

STIFTONTWERP EN FIXATIECEMENT

INVLOED OP RETENTIE EN SPANNINGSVERDELING IN HET DENTINE*)

SAMENVATTING

Vorm, afmetingen en oppervlakestructuur bepalen voor een groot gedeelte de retentie van de stift. Het verankeringstype en de stiftoetwerp hebben vooral invloed op de spanningsverdeling in het worteldentine. Een ideaal systeem is vooralsnog niet beschikbaar.

Het effect van het cement is beperkt. Het nuttig rendement van dentinehechting van nieuwe composietcementen is nog niet aangetoond.

SIEMERS BS, PETERS MCRB. Stiftoetwerp en fixatiecement. Invloed op retentie en spanningsverdeling in het dentine. Ned Tijdschr Tandheelkd 1988; 95: 364-8.

B. S. Siemers, tandarts
M. C. R. B. Peters, tandarts

Uit de vakgroep Cariologie en Endodontologie van de Katholieke Universiteit te Nijmegen.

Trefwoorden: Restauratieve tandheelkunde – Stiftoetwerp – Cementen

Datum van acceptatie: 10 juni 1988.

Adres: Mw. Dr. M.C.R.B. Peters, postbus 9101, 6500 HB Nijmegen.

*)Het onderzoek is mogelijk gemaakt door een subsidie van Medigon (nr. 900-536-22).

1. INLEIDING

Een avitaal element, waarvan de kroon geheel of gedeeltelijk verloren is gegaan, wordt veelal voorzien van een stiftoetbouw. De stiftoetbouw beoogt het bieden van retentie en resistentie aan een definitieve restauratie.

Globaal genomen zijn er drie mogelijkheden om een element op te bouwen met behulp van een intraradiculaire verankering: de gedeeltelijk of volledig gegoten stiftoetbouw, de plastische opbouw gecombineerd met een confectiestift en de opbouw, geheel vervaardigd van plastisch materiaal zonder gebruikmaking van een stift. Uit experimenteel onderzoek is gebleken dat de weerstand van een combinatie-opbouw tegen druk- en trekkrachten vergelijkbaar is met die van een gegoten opbouw, mits deze door een volledige kroon wordt omvat.¹

De groeiende belangstelling voor de niet-gegoten stiftoetbouw is van economische aard. Bovendien is de toepassing eenvoudig en leidt tot verkorting van de behandelingsduur.

Belastingsproeven wijzen uit dat de kans op onherstelbare schade aan het restelement als gevolg van te grote krachten geringer is bij een opbouw van plastisch materiaal dan bij een gegoten exemplaar.^{2,3} De twee meest gebruikte plastische materialen zijn amalgaam en composiet. De nadelen van amalgaam ten opzichte van composiet zijn het optreden van corrosie, een langere verhardingsduur en het ontbreken van hechting aan dentine.

Indien direct blootgesteld aan vocht blijkt composiet dimensioneel zeer instabiel te zijn in vergelijking tot amalgaam.⁴ Echter wanneer de opbouw voorzien wordt van een bedekkende restauratie blijkt de stabiliteit van het materiaal klinisch acceptabel.⁵

Enige terughoudendheid in het gebruik van plastisch opbouw materiaal dient betracht te worden bij belaste frontelemen-

ten, pijlerelementen en elementen waarvan nog maar zeer weinig oorspronkelijk kroonmateriaal aanwezig is. In deze gevallen is de klinisch beproefde gegoten opbouw vooralsnog te prefereren.⁶

De keuze voor een bepaald type confectiestift hangt af van een aantal aspecten. Op basis van een literatuuronderzoek komen achtereenvolgens ter sprake de invloed van de stiftoetbouw en het gebruikte cement op de retentie, de opgewekte spanningsconcentraties in het worteldenti-

ne en ten slotte enkele corrosieaspecten.

In tabel I wordt een overzicht gegeven van het effect dat de diverse parameters hebben op de retentie, de spanningsinductie en de kans op wortelfractuur.

