

Pulpareacties en pulpabescherming: traditionele onderlagen versus dentinehechtlakken

B. Van Meerbeek, tandarts-onderzoeker N.F.W.O.¹
 J. Perdigão, tandarts²
 S. Inokoshi, tandarts³
 P. Lambrechts, tandarts¹
 G. Vanherle, tandarts-arts¹

Samenvatting. De tandpulpa beschikt over een uitzonderlijk herstelvermogen, waardoor pulpareacties beperkt en gelokaliseerd blijven en doorgaans volledig reversibel zijn. Het spreekt voor zich dat hoe jonger en gezonder de pulpa is, hoe groter haar intrinsiek herstelvermogen zal zijn. In geval van een bacteriële besmetting zal een steriele ontstekingsreactie ontaarden in een lokale necrose, die met de tijd langzaam apicaalwaarts uitbreidt en de hele pulpa beslaat.

In deze bijdrage wordt het nut van pulpabescherming bij gebruik van traditionele calciumhydroxide-preparaten afgewogen tegenover een meer moderne adhesieve verzorging van de dentinewond met dentinehechtlakken. Tevens wordt ingegaan op mogelijke schadelijke pulpareacties op vullingsmaterialen ten gevolge van het restauratief handelen. Ten slotte worden klinische richtlijnen geformuleerd voor een doeltreffende pulpabescherming en dentineverzorging.

MEERBEEK B VAN, PERDIGÃO J, INOKOSHI S, LAMBRECHTS P, VANHERLE G. Pulpareacties en pulpabescherming: traditionele onderlagen versus dentine hechtlakken. Ned Tijdschr Tandheelkd 1996; 103: 439-43.

Uit de ¹afdeling Conserverende Tandheelkunde en Tandheelkundige Materialen, School voor Tandheelkunde, Mondziekten en Kaakchirurgie van de Katholieke Universiteit te Leuven in België, het ²Department of Operative Dentistry, School of Dentistry van het Instituto Superior de Ciências da Saúde, Monte da Caparica in Portugal en het ³Department of Operative Dentistry, School of Dentistry van de Tokyo Medical and Dental University in Japan.

Trefwoorden: Restauratieve tandheelkunde – Pulpareacties – Calciumhydroxide – Dentinehechtlakken

Datum van acceptatie: 18 juni 1996.

Adres: Prof.dr.dent. B. Van Meerbeek, KU Leuven, School voor Tandheelkunde, Mondziekten en Kaakchirurgie, Kapucijnenvoer 7, B-3000 Leuven, België.

1 Het dentine-pulpa complex

Dentine is zeer permeabel met duizenden minuscule kanaaltjes of tubuli die een directe verbinding vormen met het onderliggende pulpaweefsel. Met een toenemende densiteit en stijgende diameters van dentinetubuli neemt ook de toegankelijkheid tot de tandpulpa, of de permeabiliteit van dentine, met de caviteitsdiepte toe. De dentinekanaaltjes zijn gevuld met weefselvocht dat vanuit de tandpulpa in de tubuli wordt gestuwd. Voorts bevatten deze kanaaltjes een celuutloper van de dentinevormende cel of odontoblast. Hierdoor is dentine een vitaal weefsel dat steeds blijft doorgroeien met afzetting van minerale bestanddelen in de dentinekanaaltjes en productie van secundair dentine ter hoogte van het pulpapak. Door dit proces van fysiologische veroudering of sclerose neemt de dentinepermeabiliteit met de leeftijd van de tand geleidelijk af.

Dentine beschikt tevens over een intrinsiek verdedigingsmechanisme. Een lichte, progressieve en aanhoudende traumatische prikkeling geeft aanleiding tot een zogenaamde pathologische sclerose. Tijdens dit proces vindt een verhoogde afzetting van mineralen plaats in de dentinekanaaltjes, waardoor de open verbinding met de tandzenuw geleidelijk aan wordt afgesloten. Dit fenomeen verklaart onder meer waarom blootliggend dentine in typische halslaesies, zoals poetsabrasieën en chemische erosies,¹ vaak geen pijnklachten met zich meebrengt. Ten slotte zal dentine in geval van een vrij agressieve irritatie, zoals bij cariës, zich verdedigen met de aanmaak van reparatief of tertiair dentine.

2 Prikkeling van de tandpulpa

Zolang een tand gaaf is, biedt het glazuur een afdoende bescherming tegen externe invloeden die de integriteit van de pulpa kunnen bedreigen. Is echter de glazuurafsluiting verbroken, bijvoorbeeld door cariës, komt het er bij de restauratie in de eerste plaats op aan het geëxponeerde dentine, en dus de toegang tot de pulpa, zo hermetisch mogelijk af te dichten.

