten varierande (fallande) stigning från apex till det koronala området. Slutresultatet är en instrumenterad kanal som har hög konicitet i

”Det finns ingen spolvätska som ensam kan leva upp till alla de egenskaper man vill ha.”

det apikala området, men som slutar i en moderat konicitet, normalt 4 procent, i den koronala delen av kanalen. När koniciteten varierar från apex till det koronala området passar standardiserade guttaperkaspetsar inte den instrumenterade kanalens form, och producenterna levererar guttaperkaspetsar som korrelerar med deras instrument (figur 1).

SPOLVÄTSKA

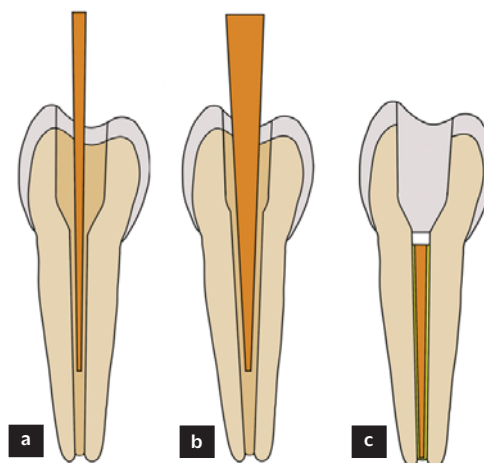
I denna översikt diskuterar vi endast de vanligaste spolvätskorna: natriumhypoklorit (NaOCl), etylendiamintetraättiksyra (EDTA), klorhexidindigluconat (CHX) och jodjodkalium, som används var för sig och/eller i kombination i olika procedurer.

Mekanisk instrumentering enbart medför inte en sådan reduktion av mikroorganismerna som krävs för en optimal prognos vid apikal parodontit [1]. Den mekaniska rotkanalinstrumenteringen kompletteras därför med riklig och noggrann tillförsel av olika spolvätskor. Instrumenteringsdelen av rotkanalterapin beskrivs därmed som en kemomekanisk procedur. Spolvätskorna är essentiella för tillfredsställande rotkanalterapi och fyller flera viktiga funktioner på grund av sina kemiska och antimikrobiella egenskaper [2]. Spolvätskornas primära funktion är aseptis i vitala fall och desinfektion av infekterade rotkanaler.

Rotkanalen får inte betraktas som ett runt och slätt rör, utan snarare som ett komplext underjordiskt grottsystem med varierande geometriskt tvärsnitt och sidokanaler. Ett rotkanalsystem kan ofta innehålla laterala och accessoriska kanaler (figur II), intraradikulära förbindelser i form av istmer, utlöpare, recesser och otillgängliga apikala ytterpunkter med komplicerade deltan. På grund av denna komplexitet är stora delar av rotkanalsystemet otillgängligt för rengöring med endodontiska instrument [3]. Ett av syftena med användning av spolvätska är därmed att nå dessa områden på bästa sätt för att effektivt lösa upp och spola bort nekrotisk, infekterad eller vital pulpaavvävnad. Detta kräver applikationsmetoder som ger god tillgänglighet apikalt. De olika applikationsteknikerna och metoderna för distribution och aktivering beskrivs inte närmare i denna översikt.

Instrumentering av dentinväggarna i rotkanalsystemet leder till bildning av ett så kallat slipskikt (smear-layer) [4], som täcker instrumenterade dentintytor och som dessutom kan bilda proppar i dentintubuli [5].

Det finns ingen spolvätska som ensam kan leva upp till alla de egenskaper man vill ha. Flera olika medel har använts i förbindelse med olika procedurer, allt i syfte att uppnå så många önskade egenskaper som möjligt.



Figur 1 a–c. Tand a och b visar schematiska bilder av när rotkanalen prepareras med instrument med en konicitet på 2 respektive 4 procent. Den förstnämndas dimension ökar med 0,02 mm/mm, medan den sistnämnda ökar med 0,04 mm/mm från filens spets. I detta fall har kärnmaterialet en konicitet som är anpassad efter koniciteten vid prepareringen. Tand c visar en färdig rotfylld tand där den koronala förslutningen förstärks med en propp på 2–4 mm av ett antibakteriellt fyllningsmaterial som IRM (vitt). Denna ska företrädesvis ligga från kanalöppningen ner till benet i direkt kontakt med själva rotfyllningen för att förhindra sekundär penetration av bakterier. Med ordet ”monoblock” avses en kemisk eller mekanisk bindning mellan kärnmateriale (orange), sealer (gul) och dentin.



Figur II. Tredimensionell avbildning från mikro-CT-skanning av den första permanenta premolaren med tre synliga lateralkanaler.

Natriumhypoklorit

NaOCl har använts som desinfektionsmedel inom vården sedan slutet av 1800-talet, och inom endodontin rekommenderades det som spolvätska redan 1920 [2]. Förutom förmågan att lösa upp nekrotisk vävnad, har NaOCl en antibakteriell, antifungal och antiviral effekt. Koncentrationen av NaOCl i den lösning man använder vid spolning har varit, och är fortfarande, föremål för diskussion, och än så länge föreligger ingen konsensus.

Två kliniska och en *in vitro*-studie har rapporterat minimal till ingen skillnad i antibakteriell effekt vid koncentrationer av NaOCl på mellan 0,5 procent och 5,25 procent [6–8]. Andra *in vitro*-studier har indikerat ökad antibakteriell effekt och effekt på biofilm vid högre koncentrationer av NaOCl jämfört med lägre koncentrationer [9–10]. Förutom koncentrationen förefaller tiden och mängden/volymlen ha betydelse [8, 11–13]. Det har rapporterats att högre koncentrationer, till exempel 5,25 procent NaOCl, löser upp vävnad mer effektivt än lägre koncentrationer [14], och även här verkar tiden och lösningens mängd/volym spela roll [11]. Andra undersökningar har påvisat ökad antimikrobiell och vävnadsupplösande effekt vid uppvärmning av NaOCl-lösningar. En 1 procent NaOCl-lösning uppvärmd till 45°C har visat sig lösa upp pulpavävnad lika effektivt som en 5,25 procent NaOCl-lösning vid 20°C [13]. Koncentrationer av NaOCl på 3 procent och 5 procent har *in vitro* visat sig påverka dentinets mekaniska egenskaper, troligen genom upplösning av organiskt material [15–16]; denna effekt sågs inte vid en NaOCl-koncentration på 1 procent [15].