2. RETENTIE

2.1. Inleiding

Met de retentie van een wortelstift wordt

Tabel I. Het effect van ontwerp-parameters op retentie, spanningsinductie en fractuurkans.*)

Stiftoetbouw	Retentie	Spanning in worteldentine	Fractuurkans van element
Zelftappend	++	++	++
Voorgetapt	++	o/+	o/+
Frictie	++	o/+	o/+
Passief	+	-	--
Vorm			
- conisch	--	++	+
- parallel	+	-	-
- parallel met conische punt	+	-	--
Oppervlak			
- ribben	++	o	o
- gezandstraald	+	o	o
- glad	-	o	o
Lengte			
- groot	++	--	-
- klein	-	+	+
Diameter			
- groot	o	-	+
- klein	o	+	-
Ontsnappingskanaal	o	-	o
Corrosiegevoeligheid	o	+	+

*) Verklaring symbolen: -- zeer gering; + aanwezig; - weinig; ++ zeer groot; o geen invloed;



Afb. 1a. Oppervlaktestructuur van een gezand-straalde wortelstift. Vergroting 50 ×.



Afb. 1b. Oppervlaktestructuur van een wortelstift met schroefdraad. Vergroting 50 ×.

in dit verband bedoeld, de weerstand die geboden wordt tegen dislocerende krachten. Men onderscheidt drukretentie en trekretentie.

In laboratoria worden met behulp van druk- en trekapparatuur experimenten uitgevoerd naar de retentie-eigenschappen van stiften onder invloed van verschillende belastingen. Daartoe wordt een bepaald type stift, al dan niet voorzien van een opbouw, gecementeerd in een ingeklemde tandwortel. Een trekbelasting is doorgaans verticaal gericht, parallel aan de lengteas van de wortel. Een drukbelasting daarentegen wordt veelal aangebracht onder een hoek met de lengteas van het element, omdat de richting van een kauwkracht vrijwel nooit samenvalt met die lengteas.

2.2. Stifontwerp

Het blijkt dat de beste retentie wordt verkregen met geschroefde stiften, zowel van het zelftappende type als die waarvoor het kanaal dient te worden voorgetapt.^{7,8}

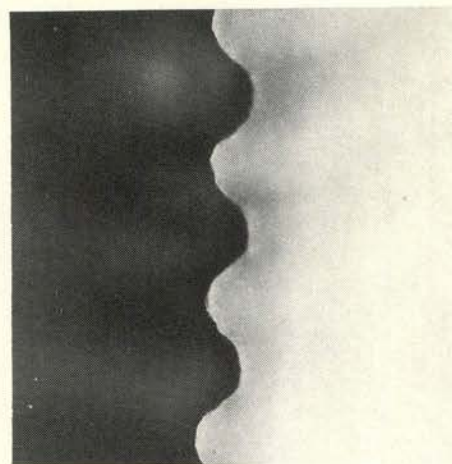
De *oppervlaktestructuur* van een stift is voor alle onderzoekers een retentiebepalende parameter. Zowel het zandstralen van het oppervlak als het aanbrengen van ribben verhoogt de retentie.^{9,10} Dit wordt verklaard doordat een ruw oppervlak de mechanische retentie van het cement verhoogt (afb. 1a,b). Ook de *vorm* van de stift draagt bij tot de retentie. Een stift met meer parallelle wanden heeft een grotere retentie dan een meer conische stift. Indien de convergentiehoek groter is dan $3,5^\circ$ is de trekretentie nog maar zeer gering.⁹

Een grotere *stiftlengte* in het wortelkanaal heeft een duidelijke invloed op de retentie. Voorwaarde is een goede apicale afsluiting.

Het voordeel van de invloed van de *stiftdiameter* op de retentie is minder eensluidend. Enkele onderzoekers vinden een betere retentie bij stiften met een grotere diameter.^{11,12} Andere delen deze mening niet.¹⁰ Het meest bepalend voor een optimale retentie lijkt de pasvorm in het geprepareerde kanaal te zijn. Een te smalle stiftdiameter is ongunstig vanwege de geringe buigweerstand en de veelal onvolledige pasvorm. Een te grote stiftdiameter leidt niet tot betere retentie, maar verzwakt het restelement.