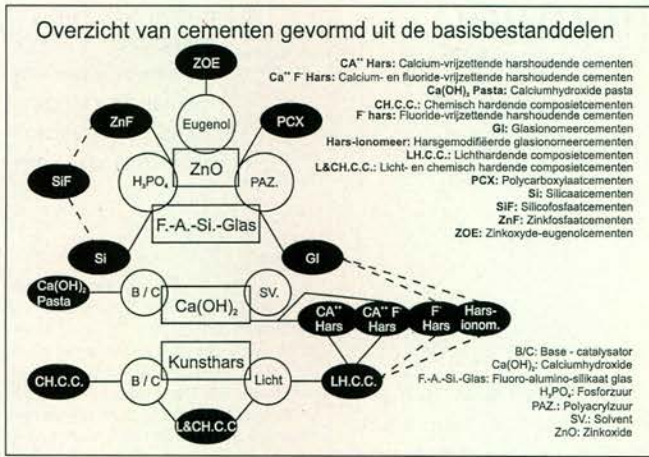
Met deze afsluiting van de tubuli-openingen voorkomt men hydrodynamische vloeistofbewegingen in de dentinekanaaltjes, die zenuwcellen in de tandpulpa kunnen prikkelen. Verzegeling van de dentinekanaaltjes belet tevens het binnendringen van micro-organismen tot de tandpulpa.

Wanneer een irriterende stof op het blootgelegde dentineoppervlak met toegankelijke dentinetubuli wordt aangebracht, reageert de tandpulpa steeds met een ontstekingsreactie. Deze pulpareactie blijft gelokaliseerd tot het pulpaweefsel.² Wanneer de irriterende stof wordt verwijderd, waarbij de pulpa niet wordt geïrriteerd, en daarna de caviteit hermetisch wordt afgesloten met een niet-irriterend vullingsmateriaal, dan is de pulpa in staat zich volledig te herstellen.

Wanneer echter aan één van de bovenstaande criteria voor volledig pulpaherstel niet is voldaan, dan kan de ontstekingsreactie ontaarden in een lokale necrose die met de tijd langzaam apicaalwaarts uitbreidt en de hele pulpa beslaat. Het spreekt voor zich dat hoe jonger en gezonder de pulpa is, hoe groter haar intrinsiek herstelvermogen zal zijn.

3 Verzorging van de dentine- en/of pulpawond

Verzorging en bescherming van de dentine- en/of pulpawond kan op drie verschillende niveaus gebeuren. In het minst gunstige geval, bij een directe pulpa-overkapping, beoogt men het sluiten van de pulpa-expositie door de vorming van een dentinebrug. Een indirecte pulpa-overkapping wordt klinisch toegepast bij diepe cariës, wanneer het risico op pulpa-expositie groot wordt bij verdere excavatie van het carieuze dentineweefsel. Deze tussenbehandeling heeft als doel achtergebleven micro-organismen te vernietigen en de aanmaak van reparatief dentine te stimuleren. In beide gevallen is de dentine- en pulpaverzorging vooral biologisch therapeutisch gericht. Deze behandeling veronderstelt een antibacteriële, analgetische en dentinogenetische werking met als uiteindelijk doel de normale fysiologie van de tandpulpa te herstellen.



Afb. 1. Overzicht van cementen gevormd uit hun basisbestanddelen.

Bij een ongecompliceerde verzorging van een dentinewond volstaat een meer passieve pulpabescherming. Met een dunne onderlaag of *liner* isoleert men de tandpulp tegen thermische en elektrische prikkels. Door de dentinekanaaltjes te verzegelen wordt de tandzenuw ook beschermd tegen schadelijke chemische agentia, zoals sterke zuren en niet-gepolymeriseerde monomeren. Met een relatief dikke bodemlaag of *base* wordt tevens bescherming geboden tegen mechanische belasting. Hiermee kunnen ook ondersnijdingen worden 'uitgeblok't, zoals bij het omvormen van een retentieve naar een conische (inlay) caviteit. Zo herstelt men de weerstands- en stabiliteitsvorm van de caviteit met het oog op een betere distributie van op de vulling uitgeoefende occlusie- en articulatietlasten naar het resterende tandweefsel.

Belangrijk op alle niveaus van pulpabescherming is opnieuw de volledige afsluiting van de dentinewond ter preventie van een bacteriële herinfectie. Naast traditionele cementen bestaat een meer moderne aanpak van dentineverzorging, waarbij de tubuli worden verzegeld met harshoudende dentinehechtlakken (afb. 1). De voorkeur voor een bepaald materiaal als bodem- of onderlaag wordt grotendeels bepaald door de aard van pulpabescherming die klinisch vereist wordt. Moderne dentine-adhesieven kunnen uitsluitend in een dunne onderlaag worden aangewend.