På grund av den snabbt avtagande tillgången på NaOCl över tid, rekommenderas att man under instrumentering hela tiden tillför nya mängder NaOCl [17]. Under instrumenteringsfasen bör man enbart spola med NaOCl.

Både *in vitro* och *in vivo* har man visat att NaOCl är cytotoxiskt, och cytotoxiciteten förefaller vara dosberoende [18–19]. För att minska risken för extrusion av NaOCl apikalt bör spolkanalen sitta löst i kanalen och placeras på ett djup som understiger arbetslängden, och injiceringen bör ske med ett försiktigt tryck. Vidare bör operatören, medhjälparen och patienten ha ögonskydd.

EDTA

EDTA, som med sin kelatbildande effekt frigör Ca²⁺, började användas i endodontisk behandling som ett hjälpmedel vid instrumentering av snäva och oblitererade rotkanaler på rekommendation av Nygaard-Østby år 1957 [20]. EDTA kan

lösa upp slipskiktet och bidra till att lossa biofilm från dentinväggen, vilket i sin tur kan öka sealerns penetration in i dentintubuli [2, 21–23]. Den antibakteriella effekten av EDTA anses vara marginell. Det har gjorts försök att förbättra EDTA:s förmåga att penetrera dentin, reducera ytspänningen och öka den antibakteriella effekten genom att tillsätta en kvartär ammoniumförening (trimetylammoniumbromid) (EDTAC) [24]. Vad gäller koncentration och exponeringstid rekommenderas 15–17 procent EDTA i 1–5 minuter [25].

Klorhexidin

Klorhexidin (CHX) är en katjonisk molekyllösning med hydrofila och hydrofoba egenskaper. CHX löses inte upp särskilt bra i vatten och andra lösningsmedel, och därför används salter, oftast klorhexidindiglukonat. Det har bred antimikrobiell effekt mot bakterier, svamp, virus med membranhölje och protozoer. CHX har på grund av medlets goda antimikrobiella effekt under lång tid använts inom odontologin för plackkontroll och som pre- och postoperativ spolvätska vid oralkirurgiska ingrepp. En av CHX:s egenskaper är ämnets långvariga antimikrobiella effekt efter bindning och frisättning från tandsubstans och slemhinna.

Den antimikrobiella effekten av CHX har *in vitro* visat sig någorlunda motsvara 5,25 procent NaOCl [26]. Dock har en senare undersökning påvisat ökad antimikrobiell effekt av 6 procent NaOCl jämfört med 2 procent CHX [10]. Det finns indikationer på att 2 procent CHX som komplement till NaOCl kan reducera mängden kvarvarande mikroorganismer [27–28].

En nackdel med CHX är att det inte löser upp organiskt material och förmodligen inte pulpavävnad [29]. Det finns ännu inga övertygande kliniska studier som kan motivera att man i praktiken rekommenderar att NaOCl ersätts med CHX.

Jodjodkalium

Jod har under lång tid varit känt och använt inom endodontin som desinfektionsmedel/antimikrobiellt medel. Det används gärna i 2 procent jod och 4 procent jodkalium för spolning eller som kortvarigt inlägg. Det har rapporterats från *in vitro*-studier att jodjodkalium i kombination med kalciumhydroxid har gett större antimikrobiell effekt än kalciumhydroxid ensamt [30–31]. En klinisk undersökning som utfördes på revisionsfall visade att användning av 5 procent jodjodkalium i fem minuter som komplement till instrumentering och spolning med NaOCl minskade antalet infekterade tänder från fem av 20 till en av 20 [32]. En annan undersökning jämförde kvarvarande mikroflora från tänder med apikal parodontit som behandlades med 5 procent jodjodkalium i tio minuter som komplement till instrumentering och NaOCl-spolning med inlägg av kalciumhydroxid i

”Koncentrationen av NaOCl i den lösning man använder vid spolning har varit föremål för diskussion, och än så länge föreligger ingen konsensus.”



en vecka. Inga signifikanta skillnader sågs mellan de två behandlingarna, då tänder som behandlats med 5 procent jodjodkalium och kalciumhydroxid-inlägg hade kvarvarande mikroorganismer i 29 respektive 36 procent av fallen [33]. Från *in vitro*-studier av spolvätska har rapporterats om ökad penetration i dentintubuli och högre avdödning av *Streptococcus sanguinis* med jodjodkalium än med 5,25 procent NaOCl [34]. I jämförelse med NaOCl har jodjodkalium begränsad förmåga att lösa upp biofilm och döda mikroorganismer i intraoralt infekterade dentinblock [35].

Interaktioner mellan spolvätskor

När man använder två eller flera läkemedel samtidigt, ska man vara uppmärksam på att direkta och indirekta interaktioner mellan dessa kan förekomma. Det har rapporterats om reducerad antibakteriell effekt av NaOCl när det blandas med EDTA [36]. Vid användning av CHX bör det varken blandas med NaOCl eller EDTA, eftersom ett precipitat då kommer att bildas [37–38]. Vid blandning med NaOCl har bildning av parakloralanin påvisats, och det är potentiellt cancerframkallande [39].

ROTFYLLNINGSMATERIAL

Det är fortsatt god praxis att säkerställa rotfyllningens täthet genom att pressa ner en sealer mot den instrumenterade rotkanalens alla sidor och recesser. För att man ska lyckas med detta måste sealern ha lämpliga reologiska egenskaper (flytegenskaper under påverkan av tryck, temperatur och tid) och kunna lägga sig intill kanalväggarna. Den bör dessutom hårdas utan kontraktion, och efter att den härdats måste den kunna stå emot kemisk, biologisk och mikrobiologisk nedbrytning. Det sistnämnda gäller också den eller de spetsar som sätts in.