2.3. Dentinefactoren

Hetgeen geldt voor het stiftoppervlak met betrekking tot de retentie, blijkt in zekere zin ook te gelden voor het oppervlak van de kanaalwand. Het verankeringsprincipe van cement is van mechanische aard en blijkt onder bepaalde voorwaarden positief te worden beïnvloed door een ruwe



Afb. 2. Doorsnede van een wortelkanaalwand die voorgetapt is ten behoeve van een schroefstift. Vergroting 50 ×.

oppervlaktestructuur.^{13,14}

Met een wielvormige excavator in een langzaam draaiend hoekstuk kunnen groeven worden aangebracht in de kanaalwand. Ook kan men met een tap een schroefdraad snijden in het dentine (afb. 2). Om redenen die genoemd worden in paragraaf 3.2. worden deze werkwijzen echter niet aanbevolen.

Onderzoek heeft aangetoond dat verwijdering van de smerlaag een grotere stifretentie tot gevolg heeft indien een laag viskeuze cementsoort, zoals bij voorbeeld het bis-GMA, wordt gebruikt.¹⁵ Een dergelijk cement kan namelijk in de daartoe geopende dentinetubuli penetreren (afb. 3a,b).

In de klinische situatie kunnen andere krachten dan een zuivere trekkracht leiden tot het loskomen van een opbouw. Het vergroten van de torsieweerstand door het aanbrengen van een antirotatie-slot in het coronale worteldentine kan dit voorkomen.

2.4. Cementen

Niet alleen de afmeting en vorm van de stift, maar ook het gebruikte fixatiecement kan invloed hebben op de retentie.

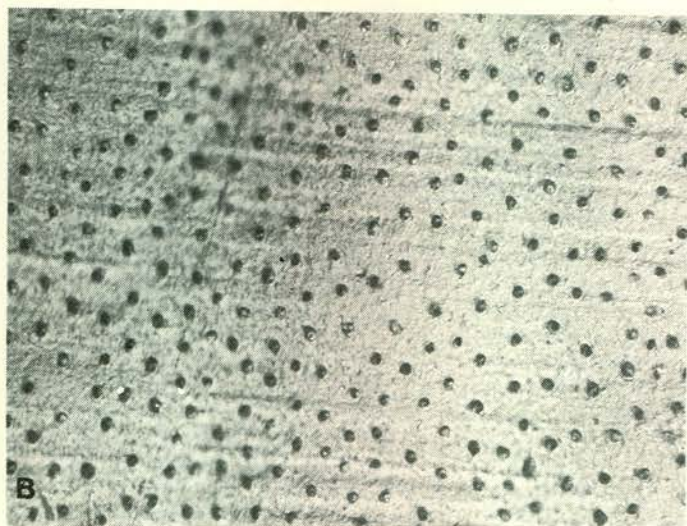
De bijdrage van cement kan berusten op twee verschillende retentieprincipes:

– *Mechanische hechting*. Hierbij is het cement opgesloten in ondersnijdingen die ontstaan zijn door het prepareren, of aanwezig zijn op het stiftoppervlak. We spreken dan van een macromechanische retentie. Met micromechanische retentie wordt de retentie aangegeven die optreedt wanneer etsputten en dentinetubuli de ondersnijdingen vormen waarin het cement hecht.

– *Fysisch/chemische hechting*. Hierbij zijn intermoleculaire krachten die fysisch of chemisch van aard kunnen zijn, verantwoordelijk voor de verbinding.



Afb. 3a. Dentine-oppervlak, verkregen met een gladde kanaalfrees. Tubulusopeningen zijn verstopt, en vaag zichtbaar in een dunne smeerlaag. Vergroting 500 \times .



Afb. 3b. Dentine-oppervlak, gedurende 20 sec. gespoeld met waterige oplossing van polyacrylzuur 35%. Smeerlaag bijna volledig verwijderd en de meeste tubulusopeningen zijn toegankelijk. Vergroting 500 \times .

Materiaalkundige eigenschappen van de beschikbare cementen variëren sterk. Welke betekenis deze onderlinge verschillen tussen de diverse cementen hebben voor de retentie van stiften is niet volledig duidelijk. Voor de sterkte van een cement spelen de intrinsieke cementgrootheden, zoals druk-, trek- en schuifsterkte en de elasticiteitsmodulus een rol. De cementsterkte bepaalt de mate van mechanische verblokking. Verder zijn van belang de adhesieve eigenschappen van het cement, zowel met betrekking tot het dentine als tot het stiftmateriaal. Dat er weinig verschillen in stiftenretentie worden gevonden bij gebruik van diverse fixatiecementen is waarschijnlijk te wijten aan de belangrijke invloed van de wrijvingskracht tussen het cement en de wanden van het wortelkanaal.