4 Het pulpahelend effect van calciumhydroxide

Al meer dan vijftig jaar wordt calciumhydroxide klinisch aangewend als primaire bescherming van de tandpulp, vooral in geval van een duidelijke pulpa-expositie of wanneer slechts een dunne laag dentine de caviteitsbodem van het pulpapak scheidt. Ingeval van een pulpa-expositie induceert calciumhydroxide de vorming van een dentinebrug met afzetting van tertiair dentine ter hoogte van de expositie.³ Alhoewel dentinebrugvorming alom werd beschouwd als teken van volledige heling van de getraumatiseerde pulpa, heeft nader histologisch onderzoek van de structuur van deze dentinebrug aangetoond dat de pulpa-expositie niet perfect wordt verzegeld.⁴ Een duurzame, lekvrije verbinding tussen het vullingsmateriaal en het resterende tandweefsel bepaalt derhalve in grote mate het langdurig succes of vroegtijdig falen van deze pulpahelende behandeling.

Volledige randafsluiting van tandvullingen is des te meer essentieel omdat calciumhydroxide onderlagen onder lekkende vullingen binnen zes maanden desintegreren.⁵ Door toevoeging van kunsthars is een nieuwe groep van hybride calcium-afzettende cementen ontwikkeld met een duidelijk geringere oplosbaarheid (afb. 1). Nadelig is echter dat het pulpa-

helend effect van deze nieuwe calcium-afzettende harshoudende cementen vermoedelijk minder goed is dan van de traditionele calciumhydroxide preparaten.

Naast calciumhydroxide worden ook andere bioactieve materialen zoals calciumfosfaten als pulpa-overkappingsmateriaal aangewend.⁶ Verder onderzoek naar de klinische waarde van deze veelbelovende pulpahelende materialen is echter noodzakelijk.

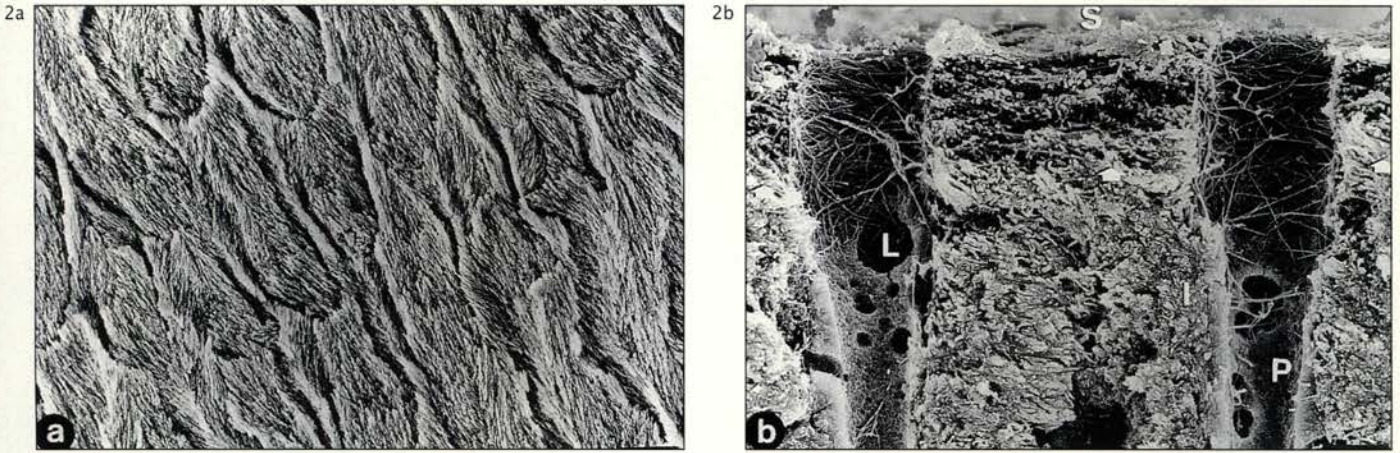
5 Dentineverzorging en pulpabescherming met adhesieve harssystemen

In navolging van de grote vooruitgang die de adhesieve restauratieve tandheelkunde vooral de laatste vijf jaren kende, werd het klinisch gebruik van traditionele onderlagen onder adhesieve tandvullingen sterk ingeperkt. Hoewel de klassieke glazuur-etstechniek reeds geruime tijd een betrouwbare en voorspelbare hechting van een composiet-vullingsmateriaal aan glazuur waarborgt, lukte het pas enkele jaren geleden om een gelijkwaardige, efficiënte hechting aan dentine te verwezenlijken. Absolute voorwaarde voor een duurzame hechting aan dentine is een specifieke voorbehandeling die het natuurlijke geringe aanhechtingsvermogen van het dentinesubstraat sterk verbetert en de dentinewanden in de caviteit meer ontvankelijk maakt voor adhesie.