För att sealern ska nå ut i alla områden använder man oftast en kärna av ett fast, stabilt och inert ämne, i praktiken guttaperka eller plast, som fungerar som en kolv. Användningen av ett sådant kärnmateriäl reducerar också sealerns totala volym. Detta anses vara en fördel eftersom sealermaterialet kan vara kemiskt mindre stabilt, och vissa sealers kan krympa i samband med härdning [40–41]. Kontraktion vid härdning kan ge spalter, som i sin tur gör det möjligt för mikroorganismer och näringsämnen att tränga in längs fyllningen och orsaka periapikal inflammation [42].

Kärnmateriäl

Guttaperka existerar i två kristallinska faser: alfa- och betaguttaperka. Betaformen kan ombildas till alfaformen genom tillförsel av värme. Konventionella guttaperkaspetsar har en matris av ren betafasguttaperka på cirka 20 procent och cirka 80 procent zinkoxid som ett relativt inert fyllnings-

”Det är fortsatt god praxis att säkerställa rotfyllningens täthet genom att pressa ner en sealer mot den instrumenterade rotkanalens alla sidor och recesser.”

medel och små mängder av mjukgöringsmedel, röntgenkontrastämnen och färgämnen. Denna typ kompletteras av två varianter. I det ena fallet är kärnan av betaguttaperka omgiven av ett skikt med alfaguttaperka, som snabbare mjukas upp under uppvärmning. Dessa spetsar används vid fyllningstekniker som går ut på att varma spetsar sätts ner i kanalen under tryck. Spetsens periferi flyter ut och pressar sealern framför sig, vilket förmodas ge bättre utfyllnad av pulparummet. I det andra fallet är guttaperkakärnan täckt med ett materiäl som binder kemiskt till sealern. I detta fall är produktvalet styrt av att sealer och spets ska kunna reagera tillsammans. Detta är aktuellt när man använder biokeramiska sealers eller i förbindelse med resinbaserade sealers.

Alternativ till guttaperka har lanserats. Mest aktuellt är Resilon (Epiphany/RealSeal), ett resinbaserat kärnmateriäl. Det har marknadsförts som ett bättre kärnmateriäl än guttaperka. Det används inte särskilt ofta numera, sannolikt för att materialet kan utsättas för kemisk eller biologisk nedbrytning [43–44].

Sealers

Det är sealeregenskaperna som oftast bedöms med avseende på rotfyllningens funktion. Eftersom sealers har många kemiska och biologiska egenskaper som kan vara av betydelse, är det enkelt att använda sådana enskilda egenskaper i marknadsföringen av diverse produkter. Ofta är det dock lång väg från en mätbar egenskap i laboratoriet till en dokumenterad effekt på kliniken. Det finns också en risk för att goda resultat gällande en viss egenskap gör att bristande kvaliteter på andra områden kommer i skymundan.

Sedan introduktionen 1954 har epoxibaserade sealers, som AH 26 och AH Plus, allt mer kommit att användas som referensmateriäl för sealers. Tack vare laboratorietester, djurförsök och kliniska studier är de väl dokumenterade. De har gradvis kommit att ersätta zinkoxid-eugenolbaserade sealers i denna roll. Ännu tidigare hade man sealers med kloroform som referens i Skandinavien.

Förutom epoxi och zinkoxid-eugenol har sealers baserade på silikon och kalciumhydroxid med tiden fått en omfattande laboratoriemässig och klinisk dokumentation, ända upp till nivån randomiserade kliniska studier. Det har rapporterats om bristfällig fysisk stabilitet och integritet, vilket har dämpat den ursprungliga entusiasmen för metakrylatbaserade rotfyllningsmateriäl. Huvudgrupperna av sealers diskuteras nedan, och en översikt över de

Tabell 1. Sealers – översikt över material och användningsområden.

Material	Undergrupp	Exempel på produkter	Retrograd perforation	Rotfyllning	Koronal tätning	Pulpaöverkappning, amputation
ZnO-eugenol	Förstärkt sealer	IRM, EBA ProcoSol, TubliSeal	x	x	x	
Resiner	Epoxi metakrylat-komposit	AH26, AH plus EndoRez, RealSeal Retroplast; andra, flytande	x	x		
Glasjonomer		ActiV GP		x		
Ca(OH) ₂		Apexit, Sealapex; Dycal		x		x
Silikon		RoekoSeal, GuttaFlow		x		
Biokeram	Ca-Si Ca-Si-P	MTA, Biodentine Totalfill (Endosequence)	x x	(x) x	x	x x
Ca-S	Gips	Cavit, Coltosol			x	
Guttaperka	Beta Alfa Plasttäckt Glasjonomertäckt Keramtäckt	Generisk (de flesta märken) GuttaFusion, GuttaCore, Herofill EndoRez, ActiV GP Totalfill (Endosequence)		x x x x		
Resinspetsar		Resilon		x		

mest använda produkterna och användningsområdena finns i tabell 1.

Zinkoxid-eugenolbaserade sealers

Sealers baserade på zinkoxid-eugenol har funnits på marknaden under lång tid och har därför god klinisk dokumentation. I de olika märkena på marknaden finns olika typer och mängder av tillsatssämnen utöver zinkoxid och eugenol. Zinkoxid-eugenolbaserade sealers har visat antibakteriell effekt vid direkt kontakttest [45]. Den mängd eugenol som frisätts apikalt från enrotiga tänder *in vitro* ser ut att vara lägre än den baktericida och cytotoxiska koncentrationen [46].