Op basis van de *chemische* samenstelling zijn er vele soorten fixatiecementen te onderscheiden. *Zinkfosfaatcement* is een cement waarvan de werking alléén berust op macromechanische hechting. Van *polycarboxylaatscement* en *glasionomeercement* is bekend dat deze bovendien een binding aangaan met zowel dentine als metalen. *Kunstharscementen* zijn de laatste jaren sterk in opkomst.

De onderzoeksgegevens duiden op een redelijk goede chemische hechting aan zowel dentine als aan metalen.^{16 17} Daarnaast komen meer *composietcementen* beschikbaar die eveneens chemisch hechten.^{18 19} Zij hebben een betere druksterkte, maar vooral de treksterkte is beduidend groter.

Er zijn geen gegevens bekend over de rol van het cement bij de retentie van de stift onder drukbelasting en onder horizontale schuifbelasting. Alle experimenten zijn gericht op het effect op de trekretentie van een stift. Het is niet zinvol de verschillende retentiewaarden uit de vele onderzoeken

onderling te vergelijken omdat de experimentele variabelen vaak niet overeenkomen.

De dikte van de cementfilm heeft invloed op de retentie doordat in het cement zwakke plaatsen kunnen optreden door luchtbellens en structurele defecten. Dergelijke effecten zijn minimaal in een dunne film. Het gebruik van een lentulonaald geeft een goede verdeling van het cement in het wortelkanaal.²⁰ In een onderzoek waarbij een composiet restauratiemateriaal diende als cementeermiddel voor wortelstiften, was de overigens goede retentie echter *niet* afhankelijk van de filmdikte.²¹

Zinkfosfaatcement levert in de meeste experimenten dezelfde retentiewaarde op als polycarboxylaatscement.^{7 22 23} In slechts één studie werd met glasionomeercement een betere trekretentie verkregen in vergelijking met zink- of zinksilicofosfaatcement.²⁴

Bij een verticale trekbelasting is het cement-dentine raakvlak de zwakste schakel. De cementlaag blijkt in trekproeven intact te blijven. Vooral indien het stiftoppervlak ruw is, komt al het cement met de stift het kanaal uit. Een goede adhesie van het cement aan het dentine zou dus een grotere trekretentie van de gecementeerde stift tot gevolg hebben. Uit de bestudeerde experimenten blijkt dat dit maar ten dele wordt bewaarheid. Soms wordt er geen verschil in stiftenretentie gevonden bij gebruikmaking van polycarboxylaats-, glasionomeer-, ethylcyanoacrylaats- of composietcement.^{22 25 26} In andere gevallen wel.²⁷

Het blijkt dat met een microfijn composiet in combinatie met een hechtlak met chemische binding aan het dentine een betere trekretentie wordt verkregen dan zonder hechtlak.²⁸

Een belangrijk voordeel van de hechting van het cement aan dentine is de vermin-

derde microlekkage tussen het cement en het tandmateriaal. Hierdoor wordt de kans op secundaire cariës en endodontische complicaties verkleind. Bovendien ontstaat hierdoor een meer gelijkmatige krachtdoorleiding resulterend in een gunstige spanningsverdeling in het dentine. Er is als het ware sprake van een 'vaste' verbinding tussen stift en tandmateriaal.