Moderne dentine-adhesieven zijn vrij complex in hun gebruik en zijn daardoor zeer techniekgevoelig. De practicus dient bijzondere aandacht te schenken aan de klinische applicatieprocedure. In een eerste procedurestap worden glazuur en dentine gelijktijdig geëts met een zuur in een zogenaamde totaal-etsprocédé (afb. 2). Tot enkele jaren geleden werd de directe toediening van een zuur op dentine sterk ontraden vanwege zijn vermeende ongunstige invloed op het onderliggende pulpaweefsel. Dierproeven hebben inderdaad aangetoond dat het etsen van dentine met 37% fosforzuur de pulpa initieel irriteert; deze (steriele) pulpareacties zijn echter van voorbijgaande aard, waarbij dertig en negentig dagen na het plaatsen van de composietvullingen geen tekenen van pulpantsteking meer worden aangetroffen.⁷ Ernstige pulpareacties werden alleen aangetroffen bij bacteriële besmetting door microlekkage langs defecte vullingsranden.

Essentieel in de afdichting van de dentinekanaaltjes bij gebruik van een adhesieve vullingstechniek is het onderliggende micromechanische hechtingsmechanisme van moderne dentine-adhesieven, althans van die systemen die de smeerslaag op het geprepareerde dentine verwijderen volgens een totaal-etsprocédé. Ultramorfolologisch onderzoek visualiseerde de vorming van een zogenaamde hybride laag ter hoogte van het intertubulair dentine.⁸ Het oppervlakkige dentine wordt met een zuur tot op een diepte van 1 tot 5 µm gedemineraliseerd. Hierbij wordt een microporeus collageen netwerk vrijgelegd (afb. 2), waarvan de interfibrillaire ruimtes in een volgende stap, bij de applicatie van achtereenvolgens een primer en het uiteindelijke adhesief hars, met harsmonomeren worden opgevuld (afb. 3). Tegelijkertijd worden de geopende dentinekanaaltjes afgesloten met een zogenaamde harsuitloper die zelf nauw aan de wanden van de dentinetubulus is verbonden en voor een volledige afsluiting zorgt (afb. 3).

Uit hechtsterktestudies blijkt dat de harsuitlopers zo sterk aan de dentinewanden gebonden kunnen zijn dat, wanneer het adhesief hars losscheurt van het dentine-oppervlak, de harsuitlopers afbreken ter hoogte van de tubuli-ingangen en de dentinebuizen afgedicht blijven (afb. 4). Nochtans blijkt deze afsluiting echter opnieuw niet volledig hermetisch. Minuscule hiaten tussen de collageenvezels en het harsmateriaal in de hybride laag laten een zekere vorm van lekkage op



Afb. 2. Veld-emissie scanning-elektronmicroscopische opname van glazuur (a) en dentine (b), die werden geëtsd met 37% fosforzuur. Microretentieve etsputten met aftekening van het karakteristieke glazuurprisma-patroon werden gecreëerd in (a) (Staaf = 4 μm). Intertubulair dentine (I) werd gedemineraliseerd tot op een diepte van 4-5 μm (pijlen) met vrijstelling van een microporeus collageen netwerk (b). In de geopende dentine-tubuli werd peritubulair dentine (P) tot op een diepte van ongeveer 6 μm opgelost met vrijlegging van een circulair georiënteerd collageen netwerk in de wanden van de dentinekanaaltjes. L = Openingen van laterale tubuli-vertakkingen; S = Silica partikels achterblijvend van de etsgel. Staaf = 2 μm .

submicron niveau – *nanolekkage* genaamd – toe, zelfs wanneer er geen echte separatie van de hechting is ontstaan.⁹ Er bestaat heden nog onduidelijkheid over de relevantie van deze nano-openingen in het licht van een mogelijke bacteriële herinfectie.

In histopathologische studies werd recent eveneens geëxperimenteerd met dentinehechtvlakken als pulpa-overkappingsmateriaal.¹⁰ De ernst van pulpreactie in een studie met vier moderne, representatieve dentiklevers bleek sterk afhankelijk van het angewende systeem.¹¹ Opnieuw werd een ernstige graad van pulpa-onsteking slechts aangetroffen bij een bacteriële bijbesmetting. Adhesieven die effectief microlekkage konden beletten met een goed afsluitende hechting wekten slechts een lichte initiële pulpreactie op, die reeds na dertig dagen volledig heelde met de afzetting van tertiair dentine. Andere adhesieven die resulteerden in een aanzienlijke microlekkage vertoonden ook een histopathologisch sterke inflammatoire respons. Algemeen wordt aangenomen dat de grote cocktail van chemische bestanddelen in adhesieve systemen slechts een minimale tot gematigde pulpreactie uitlokt, die volledig reversibel is op voorwaarde dat de adhesieve behandeling de vullingsranden volledig verzegeld heeft.