Det har rapporterats att denna typ av sealer ger mer periapikal inflammation under läkningen än en kalciumhydroxidbaserad sealer [47]. En klinisk uppföljningsstudie fann ingen skillnad i periapikal status när en zinkoxid-eugenolbaserad sealer, en zinkoxid-eugenolbaserad sealer med kalciumhydroxid och en kalciumhydroxidbaserad sealer jämfördes efter fyra år. I de fall då den kalciumhydroxidbaserade sealern användes, rapporterades något bättre periapikal status efter två år än med zinkoxid-eugenolhaltiga sealers [48].

Resinbaserade sealers

Resiner definieras som en blandning av dels monomerer och/eller makromolekyler, dels andra komponenter/substanser, som tillsammans bildar ett material med önskade egenskaper. I denna grupp hittar vi bland annat epoxibaserade sealers som AH 26. En viss oro fanns för konsekvenserna av frisättning av formaldehyd i samband med att AH 26 härdras. Den oron har nästan försvunnit tack vare AH Plus [49–50]. AH 26 och AH Plus är tvåkomponentssealers som härdras genom en polyadditionsreaktion. Den antibakteriella effekten av AH 26 och AH Plus är god initialt, men försvinner snabbt efter 24 timmar [45].

Till gruppen resinbaserade sealers hör också de metakrylatbaserade, som kom ut på marknaden i mitten av 70-talet. De består i huvudsak av en blandning av diverse metakrylatmonomerer, som polymeriserar vid härdning. Andra tillsatssämnen ger önskade materialegenskaper. Adhesion till dentinet bygger på mikromekanisk retention. Andra sealers som MetaSeal och Real Seal SE har inkorporerat sura monomerer. Dessa har tillsatts för att etsa dentinet och främja adhesionen [51]. Detta motsvarar de självetsande adhesivsystemen som används i tandfyllningsmaterial. Dessa sealers ska kunna binda kemiskt till kärnmaterialet, så att ett så kallat ”monoblock” bildas. Olika strategier har använts för att skapa bindning mellan sealer och kärnmaterial. Man har försökt påföra metakrylatmonomerer på guttaperkaytan, men

”... sealmaterialet kan vara kemiskt mindre stabilt, och vissa sealers kan krympa i samband med härdning.”



man har även utvecklat särskilda kärnmaterial. Produkten Resilon har en kärna av polykaprolakton och dimetakrylathaltigt resin som kan binda kemiskt till sealern. Den rapporterade antimikrobiella effekten av metakrylatbaserade sealers varierar mellan olika studier och produkter [45, 52].

Kalciumhydroxidbaserade sealers

Kalciumhydroxidhaltiga sealers har funnits på marknaden sedan 1920-talet. Kalciumhydroxid tillsätts i första hand för att stimulera periapikal vävnadsläkning och för antibakteriell effekt. Den antibakteriella effekten tillskrivs frisättandet av hydroxyljoner och, därmed, ett högt pH [53].

Kalciumhydroxid är känt för att stimulera bildandet av hårdvävnad i kontakt med pulpavävnad och annan mjukvävnad [54]. Mindre inflammation har observerats under läkningen periapikalt vid användning av kalciumhydroxid än med epoxi- och eugenolhaltiga sealers [47-48, 55].

Silikonbaserade sealers

De mest kända produkterna med silikonbaserade sealers – RoekoSeal och Guttaflow – bygger på polyvinylsiloxan. Guttaflow innehåller också små korn av guttaperka. Båda härdar via en additionspolymerisation. Den antimikrobiella effekten av de silikonbaserade RoekoSeal och Guttaflow är mycket liten eller helt frånvarande. Guttaflow förefaller ge en tät fyllning, eftersom den expanderar en aning under härdning [40].

Biokeramiska rotfyllningsmaterial

En keram är ett oorganiskt, icke-metalliskt material som sintrats med värme och sedan kylts ner. Biokeramer är keramer som anses vara biokompatibla. Mineraltrioxid Aggregat (MTA) är en keram som länge använts till retrograd fyllning efter rotspetsamputation. Sedan introduktionen på 90-talet har den fått en grundlig laboriemässig och klinisk dokumentation, och den har varit föremål för randomiserade, kliniska studier. Användningsområdet har utvidgats till att omfatta pulpaöverkappning, reparation av perforationer, apexifiering och apexogenes.

Kemiskt är MTA ett kalciumsilikat som reagerar med vatten, och det härdar som vanligt byggcement. Precis som byggcement är det starkt basiskt före härdning, och det höga pH-värdet anses vara fördelaktigt för reaktionen med närliggande vävnad. Högt pH ger också en antibakteriell effekt, men denna effekt har varit låg i *in vitro*-tester, i synnerhet efter härdning [56-57]. MTA påminner således om kalciumhydroxid, som med samma egenskaper har varit ett universalmedel vid behandling av infekterade rotkanaler.

MTA innehåller flera kemiska föreningar som gör användningen komplicerad, och det ursprungliga materialet uppfattas av många som svårt att praktiskt hantera och applicera [58-60]. Innehållet av järn gör massan grå och kan leda till tydlig

missfärgning av tänderna. På grund av en kornig och ganska torr konsistens lämpar sig materialet inte heller som sealer. Flera producenter har därför ändrat och modifierat den ursprungliga sammansättningen för att på så sätt förbättra användarvänligheten och utvidga användningsområdet.

Vitt MTA innehåller inte järn och ger mindre eller ingen missfärgning alls av dentinet. Konsistensen är emellertid densamma som för den grå versionen. Biodentine® innehåller inte aluminium och har fått en annan konsistens än MTA, vilket många ser som en förbättring [61-62]. Användningsområdet är i huvudsak detsamma.

En ny utveckling har skett tack vare tillsättningen av kalciumfosfatföreningar. Det möjliggör reaktioner med hårdvävnad, i synnerhet dentin, och bildning av hydroxylapatit. Det kan öka biokompatibiliteten samtidigt som det kan ge kemisk adhesion till dentinet. Konsistensen förbättras löpande, och vi har nu fått material med sealerkonsistens och i pastaform, till exempel Endosequence® som marknadsförs som Totalfill®. Dessa produkter kan härda med hjälp av den naturliga fukt som finns i rotkanaler och i exponerad mjukvävnad. Den antibakteriella effekt Totalfill ger, är kopplad till materialets förmåga att ge ett högt pH-värde. Detta höga pH har i *in vitro*-studier visat sig kunna upprätthållas under sju dagar, vilket medför att den antibakteriella effekten också finns kvar [45].