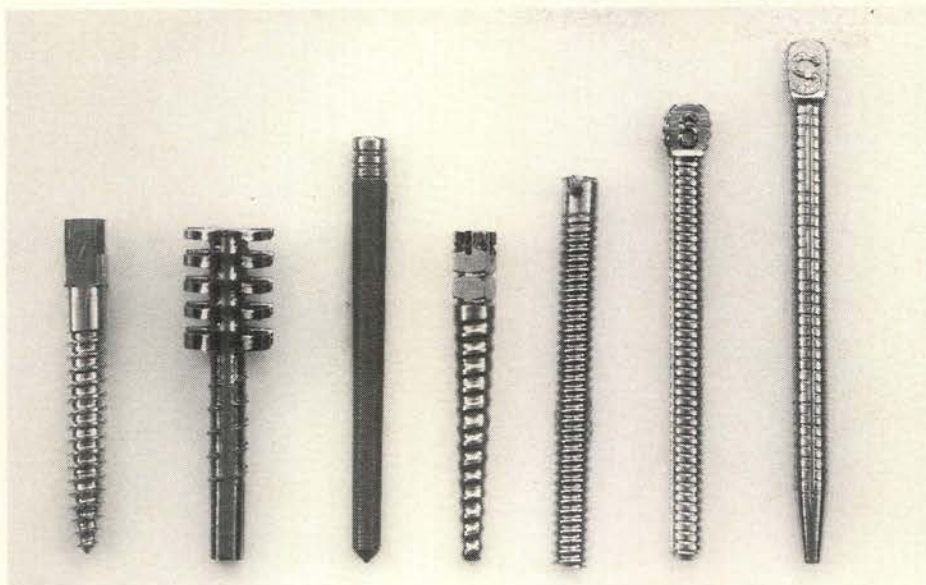
3. SPANNINGEN EN WORTELBREUK

3.1. Stiftoetwerp

Tijdens het plaatsen van een stift en later bij belasting tijdens functioneren in de mond worden krachten overgedragen op het resterende deel van het element. Indien de hierdoor opgeroepen spanningen te groot zijn, leidt dit tot een gedeeltelijke of volledige wortelfractuur. Het type stift speelt hierbij een rol.

Een *zelftappende* schroefstift van het type Dentatus, wekt zeer ongunstige spanningsconcentraties op in het dentine.²⁹ *Voorgetapte* schroefstiften zoals de stiften van Kurer kunnen eveneens grote spanningsconcentraties veroorzaken. Met name voor de *parallelwandige* stiften geldt dat over de lengte van deze stiften een groeve moet zijn aangebracht. Dit vermindert de hydrostatische druk, opgeroepen door het overtollige cement tijdens het plaatsen. Ongewenste spanningsconcentraties en fracturen in het dentine worden hierdoor vermeden (afb. 4).²³

Bij bepaalde vormen van belasting werkt een *conische* stift als een wig, waardoor in het cervicale gebied grote spanningsconcentraties ontstaan. Ook wanneer deze stift in het kanaal wordt geschroefd, bestaat een groot risico voor wortelbreuk. Om deze redenen is het ge-



Afb. 4. Typische voorbeelden van een aantal wortelstiften.
Systeem (van l. naar r.)

1. Dentatus
2. Radix anker
3. Permador
4. Unimetric
5. Kurer crown saver
6. Para-post met onsnappingsgroeve
7. Para-post met onsnappingsgroeve en conisch uiteinde

Firma

- Union Branch Corp.
Maillefer
Degussa
Maillefer
Teledyne-Getz
Whaledent Int.
Whaledent Int.

bruik van een parallelle stift aan te bevelen. Alle typen stiften kunnen barstjes of fracturen in het dentine veroorzaken als het geprepareerde kanaal niet ruim genoeg is voor de stift.

Zowel uit experimenteel als uit mathematisch onderzoek blijkt dat een langere stift gunstig is voor de spanningsverdeling in het worteldentine.^{30, 31} Spanningsanalyses tonen aan dat de diameter van de stift een omgekeerd evenredig effect heeft op de spanningsverdeling.^{30, 32}

3.2. Dentinefactoren

De krachten uitgeoefend op een met behulp van een stiftopbouw gerestaureerd element variëren in intensiteit, aangrijpingspunt, richting en frequentie. Of er wortelbreuk optreedt, is vooral afhankelijk van de dikte van de dentinewand. Bij een dunne wand is de kans hierop groot. Bij een dikke dentinewand faalt de hechting tussen cement en dentine.³³ Ook bij het plaatsen van een stift is er minder gevaar voor dentinebreuk naarmate er meer dentine aanwezig is. Bij een bepaalde slagsterkte zijn diverse systemen beproefd op de stootweerstand. Er werd een betere bescherming tegen breuk gevonden wanneer stiften met kleine diameter werden gebruikt.³⁴

Een lange, cilindrische stift houdt in dat

reerd, zonder het apicale wortelgedeelte te verzwakken of zelfs te perforeren.