Naast een efficiënte verzegeling van dentine door hybridisatie en vorming van harsuitlopers, hebben sommige adhesieven eveneens een antibacteriële effect.¹²

6 Pulpreacties op het restauratieve handelen

Tijdens de preparatie van een caviteit kan een aanzienlijke hoeveelheid warmte worden geproduceerd, waardoor de tandpulpa eveneens geprikkeld kan worden. Bij ernstige irritatie gecombineerd met een bacteriële besmetting kan de aanvankelijk reversibele pulpreactie overgaan in een acute ontstekingsreactie, die gepaard gaat met postoperatieve gevoeligheid en pijn.¹³ Pulpaschade zal optreden bij geen of onvoldoende waterkoeling tijdens het boren of slijpen.

Warmteprikkeling van de tandpulpa kan ook optreden bij lichtpolymerisatie van composietmaterialen.¹⁴ Deze temperatureffecten op de pulpa zijn echter nog onvoldoende onderzocht.

Sterke uitdroging van dentine, zoals bijvoorbeeld bij langdurige isolatie met rubberdam, kan eveneens schade toedienen aan de tandpulpa. Overmatig drogen van dentine met de luchtspruit kan ook aanleiding geven tot het insluiten van lucht

in de dentinetubuli, die nadien tijdens de restauratieve behandeling worden afgesloten. Expansie en contractie van deze ingesloten lucht met temperatuurschommelingen kan leiden tot een continue prikkeling van de onderliggende tandpulpa.¹⁵

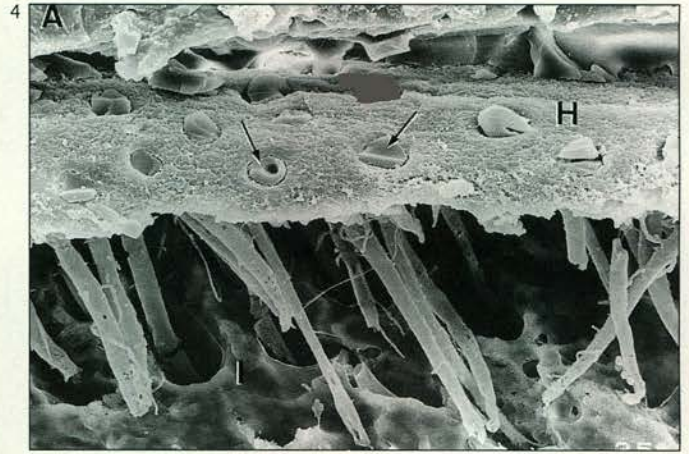
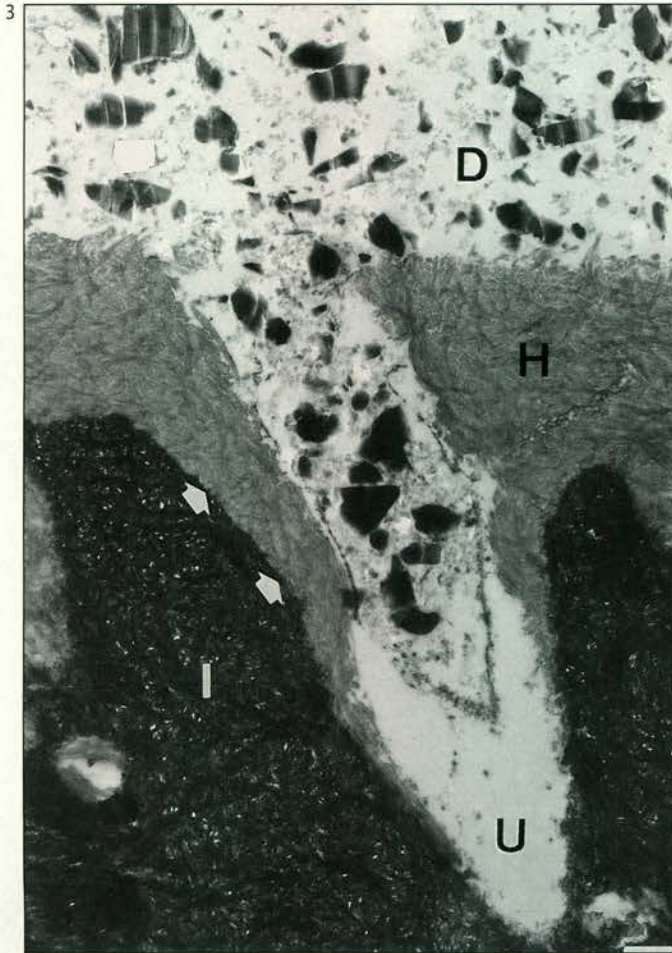
Ter voorkoming van gelijksoortige pulpreacties, dienen etsgels zo isotoon mogelijk te zijn om osmotische balansverschuivingen in de geopende dentinekanaaltjes te vermijden. De meeste etsgels zijn echter hypertoonisch, waardoor een uitwaartse vloeistofstroom in de dentinetubuli ontstaat die enerzijds de penetratie van het zuur door de tubuli naar de pulpa reduceert, maar anderzijds aanleiding kan geven tot postoperatieve gevoeligheid.¹⁶