För att åstadkomma bindning till kärnmaterialet med Totalfill (Endosequence) ska detta användas tillsammans med guttaperkaspetsar som har en ytbehandling av keramiska mikro- och nanopartiklar, så att en kemisk bindning kan uppstå såväl mellan guttaperka och sealer som mellan sealer och dentin. Därmed upprätthålls konceptet om ett "monoblock" av fyllningsmassa som är kemiskt förbundet med dentin – samma koncept som låg till grund för Resilon/RealSeal och Endo-REZ.

EN JÄMFÖRELSE AV OLIKA ROTFYLLNINGSSSEALERS EGENSKAPER

Silikon-, kalciumhydroxid- och zinkoxid-eugenolbaserade preparat är väl dokumenterade genom laboriestudier, djurförsök och kliniska undersökningar. Silikoner bildar en tät, men inte kemisk bindning till dentin och guttaperka, och krymper inte vid härdning. De är också beständiga i vattenhaltigt medium. Ca(OH)₂- och ZnO-eugenolpreparat kan vara benägna att lösas upp med tiden [63-64]. Alla tre typerna har dock klarat sig väl i kliniska uppföljningsstudier [48, 65-66].

Epoxibaserade sealers är hårda och sega och löser endast upp sig i liten utsträckning i vävnadsvätskor [64], och de binder väl till både dentin och guttaperka [67]. Det har visats *in vitro*, att de epoxibaserade AH 26 och AH Plus expanderar över tid [68]. Epoxi är irriterande före och direkt efter blandning [69], denna effekt avtar dock då materialet här-

"Silikon-, kalciumhydroxid- och zinkoxid-eugenolbaserade preparat är väl dokumenterade ..."

Tabell 2. Hierarkin av evidens och undersökningstyper som används vid undersökning av rotfyllningstekniker och -material.

Nivå på evidenstrappan	Slutmål för undersökningen	Typ av undersökning
Aggregerade kliniska data	Periapikal och pulpal hälsa/sjukdom (primärmål)	Metaanalyser Systematiska översikter
Kliniska studier	Periapikal och pulpal hälsa/sjukdom	Randomiserade jämförelser Kohortundersökningar Stora fallserier
Klinisk dokumentation	Periapikal och pulpal hälsa/sjukdom, "användbarhet"	Små fallserier Fallrapporter
Icke-kliniska data	Sekundärmål; surrogatmål Vävnadsreaktioner, toxicitet, vävnadsregeneration Förslutning, adhesion, penetration, flytförmåga; tekniska/praktiska egenskaper Antimikrobiella egenskaper, biostimulering	Systematiska översikter över djurförsök och laboratoriedata Djurförsök Laboratoriestudier för bestämning av fysiska och kemiska egenskaper Laboratoriestudier för bestämning av biologiska egenskaper <i>in vivo</i> och <i>in vitro</i>

dar. Allergiska reaktioner har rapporterats, men förekommer sällan. Kliniska studier med flera års uppföljning visar lika goda resultat som andra preparat vad gäller frånvaro av apikal parodontit [65].

Det har rapporterats om bättre prognos vid användning av biokeram (MTA) vid pulpaöverkappning än med kalciumhydroxid [70–71]. Här är orsakerna sannolikt biokompatibilitet i kombination med täthet, beständighet och antibakteriella egenskaper. Denna skillnad kan emellertid inte överföras direkt till användningen av biokeramer som sealers. Täthet, beständighet och antibakteriella egenskaper kännetecknar även många andra i denna produktkategori. Härdad epoxi och silikon tolereras också väl av mjukvävnad. Vinsten med en möjlig interaktion mellan biokeramer och vävnad med produktion av hydroxylapatit efter rotfyllning av rotslutna tänder är kanske inte stor, och vi har, naturligt nog, få eller inga långtidsstudier av användningen av biokeramer som sealers.

KORONAL FÖRSLUTNING

En rotfyllning avslutas med en fyllning eller en krona. Det har länge varit känt att rotbehandlingen kan komprometteras om restaurationen är behäftad med tekniska brister [72]. Därför lägger man vikt vid att det koronalt i kanalen och in i pulpacavum görs en extra förstärkning av rotfyllningen före toppfyllningen, för att på så sätt förhindra bakteriell penetration [73]. Efter en period med fokus på adhesiva material som barriär mot sekundära problem (vätskeinträngning, infektion)

föredrar man nu att använda klassiska, antibakteriella produkter som IRM. Adhesiva fyllningar kan vara känsliga för fukt, och det är kort väg till rothinnan i tandhalsområdet. Detta kan förklara att man kliniskt observerat att flytande kompositter ovanpå rotfyllningen lätt lossnar vid preparation för fyllning/krona eller vid revisioner. Principen att proppa igen kanalöppningen ner till nivån av käkbenet under toppfyllningen har dokumenterats kliniskt [74], medan materialvalet förblir empiriskt. IRM 2–4 mm ner i kanalmyningen förefaller vara en procedur med brett stöd bland yrkesverksamma (figur 1). De ovannämnda negativa konsekvenserna för härdning av kompositter verkar inte vara av klinisk betydelse.