Op grond van onderzoek kan nog niet worden uitgesproken of deze vormmodificatie lagere spanningen in het apicale gebied tot gevolg heeft.^{31, 36} Wanneer echter door een parodontale aandoening verlies van alveolaire bothoogte is opgetreden, geldt een duidelijke voorkeur voor een cilindrische stift met een conisch uiteinde.³⁶

Alle mechanische bewerkingen in het wortelkanaal, anders dan de noodzakelijke kanaalpreparatie, leiden tot verzwakking. Dit geldt ook voor het aanbrengen van groeven of andere ondersnijdingen voor het verbeteren van de mechanische hechting en het prepareren van een anti-rotatieslot. Dit dient daarom met de nodige zuinigheid te gebeuren.

3.3. Corrosie

Er bestaan reeds 25 jaar speculaties over de invloed van corrosie op het falen van stiftopbouwen. Bij volledig gegoten stiftopbouwen, die van oudsher van edelmetaal gemaakt zijn, is uit ruime klinische ervaring gebleken dat zij corrosiebestendig zijn. Van de vele soorten geprefabriceerde stiften blijkt de samenstelling nogal uiteen te lopen. Meestal zijn zij van onedele metalen gemaakt, is er minder klinische ervaring mee opgedaan en zijn er aanwijzingen dat corrosie optreedt.³⁷⁻³⁹ Alhoewel er geen bewijs bestaat voor een direct verband tussen stiftcorrosie en wortelfractuur staat vast dat corrosie van stiften optreedt en dat ophopende corrosieproducten door hun groter volume verantwoordelijk kunnen zijn voor lokale spanningstoename in een tandwortel.

Het belangrijkste corrosiemechanisme berust op potentiaalverschillen tussen verschillende metalen. Mogelijk kunnen metaaldeeltjes, die voorkomen in bepaalde cementen, ook aanleiding geven tot galva-

SUMMARY

THE INFLUENCE OF DOWEL DESIGN AND LUTING CEMENT ON RETENTION AND STRESS DISTRIBUTION IN TEETH

Key words: Operative dentistry – Dowel retention – Luting cements

In this literature review, parameters like shape, length, diameter and surface structure of prefabricated dowels are considered in respect to retention. Factors are discussed that influence the stress distribution in the dentine, and enhance the risk of root fracture based on both experimental and mathematical methods.

Until now the effect of cementing media on the retention of endodontic dowels is of minor importance. It is expected that the development of adhesive composite resins as luting cement will provide better retention and open the possibility to use thinner and, if necessary, shorter dowels without diminishing the retention of jeopardizing the root. The problem of corrosion of posts can be kept to a minimum if the metal used consists of titanium or a cobalt-chromium alloy. Until now, there is no dowel system available that can be used in all cases.

nische reacties. De aanwezigheid van een elektrolyt moet voorkomen worden door gebruik te maken van een cement dat mogelijk aanwezige laterale kanalen afsluit en geen gasbellen bevat.

Wil men stiften gebruiken vervaardigd van onedele metalen, dan dient men te kiezen voor die stiften die een zo groot mogelijke corrosieresistentie hebben. Immers door corrosie kan, behalve de reeds genoemde spanningen in de wortel, ook verkleuring van het element optreden en kan tandweefsel worden opgelost. Ten slotte kunnen corrosieproducten door het dentine diffunderen hetgeen tot afbraak van parodontaal weefsel kan leiden.⁴⁰

Uit onderzoek blijkt dat stiften van een titaniumlegering of van een cobalt/chroom-legering in combinatie met een opbouw van non-gamma-2 amalgaam of een composit niet geen corrosieverschijnselen tonen.³⁹

4. CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN

De keuze voor een bepaald systeem hangt, behalve van het kostenaspect en het toepassingsgemak, in hoofdzaak af van de verwachte levensduur van de constructie als geheel (element, stiftopbouw, omvatende restauratie). Er is met betrekking tot de stiftopbouw in combinatie met plastische opbouwmaterialen zeer weinig longitudinaal patiënt-gebonden onderzoek uitgevoerd, onder andere vanwege de relatief korte toepassingstijd.

Laboratoriumexperimenten en mathematisch onderzoek zijn op essentiële punten in overeenstemming met elkaar. De keuze voor een bepaald stifontwerp mag dan ook worden bepaald door aanbevelingen, voortkomende uit deze onderzoeken. De standaardstift moet er dan als volgt uitzien:

1. Cilindrisch van vorm, eventueel met een conisch uiteinde.
2. Ruw oppervlak.
3. Ontsnappingskanaal voor cement over de lengterichting.
4. Corrosiebestendig materiaal.
5. Ruime sortering in lengte/diameter combinaties.