Pulpa-irritatie kan ook ontstaan tengevolge van een hoge hydraulische druk die op de tandpulpa wordt uitgeoefend, bijvoorbeeld tijdens het cementeren van indirecte restauraties. Erg vloeibare cementen, zoals glasionomeren en zinkfosfaatcementen, kunnen bij het cementeren van nauwpassende indirecte restauraties met onvoldoende ontsnappingsmogelijkheden tot in de dentinekanaaltjes worden gestuwd. Om drukirritaties op de tandpulpa te voorkomen is het aan te raden het cement in een weliswaar voldoende dikke filmlaag op de binnenzijde van de indirecte restauratie aan te brengen zonder deze evenwel volledig met cement op te vullen. Met een vibrerende vingerdruk of bij gebruik van een ultrasonische cementeertechniek brengt men de restauratie op zijn plaats. Deze gecontroleerde cementeertechnieken garanderen een vlotte ontsnapping van de overmaat cement zonder gevaar voor ernstige pulpaschade door hydraulische overdruk.

Een mogelijke bron van bacteriële besmetting is de smeerlaag die gevormd wordt tijdens de caviteitspreparatie en vaak gecometamineerd is met bacteriën en bacteriële bijproducten. Wanneer de smeerlaag niet verwijderd wordt door een totaal-etsprocédé systeem is daarom een desinfectie van de caviteit met een ontsmettingsmiddel gewenst om achtergebleven micro-organismen te doden. Bij sommige systemen worden antimicrobiële agentia toegevoegd, zoals benzalkoniumchloride bij de etsgels van All-Bond 2 and Elitebond (Bisco). Hun effectiviteit dient verder aangetoond te worden.

7 Pulpreacties op vullingsmaterialen

De moeilijkheid in de evaluatie van pulpreacties op vullingsmaterialen is dat klinische vullingsmaterialen worden aange-



Afb. 3. Niet-gedemineraliseerde en niet-ingebedde transmissie-elektronenmicroscopische opname van de hars-dentine hechting gevormd met Optibond (Kerr). Een hybride laag (H) van ongeveer 3 µm werd gevormd, terwijl de geopende dentine-tubulus werd afgesloten met een partikel-gevulde harsuitloper (U). De hybride laag dringt door in de wanden van de dentinetubulus en garandeert een volledige verzegeling (pijlen). D= Partikel-gevuld dual-cure adhesief hars; I = Intertubulair dentine; Staaf = 1 µm.

Afb. 4. Veld-emissie scanning-electronmicroscopische opname van de hars-dentine hechting gevormd met Permagen (Ultradent). Bemerkt dat wanneer de hybride laag (H) losscheurt van het adhesief hars (A), de dentinekanaaltjes afgesloten blijven met harsuitlopers (pijlen). I = Intertubulair dentine; Staaf = 4 µm.

bracht in caviteiten van tanden waarvan de pulpa hoogstwaarschijnlijk een gelokaliseerde chronische ontstekingsreactie ondergaat of ondergaan heeft. Daarentegen worden biocompatibiliteitsstudies in dierproeven naar de mogelijke toxische effecten van het materiaal zelf meestal uitgevoerd op gezonde pulpa's van intacte, jonge tanden met een optimaal herstellvermogen. Het is nu nog onduidelijk hoe een door cariës aangetaste tand met een potentieel aangetaste tandpulpa reageert op een directe applicatie van bepaalde materialen.