BEDÖMNING AV DOKUMENTATIONEN FÖR ETT MATERIAL

Det viktigaste kriteriet för ett rotfyllningsmaterial är kliniskt lyckade behandlingar observerade över tid. Det kan gå lång tid från det att ett material introduceras till dess att systematiska kliniska studier föreligger. Detta gör det svårt att bedöma om man ska använda ett nytt material eller inte. Den första informationen som föreligger är oftast data från laboratoriet och djurförsök, där man vanligtvis undersöker mycket specifika egenskaper hos materialet. Denna typ av information används ofta i reklamsyfte. För att kunna sälja ett material krävs ingen systematisk inhämtning av data från användning av materialet på patienter, eller någon jämförelse med kriterier för klinisk framgång. Det kan därför ta lång tid innan sådant datamaterial föreligger. Det är därför bra om man kan bedöma dokumentationen för ett material utifrån vilken typ av undersökningar som föreligger, och vilken nivå på evidenspyramiden dessa genomförts på. En kortfattad översikt presenteras i tabell 2.

"Efter en period med fokus på adhesiva material som barriär mot sekundära problem föredrar man nu att använda klassiska, antibakteriella produkter som IRM."



SLUTSATS

- *Instrumentering* kan genomföras manuellt eller maskinellt. Det är enkelt att lära sig maskinell instrumentering och det leder i de flesta fall snabbara till målet. Det förutsätter dock grundläggande färdigheter i manuell instrumentering.
- *Guttaperkaspetsar* väljs beroende av instrumentteknik. Vid manuell instrumentering med 2 procent konicitet används motsvarande guttaperka. Vissa instrumenteringssystem bygger på jämn konicitet, vilket har den fördelen att spetsarna kan användas oberoende av instrumenteringssystem. Reciprokerande och vissa roterande system har varierande grad av konicitet på de sista instrumenten; i så fall används en guttaperka som följer med instrumenteringssystemet.
- *Spolvätska* används i första hand för att döda mikroorganismer och för att underlätta borttagning av dentin och restvävnad. Det är standard att använda NaOCl i första hand under instrumenteringen och därefter EDTA.
- Valet av *sealer* är oberoende av instrumenteringen, och det är fortfarande en bra behandling att använda en konventionell sealer i kombination med lateralkondensering av guttaperka. Sealers baserade på epoxi, silikon, kalciumhydroxid och zinkoxid-eugenol är alla väldokumenterade. Biokeram-sealers är mycket intressanta, men klinisk dokumentation och uppföljning fattas fortfarande. Plastbaserade sealers med

plastkärna förefaller ha mindre nedbrytningsbeständighet.

ENGLISH SUMMARY

Endodontic materials – irrigating solutions, sealers and obturating materials

Gaute Floer Johnsen, Håkon Valen and Dag Ørstavik
Tandläkartidningen 2017; 109 (10): 64–72

The root canal filling concludes the classical triad in endodontic treatment: biomechanical instrumentation, disinfection and obturation. The purpose of the root canal filling is to prevent penetration of bacteria into the root canal and to prevent access of nutrients and growth of residual bacteria. The function of the root canal filling is to seal and obturate the root canal, and kill remaining microbes. This is achieved most often with the use of a core material and a sealer. The core material acts as a piston to push the sealer out to fill the root canal system. In addition to achieve intimate contact with dentin, the sealer has contact with periapical soft tissue. Therefore the sealers have to fulfill both technical and biological requirements. The endodontic treatment ends with a coronal seal to prevent coronal leakage of bacteria. A technically well performed root canal filling, acceptable filling length and homogenous root filling, evaluated radiographically, with an adequate coronal restoration, is a reliable predictor for a successful outcome. ●

”Det viktigaste kriteriet för ett rotfyllningsmaterial är kliniskt lyckade behandlingar observerade över tid.”

Referenser

1. Byström A, Sundqvist G. Bacteriologic evaluation of the efficacy of mechanical root canal instrumentation in endodontic therapy. *Scand J Dent Res* 1981; 89: 321–8.
2. Zehnder M. Root canal irrigants. *J Endod* 2006; 32: 389–98.
3. De-Deus G, Belladonna FG, Silva EJ et al. Micro-CT evaluation of non-instrumented canal areas with different enlargements performed by NiTi systems. *Braz Dent J* 2015; 26: 624–9.
4. McComb D, Smith DC. A preliminary scanning electron microscopic study of root canals after endodontic procedures. *J Endod* 1975; 1: 238–42.
5. Mader CL, Baumgartner JC, Peters DD. Scanning electron microscopic investigation of the smeared layer on root canal walls. *J Endod* 1984; 10: 477–83.
6. Cvek M, Nord CE, Hollender L. Antimicrobial effect of root canal debridement in teeth with immature root. A clinical and microbiologic study. *Odontol Revy* 1976; 27: 1–10.
7. Byström A, Sundqvist G. The antibacterial action of sodium hypochlorite and EDTA in 60 cases of endodontic therapy. *Int Endod J* 1985; 18: 35–40.
8. Siqueira JF, Jr., Rocas IN, Favieri A et al. Chemomechanical reduction of the bacterial population in the root canal after instrumentation and irrigation with 1%, 2.5%, and 5.25% sodium hypochlorite. *J Endod* 2000; 26: 331–4.
9. Clegg MS, Vertucci FJ, Walker C et al. The effect of exposure to irrigant solutions on apical dentin biofilms in vitro. *J Endod* 2006; 32: 434–7.
10. Ma J, Wang Z, Shen Y et al. A new noninvasive model to study the effectiveness of dentin disinfection by using confocal laser scanning microscopy. *J Endod* 2011; 37: 1380–5.
11. The SD. The solvent action of sodium hypochlorite on fixed and unfixed necrotic tissue. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1979; 47: 558–61.
12. Radcliffe CE, Potouridou L, Qureshi R et al. Antimicrobial activity of varying concentrations of sodium hypochlorite on the endodontic microorganisms *Actinomyces israelii*, *A. naeslundii*, *Candida albicans* and *Enterococcus faecalis*. *Int Endod J* 2004; 37: 438–46.
13. Sirtes G, Waltimo T, Schätzle M et al. The effects of temperature on sodium hypochlorite short-term stability, pulp dissolution capacity, and antimicrobial efficacy. *J Endod* 2005; 31: 669–71.
14. Abou-Rass M, Oglesby SW. The effects of temperature, concentration, and tissue type on the solvent ability of sodium hypochlorite. *J Endod* 1981; 7: 376–7.
15. Marending M, Luder HU, Brunner TJ et al. Effect of sodium hypochlorite on human root dentine – mechanical, chemical and structural evaluation. *Int Endod J* 2007; 40: 786–93.
16. Grigoratos D, Knowles J, Ng YL et al. Effect of exposing dentine to sodium hypochlorite and calcium hydroxide on its flexural strength and elastic modulus. *Int Endod J* 2001; 34: 113–9.
17. Moorer WR, Wessellink PR. Factors promoting the tissue dissolving capability of sodium hypochlorite. *Int Endod J* 1982; 15: 187–96.
18. Zhang W, Torabinejad M, Li Y. Evaluation of cytotoxicity of MTAD using the MTT-tetrazolium method. *J Endod* 2003; 29: 654–7.
19. Pashley EL, Birdsong NL, Bowman K et al. Cytotoxic effects of NaOCl on vital tissue. *J Endod* 1985; 11: 525–8.
20. Nygaard-Østby B. Chelation in root canal therapy: ethylenediaminetetraacetic acid for cleansing and widening of root canals. *Odontol Tidskr* 1957; 65: 3–11.
21. Moon YM, Shon WJ, Baek SH et al. Effect of final irrigation regimen on sealer penetration in curved root canals. *J Endod* 2010; 36: 732–6.
22. Kokkas AB, Boutsioukis A, Vassiliadis LP et al. The influence of the smear layer on dentinal tubule penetration depth by three different root canal sealers: an in vitro study. *J Endod* 2004; 30: 100–2.
23. Yoshida T, Shibata T, Shinohara T et al. Clinical evaluation of the efficacy of EDTA solution as an endodontic irrigant. *J Endod* 1995; 21: 592–3.
24. Goldberg F, Abramovich A. Analysis of the effect of EDTAC on the dentinal