Er bestaat geen systeem dat in alle situaties toepasbaar is. Complicerende factoren, zoals beperkte wortellengte, obliteratie of sterke kromming van het kanaal, laten alleen een korte wortelstift toe. Dan kan het noodzakelijk zijn met het oog op voldoende retentie toch te kiezen voor een geschroefde stift. In dat geval dient het kanaal te worden voorgetapt.

Het effect van het soort fixatiecement op de stiftretentie is tot dusver niet van belang. Met een cement moet een dunne homogene laag tussen de stift en de kanaalwand bereikt kunnen worden, die goed

LITERATUUR

- ¹HOAG EP, DWYER TC. A comparative evaluation of three post and core techniques. *J Prosthet Dent* 1982; 47: 177-81.
- ²PLASMANS PIJM, WELLE PR, VAN 'T HOF MA, VRIJHOEF MMA. In vitro belasting van opbouwen voor endodontisch behandelde molaren. Geaccepteerd voor publicatie in NTVT.
- ³CHAN RW, BRYANT RW. Post core foundations for endodontically treated posterior teeth. *J Prosthet Dent* 1982; 48: 401-6.
- ⁴OLIVA RA, LOWE JA. Dimensional stability of silver amalgam and composite used as core materials. *J Prosthet Dent* 1987; 57: 554-9.
- ⁵LINDE LA. The use of composites as core material in root-filled teeth. *Swed Dent J* 1983; 7: 205-14.
- ⁶KÄYSER AF, LEEMPOEL PJB, SNOEK PA. The metal post and composite core combination. *J Oral Rehabil* 1987; 14: 3-11.
- ⁷STANDLEE JP, CAPUTO AA, HANSON EC. Retention of endodontic dowels: Effects of cement, dowel length, diameter, and design. *J Prosthet Dent* 1978; 39: 401-5.
- ⁸REUMPING DR, LUND MR, SCHNELL RJ. Retention of dowels subjected to tensile and torsional forces. *J Prosthet Dent* 1979; 41: 159-62.
- ⁹COLLEY IT, HAMPSON EL, LEHMAN ML. Retention of post crowns. *Br Dent J* 1968; 124: 63-9.
- ¹⁰KURER HG, COMBE EC, GRANT AA. Factors influencing the retention of dowels. *J Prosthet Dent* 1977; 38: 515-25.
- ¹¹LOVDAHL PE, NICHOLLS JI. Pin-retained amalgam cores vs. cast-gold dowel-cores. *J Prosthet Dent* 1977; 38: 507-14.
- ¹²JOHNSON JK, SAKUMURA JS. Dowel form and tensile force. *J Prosthet Dent* 1978; 40: 645-49.
- ¹³ASSIF D, ETZION J. Serrating the channel walls - its influence on dowel retention. *Quintessence Int* 1985; 2: 123-8.
- ¹⁴TJAN AHJ, TJAN AH, GREIVE JH. Effects of various cementation methods on the retention of prefabricated posts. *J Prosthet Dent* 1987; 58: 309-13.
- ¹⁵GOLDMAN M, DEVITRE R, WHITE R, NATHANSON D. A SEM study of posts cemented with an unfilled resin. *J Dent Res* 1984; 63: 1003-5.
- ¹⁶KRABBENDAM CA, TEN HARKEL HC, DUIJSTERS PPE, DAVIDSON CL. Shear bond strength determinations on various kinds of luting cements with tooth structure and cast alloys using a new testing device. *J Dent Res* 1987; 15: 77-81.
- ¹⁷THOMPSON VP, GROLMAN KM, LIAO R. Bonding of Adhesive Resins to Various Non-Precious Alloys. *J Dent Res* 1985; 64: 314.
- ¹⁸NAKAMICHI I, IWAKU M, FUSAYAMA T. Bovine Teeth as Possible Substitutes in the Adhesion Test. *J Dent Res* 1983; 62: 1076-81.
- ¹⁹GELB M, VAIDUANATHAN J, HIRSCH S, CALAMIA J. Interfacial Shear Bond Strength of Composite Cements to Etched Metal. *J Dent Res* 1986; 65: 778.