Postoperatieve gevoeligheid of pijn werd in het verleden vaak toegeschreven aan toxische effecten van het aangewende cementeer- en/of vullingsmateriaal op het pulpaweefsel. Gelukkig lijkt dentine de pulpa te beschermen tegen het vrijkomen van toxische chemicaliën uit diverse materialen. De drie mechanismen die hiervoor werden onderkend zijn 1) de beperkte vochtigheidsgraad van dentine – wat de hydrolytische vrijzetting van chemicaliën limiteert –, 2) de buffercapaciteit van hydroxylapatiet in dentine, en 3) het verval van concentratie van vrijkomende chemische stoffen door het diffusieproces doorheen de dentinetubuli.¹⁵

Glasionomeercementen en hun harsgemodificeerde varianten hebben ongetwijfeld de laatste jaren de grootste opgang gekend omwille van hun auto-adhesieve en anticariogene eigenschappen (afb. 1). Ook hun verwerking werd aanzienlijk vereenvoudigd met de meest recente groep harsgemodificeerde glasionomeren. Met deze lichthardende glasionomeren kunnen caviteiten in bulk worden gevuld en onmiddellijk na lichtpolymerisatie worden afgewerkt. Door hun chemisch hechtingsvermogen zouden glasionomeren vrij goed de dentinewond moeten kunnen verzegelen. Bepaalde glasionomeren doen dit inderdaad voortreffelijk.¹⁵

Karakteristiek voor glasionomeren is dat bij hechtings-

breuk het materiaal meestal cohesief faalt juist boven het hechtoppervlak met het dentine, terwijl de dentinetubuli door een laagje glasionomeer verzegeld blijven. De grote diversiteit in materiaaleigenschappen die bestaat in deze groep van nieuwe materialen duidt erop dat vermoedelijk het product met de ideale samenstelling en eigenschappen nog niet is ontwikkeld.

Van klinisch groot belang voor een goede verzegeling is de vochtigheidsgraad van dentine tijdens de applicatie van het glasionomeer. Bij een te droog of te vochtig dentine zal het dentine-oppervlak onvoldoende worden afgedicht. Zoals voorheen vermeld zijn glasionomeren ook antibacterieel actief door de afgifte van fluor.

Alhoewel weinig gegevens inzake pulpareacties op glasionomeren bekend zijn, laat hun initiële hoge zuurtegraad niet toe ze aan te wenden in de onmiddellijke nabijheid van de tandpulpa en zeker niet als direct pulpa-overkappingsmateriaal.¹⁷ Wanneer het restdentine voldoende dik is (> 1 mm), en hierdoor over een voldoende buffervermogen van hydroxylapatiet beschikt, kan een glasionomeer risicoloos worden aangewend.

Wat betreft dentinehechtlakken bestaat heden nog onduidelijkheid omtrent het allergene vermogen van niet-gepolymeriseerde monomeren bij direct pulpaccontact. Grondig onderzoek naar mogelijke sensibilisatie-effecten met deze monomeren is een absolute en dwingende noodzaak.

8 Klinische richtlijnen voor pulpabescherming

Hoofddoel van dentineverzorging is het realiseren van een hermetische verzegeling van het geprepareerde dentine ter voorkoming van onmiddellijke postoperatieve gevoeligheid

en laattijdige pulpa-ontstekingen. Onderzoek heeft duidelijk aangetoond dat een gezonde tandpulpa een inherente helingscapaciteit bezit zolang de toegang tot de pulpa hermetisch afgesloten wordt en blijft. Mede bepalend of de pulpa zich zal herstellen van het toegediende trauma of zal ontaarden in een ernstige ontstekingsreactie is de gezondheidstoestand van de tandpulpa op het ogenblik van de restauratieve ingreep.

In een diepe caviteit met een restdentine kleiner dan 1 mm, met zeer permeabel dentine zoals bij jonge tanden, in een primair geprepareerde caviteit en zeker in geval van pulpa-overkapping is calciumhydroxide nog als eerste geïndiceerd. Dit cement biedt een gunstige pulpahelende werking, maar heeft als groot nadeel dat het snel oplost indien de caviteit nadien niet hermetisch kan worden afgedicht. In een adhesieve caviteit kan met een modern dentine-adhesief een goede afsluiting worden gegarandeerd, zelfs wanneer de caviteitswanden in dentine eindigen. Het blijft raadzaam de calciumhydroxide-laag te bedekken met een minder oplosbaar traditioneel cement, zoals een glasionomeercement, dat de dentinewond ook volledig afdicht. Vanwege zijn hoge oplosbaarheid is etsen van een calciumhydroxide onderlaag uiteraard uit den boze. Let wel dat calciumhydroxide onder een adhesieve vulling slechts zeer lokaal en beperkt op de diepste plaatsen van de caviteitsbodem mag worden aangebracht om zoveel mogelijk dentinesubstraat voor hechting te vrijwaren.