Referenser

- walls of the root canal. *J Endod* 1977; 3: 101–5.
25. Hulsmann M, Heckendorn M, Lennon A. Chelating agents in root canal treatment: mode of action and indications for their use. *Int Endod J* 2003; 36: 810–30.
 26. Jeansonne MJ, White RR. A comparison of 2.0% chlorhexidine gluconate and 5.25% sodium hypochlorite as antimicrobial endodontic irrigants. *J Endod* 1994; 20: 276–8.
 27. Zamany A, Safavi K, Spångberg LS. The effect of chlorhexidine as an endodontic disinfectant. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2003; 96: 578–81.
 28. Paiva SS, Siqueira JF, Jr., Rocas IN et al. Clinical antimicrobial efficacy of NiTi rotary instrumentation with NaOCl irrigation, final rinse with chlorhexidine and interappointment medication: a molecular study. *Int Endod J* 2013; 46: 225–33.
 29. Okino LA, Siqueira EL, Santos M et al. Dissolution of pulp tissue by aqueous solution of chlorhexidine digluconate and chlorhexidine digluconate gel. *Int Endod J* 2004; 37: 38–41.
 30. Fuss Z, Mizrahi A, Lin S et al. A laboratory study of the effect of calcium hydroxide mixed with iodine or electrophoretically activated copper on bacterial viability in dentinal tubules. *Int Endod J* 2002; 35: 522–6.
 31. Sirén EK, Haapasalo MP, Waltimo TM et al. In vitro antibacterial effect of calcium hydroxide combined with chlorhexidine or iodine potassium iodide on *Enterococcus faecalis*. *Eur J Oral Sci* 2004; 112: 326–31.
 32. Peculione V, Reynaud AH, Balciniene I et al. Isolation of yeasts and enteric bacteria in root-filled teeth with chronic apical periodontitis. *Int Endod J* 2001; 34: 429–34.
 33. Kvist T, Molander A, Dahlen G et al. Microbiological evaluation of one- and two-visit endodontic treatment of teeth with apical periodontitis: a randomized, clinical trial. *J Endod* 2004; 30: 572–6.
 34. Ørstavik D, Haapasalo M. Disinfection by endodontic irrigants and dressings of experimentally infected dentinal tubules. *Endod Dent Traumatol* 1990; 6: 142–9.
 35. Ordinola-Zapata R, Bramante CM, Garcia RB et al. The antimicrobial effect of new and conventional endodontic irrigants on intra-orally infected dentin. *Acta Odontol Scand* 2013; 71: 424–31.
 36. Zehnder M, Schmidlin P, Sener B et al. Chelation in root canal therapy reconsidered. *J Endod* 2005; 31: 817–20.
 37. Marchesan MA, Pasternak Júnior B, Afonso MM et al. Chemical analysis of the flocculate formed by the association of sodium hypochlorite and chlorhexidine. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2007; 103: e103-5.
 38. González-López S, Camejo-Aguilar D, Sanchez-Sanchez P et al. Effect of CHX on the decalcifying effect of 10% citric acid, 20% citric acid, or 17% EDTA. *J Endod* 2006; 32: 781–4.
 39. Basrani BR, Manek S, Mathers D et al. Determination of 4-chloroaniline and its derivatives formed in the interaction of sodium hypochlorite and chlorhexidine by using gas chromatography. *J Endod* 2010; 36: 312–4.
 40. Hammad M, Qualtrough A, Silikas N. Extended setting shrinkage behavior of endodontic sealers. *J Endod* 2008; 34: 90–3.
 41. Kazemi RB, Safavi KE, Spångberg LS. Dimensional changes of endodontic sealers. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1993; 76: 766–71.
 42. Eldeniz AU, Ørstavik D. A laboratory assessment of coronal bacterial leakage in root canals filled with new and conventional sealers. *Int Endod J* 2009; 42: 303–12.
 43. Hiraishi N, Yau JY, Loushine RJ et al. Susceptibility of polycaprolactone-based root canal-filling material to degradation. III. Turbidimetric evaluation of enzymatic hydrolysis. *J Endod* 2007; 33: 952–6.
 44. Whatley JD, Spolnik KJ, Vail MM et al. Susceptibility of methacrylate-based root canal filling to degradation by bacteria found in endodontic infections. *Quintessence Int* 2014; 45: 647–52.
 45. Zhang H, Shen Y, Ruse ND et al. Antibacterial activity of endodontic sealers by modified direct contact test against *Enterococcus faecalis*. *J Endod* 2009; 35: 1051–5.
 46. Hashieh IA, Pommel L, Camps J. Concentration of eugenol apically released from zinc oxide-eugenol-based sealers. *J Endod* 1999; 25: 713–5.
 47. Tanomaru Filho M, Leonardo MR, Silva LA et al. Effect of different root canal sealers on periapical repair of teeth with chronic periradicular periodontitis. *Int Endod J* 1998; 31: 85–9.