- ²⁰GOLDSTEIN GR, HUDIS SI, WEINTRAUB DE. Comparison of four techniques for the cementation of posts. *J Prosthet Dent* 1986; 55: 209-11.
- ²¹ASSIF D, BLEICHER S. Retention of serrated posts with a composite luting agent: Effect of cement thickness. *J Prosthet Dent* 1986; 56: 689-91.
- ²²HANSON EC, CAPUTO AA. Cementing mediums and relative characteristics of dowels. *J Prosthet Dent* 1974; 32: 551-7.
- ²³TURNER CH. The retention of dental posts. *J Dent* 1982; 10: 154-65.
- ²⁴McCOMB D. Retention of castings with glass ionomer cement. *J Prosthet Dent* 1982; 48: 285-8.
- ²⁵CHARMAN KW, WORLEY JL, VON FRAUNHOFER JA. Retention of prefabricated posts by cements and resins. *J Prosthet Dent* 1985; 54: 649-52.
- ²⁶HILL GL, ZIDAN O, DUERST L. Retention of etched base metal dowels with resin cement and bonding agent. *J Prosthet Dent* 1986; 55: 691-3.
- ²⁷YOUNG HM, SHEN C, MARYNUK GA. Retention of cast posts relative to cement selection. *Quintessence Int* 1985; 5: 357-60.
- ²⁸BEN-AMAR A, GONTAR G, FITZIG S, URSTEIN M, LIBERMAN R. Retention of prefabricated posts with dental adhesive and composite. *J Prosthet Dent* 1986; 56: 681-4.
- ²⁹STANDLEE JP, CAPUTO AA, HOLCOMB JP. The Dentatus screw: comparative stress analysis with other endodontic dowels. *J Oral Rehabil* 1982; 9: 23-33.
- ³⁰PETERS MCRB, POORT HW, FARAHA JW, CRAIG RG. Stress Analysis of a Tooth Restored with a Post and Core. *J Dent Res* 1983; 62: 760-3.
- ³¹COONEY JP, CAPUTO AA, TRABERT KC. Retention and stress distribution of tapered-end endodontic posts. *J Prosthet Dent* 1986; 55: 540-6.
- ³²DAVY DT, DILLEY GL, KREJCI RF. Determinations of Stress Patterns in Root-filled Teeth Incorporating Various Dowel Designs. *J Dent Res* 1981; 60: 1301-10.
- ³³TJAN AH, WHANG SB. Resistance to root fracture of dowel channels with various thicknesses of buccal dentin walls. *J Prosthet Dent* 1985; 53: 496-500.
- ³⁴TRABERT KC, CAPUTO AA, ABOU-RASS M. Tooth fracture - A comparison of endodontic and restorative treatments. *J Endod* 1978; 4: 341-5.
- ³⁵REINHARDT RA, KREJCI RF, PAO YC, STANNARD JG. Dentin Stresses in Post-reconstructed Teeth with Diminishing Bone Support. *J Dent Res* 1983; 62: 1002-8.
- ³⁶PAO YC, REINHARDT RA, KREJCI RF. Root stresses with tapered-end post design in periodontally compromised teeth. *J Prosthet Dent* 1987; 57: 281-6.
- ³⁷RUD J, OMNELL KA. Root fractures due to Corrosion. Diagnostic aspects. *Scand J Dent Res* 1970; 78: 397-403.
- ³⁸DÉRAND T. Corrosion of screwposts. *Odontol Revy* 1971; 22: 371-8.
- ³⁹WIRZ J, CHRIST R. Korrosionserscheinungen an Schrauben und Stiften bei Zahnaufbauten - eine In-vitro-Studie. *Schweiz Monatsschr Zahnmed* 1982; 92: 408-28.
- ⁴⁰WIRZ J. Zahnaufbauten mit nichtedelmetallhaltigen Schrauben und Stiften. *Schweiz Monatsschr Zahnmed* 1979; 89: 1162-87.

afsluit. Het zijn vooral de verwerkingsvariabelen die de keuze bepalen. Wellicht dat met de verdere ontwikkeling van compositementen een dermate goede retentie

kan worden verkregen van niet-geschroefde stiften, dat ook met een kleinere lengte van het gecementeerde deel een ruim acceptabele retentie kan worden bereikt.