In relatief ondiepe caviteiten met voldoende restdentine (> 1 mm) of gescleriseerd dentine wordt de keuze van het pulpa-beschermingsmateriaal bepaald door het type restauratie. Onder een amalgaamvulling kan in geval van voldoende restdentine een dunne thermische isolerende onderlaag met een conventioneel of kunstharsgemodificeerd glasionomeer lining cement of zelfs met een dentinehechtlak ('amalgam bonding') volstaan. Wanneer ook de weerstands- en stabiliteitsvorm van de caviteit moet worden hersteld, wordt bij voorkeur een conventioneel of kunstharsgemodificeerd glasionomeer base materiaal of een klassiek zinkoxide-eugenolcement aangewend. Onder adhesieve tandvullingen plaatst men een conventioneel of kunstharsgemodificeerd glasionomeer lining cement of wordt de tandpulpa reeds voldoende beschermd met een modern dentine-adhesief dat de smeerlaag verwijdert.

Literatuur

- 1 Braem M, Lambrechts P, Vanherle G. Stress-induced cervical lesions. *J Prosthet Dent* 1992; 67: 718-22.
- 2 Trope M, Ørstavik D. Biologic responses of the pulp to restorations. In: Hunt PR, ed. *Glass ionomers: The next generation. Proceedings of the 2nd International Symposium on Glass Ionomers*, Philadelphia, PA: 1994, 131-40.
- 3 Cox CF. Microlekkage: evaluatie en behandeling. *Ned Tijdschr Tandheelk* 1990; 97: 98-100.
- 4 Cox CF, Sübay RK, Ostro E, Suzuki S, Suzuki SH. Tunnel defects in dentin bridges: Their formation following direct pulp capping. *Oper Dent* 1996; 21: 4-11.
- 5 Bausch JR. *Tandheelkundige composieten II. Klinisch-materiaalkundige eigenschappen*. Amsterdam: Universiteit van Amsterdam, 1982. Academisch proefschrift.
- 6 Higashi T, Okamoto H. Influence of particle size of hydroxyapatite as a capping agent on cell proliferation of cultured fibroblasts. *J Endod* 1996; 22: 236-9.
- 7 Fujitani M, Inokoshi S, Hosoda H. Effect of acid etching on the dental pulp in adhesive composite restorations. *Int Dent J* 1992; 42: 3-11.
- 8 Van Meerbeek B, Braem M, Lambrechts P, Vanherle G. Hechting van composiet aan dentine. *Ned Tijdschr Tandheelkd* 1993; 100: 489-94.
- 9 Sano H, Shono T, Takatsu T, Hosoda H. Microporous dentin zone beneath resin-impregnated layer. *Oper Dent* 1994; 19: 59-64.
- 10 Heitman T, Unterbrink G. Direct pulp capping with a dentinal adhesive resin system. A pilot study. *Quintessence Int* 1995; 26: 765-70.
- 11 Tsuneda Y, Hayakawa T, Yamamoto H, Ikemi T, Nemoto K. A histopathological study of direct pulp capping with adhesive resins. *Oper Dent* 1996; 20: 223-9.
- 12 Emilson CG, Bergenholtz G. Antibacterial activity of dentinal bonding agents. *Quintessence Int* 1993; 24: 511-5.
- 13 Advokaat JGA. De pulpa en restauratiemateriaal. *Ned Tijdschr Tandheelk* 1990; 97: 101-3.
- 14 Goodis HE, White JM, Marshall SJ, Koshrovi P, Watanabe LG, Marshall GW Jr. The effect of glass ionomer liners in lowering pulp temperatures during composite placement, in vitro. *Dent Mater* 1993; 9: 146-50.
- 15 Hume WR. Pulpal response to glass ionomers. In: Hunt PR, ed. *Glass ionomers: The next generation. Proceedings of the 2nd International Symposium on Glass Ionomers*. Philadelphia, PA: 1994, 143-50.
- 16 Perdigão J. An ultra-morphological study of human dentine exposed to adhesive systems. Leuven: Katholieke Universiteit Leuven, 1995. Academisch proefschrift.
- 17 Paterson RC, Watts A. The response of the rat molar pulp to a glass ionomer cement. *Br Dent J* 1981; 151: 228-30.

Summary

REACTIONS OF THE DENTAL PULP: TRADITIONAL VERSUS ADHESIVE PROTECTION

Key words: Dental restoration – Dental pulpal reactions – Calciumhydroxide – Adhesive dentin sealing

The dental pulp possesses an intrinsic healing capacity, by which pulpal reactions remain initially localised; they are often completely reversible. The younger and healthier the pulp is, the greater its healing capacity will be. Only in case of bacterial infection will the sterile pulpal inflammation convert into a local necrosis of the pulpal tissue that gradually will expand apically until the whole pulp is contaminated. The profit-effect of pulpal protection by means of traditional calcium hydroxide medicaments is compared with a more modern adhesive dentin sealing. Potential pulpal response to restorative materials and procedures are reviewed. Finally, clinical guidelines for optimal pulpal protection and dentinal sealing are formulated.