 48. Waltimo TM, Boiesen J, Eriksen HM et al. Clinical performance of 3 endodontic sealers. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2001; 92: 89–92.
 49. Leonardo MR, Bezerra da Silva LA, Filho MT et al. Release of formaldehyde by 4 endodontic sealers. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 1999; 88: 221–5.
 50. Cohen BI, Pagnillo MK, Musikant BL et al. Formaldehyde evaluation from endodontic materials. *Oral Health* 1998; 88: 37–9.
 51. Kim YK, Grandini S, Ames JM et al. Critical review on methacrylate resin-based root canal sealers. *J Endod* 2010; 36: 383–99.
 52. Slutzky-Goldberg I, Slutzky H, Solomonov M et al. Antibacterial properties of four endodontic sealers. *J Endod* 2008; 34: 735–8.
 53. Byström A, Claesson R, Sundqvist G. The antibacterial effect of camphorated paramonochlorophenol, camphorated phenol and calcium hydroxide in the treatment of infected root canals. *Endod Dent Traumatol* 1985; 1: 170–5.
 54. Mitchell DF, Shankwalker GB. Osteogenic potential of calcium hydroxide and other materials in soft tissue and bone wounds. *J Dent Res* 1958; 37: 1157–63.
 55. Tagger M, Tagger E. Periapical reactions to calcium hydroxide-containing sealers and AH 26 in monkeys. *Endod Dent Traumatol* 1989; 5: 139–46.
 56. Torabinejad M, Hong CU, Pitt Ford TR et al. Antibacterial effects of some root end filling materials. *J Endod* 1995; 21: 403–6.
 57. Morgental RD, Vier-Pelisser FV, Oliveira SD et al. Antibacterial activity of two MTA-based root canal sealers. *Int Endod J* 2011; 44: 1128–33.
 58. Parirokh M, Torabinejad M. Mineral trioxide aggregate: a comprehensive literature review – Part III: Clinical applications, drawbacks, and mechanism of action. *J Endod* 2010; 36: 400–13.
 59. Ber BS, Hatton JF, Stewart GP. Chemical modification of proroost mta to improve handling characteristics and decrease setting time. *J Endod* 2007; 33: 1231–4.
 60. Lee ES. A new mineral trioxide aggregate root-end filling technique. *J Endod* 2000; 26: 764–5.
 61. Camilleri J, Sorrentino F, Damidot D. Investigation of the hydration and bioactivity of radiopaque tricalcium silicate cement, Biodentine and MTA Angelus. *Dent Mater* 2013; 29: 580–93.
 62. Rajasekharan S, Martens LC, Cauwels RG et al. Biodentine material characteristics and clinical applications: a review of the literature. *Eur Arch Paediatr Dent* 2014; 15: 147–58.
 63. McMichen FR, Pearson G, Rahbaran S et al. A comparative study of selected physical properties of five root-canal sealers. *Int Endod J* 2003; 36: 629–35.
 64. Schafer E, Zandbiglari T. Solubility of root-canal sealers in water and artificial saliva. *Int Endod J* 2003; 36: 660–9.
 65. Ørstavik D, Kerekes K, Eriksen HM. Clinical performance of three endodontic sealers. *Endod Dent Traumatol* 1987; 3: 178–86.
 66. Huuomonen S, Lenander-Lumikari M, Sigurdsson A et al. Healing of apical periodontitis after endodontic treatment: a comparison between a silicone-based and a zinc oxide-eugenol-based sealer. *Int Endod J* 2003; 36: 296–301.
 67. Saleh IM, Ruyter IE, Haapasalo M et al. The effects of dentine pretreatment on the adhesion of root-canal sealers. *Int Endod J* 2002; 35: 859–66.
 68. Ørstavik D, Nordahl I, Tibballs JE. Dimensional change following setting of root canal sealer materials. *Dent Mater* 2001; 17: 512–9.
 69. Eldeniz AU, Mustafa K, Ørstavik D et al. Cytotoxicity of new resin-, calcium hydroxide- and silicone-based root canal sealers on fibroblasts derived from human gingiva and L929 cell lines. *Int Endod J* 2007; 40: 329–37.
 70. Hilton TJ, Ferracane JL, Mancl L et al. Comparison of CaOH with MTA for direct pulp capping: a PBRN randomized clinical trial. *J Dent Res* 2013; 92(7 Supp): 165–225.
 71. Mente J, Hufnagel S, Leo M et al. Treatment outcome of mineral trioxide aggregate or calcium hydroxide direct pulp capping: long-term results. *J Endod* 2014; 40: 1746–51.
 72. Gillen BM, Looney SW, Gu LS et al. Impact of the quality of coronal restoration versus the quality of root canal fillings on success of root canal treatment: a systematic review and meta-analysis. *J Endod* 2011; 37: 895–902.
 73. Beach CW, Calhoun JC, Bramwell JD et al. Clinical evaluation of bacterial leakage of endodontic temporary filling materials. *J Endod* 1996; 22: 459–62.
 74. Hommez GM, Coppens CR, De Moor RJ. Periapical health related to the quality of coronal restorations and root fillings. *Int Endod J* 2002; 35: 680–9.