

ABSTRACT

Er cementfilmtykkelsen af betydning, når rodstifter cementeres adhæsivt?

Introduktion og formål – Rodstifters retention kan skabes ad mikromekanisk vej ved fastlåsning af konventionelle cementer i ujævnheder i rodstiftens og dentinens overflader eller via adhæsiv binding ved anvendelse af adhæsiv og plastcement. Denne undersøgelse havde til formål at belyse effekten af cementfilmtykkelsen på forbehandlede og ikke-forbehandlede rodstifter cementeret med zinkfosfatcement eller plastcement.

Materiale og metoder – Præfabrikerede zirkoniumstifter (CosmoPost; 1,4 mm) blev cementeret med zinkfosfatcement (DeTrey Zinc) eller med selvætsende plastcement (Panavia F2.0). Efter fjernelse af tandkronen på 360 ekstraherede præmolærer, hjørnetænder eller incisiver blev rodkanalerne præpareret med cylindriske rodkanalbor til tre forskellige kanaldiametre. Halvdelen af rodstifterne blev ikke forbehandlet, mens den anden halvdel blev forbehandlet med et tribokemisk silikatiseringssystem (CoJet). Rodstifterne blev cementeret i de præparerede rodkanaler (n = 30/gruppe) og derefter opbevaret i vand ved 37°. Efter syv dage blev stifternes retention målt ved at ekstrahere dem fra rodkanalerne.

Resultater og konklusion – Forbehandling med det tribokemiske silikatiseringssystem resulterede i øget retention uanset cementtype. Øget cementfilmtykkelse resulterede i reduceret retention af ikke-forbehandlede rodstifter uanset cementtype. Øget cementfilmtykkelse resulterede ligeledes i reduceret retention af forbehandlede rodstifter cementeret med zinkfosfatcement, men havde ingen indflydelse på retentionen af forbehandlede stifter cementeret med plastcement. Rodstifternes retention afhang således af typen af cement, af cementfilmtykkelsen samt af forbehandling af rodstifterne.

Artiklen er baseret på: Sahafi A, Benetti AR, Flury S et al. Retention of root canal posts: effect of cement film thickness, luting cement, and post pretreatment. *Oper Dent* 2015 Mar 12. [Epub ahead of print]. Used by permission. © Operative Dentistry, Inc.

Retention af rodstifter: effekt af retentionscement, cementfilmtykkelse og forbehandling af rodstiften

Alireza Sahafi, tandlæge, ph.d., privat praksis, Kgs. Lyngby, afdelings-tandlæge, Fagområdet for Oral Rehabilitering, Odontologisk Institut, Det Sundhedsvidenskabelige Fakultet, Københavns Universitet

Ana R. Benetti, lektor, ph.d., Fagområdet for Dentalmaterialer, Odontologisk Institut, Det Sundhedsvidenskabelige Fakultet, Københavns Universitet

Anne Peutzfeldt, seniorforsker, dr.odont., ph.d., Afdeling for Forebyggende og Restaurerende Tandpleje samt Pædagogik, Berns Universitet

Simon Flury, adjunkt, dr.med.dent., Afdeling for Forebyggende og Restaurerende Tandpleje samt Pædagogik, Berns Universitet

Rodstifter anvendes ofte i rodbehandlede tænder med reduceret resttandssubstans med det formål at yde retention og stabilitet til den efterfølgende opbygning (1). Talrige undersøgelser har opgjort funktionstid og årsager til komplikationer for tænder restaureret med stifter og opbygninger (2-4). Årsager til "tekniske" komplikationer omfatter stiftfraktur, rodfraktur, fraktur af opbygningen og løsning af rodstiften. Løsning af rodstift (Fig. 1 og 2) er blevet fundet at være den hyppigst forekommende tekniske komplikation (1-4). I et oversigtsarbejde fandt Rasimick et al. således, at 37 af de rapporterede tilfælde af svigt skyldtes løsning af rodstiften (4).

Rodstifters retention bestemmes af en lang række faktorer relateret til stiften, til retentionscementen og til interaktionen mellem henholdsvis cement og stift og mellem cement og dentin (1-8). Hvad retentionscementen angår, har adskillige undersøgelser vist, at stifter cementeret med plastcement har bedre retention end stifter cementeret med zinkfosfatcement (9-14). Én forklaring er plastcementernes større styrke (10,15); en anden forklaring er, at den mikromekaniske retention for plastcementernes vedkommende kan suppleres med adhæsiv binding, hvilket øger den restaurerede tands styrke (13,16).

EMNEORD

Dental dowels; pullout strength; resin cement; zinc phosphate cement; tribochemical silicate coating

Hvad bindingen mellem plastcement og rodstift angår, er adskillige forbehandling af stiften blevet foreslået med det formål at øge plastcementens binding til stiften. Disse forbehandling omfatter sandblæsning med

Løsning af glasfiberstift



Fig. 2. Løsning af glasfiberforstærket rodstift på 4+. Bemærk den korte stift og den tykke cementfilm på stiftens overflade.

Fig. 2. Loss of retention of fibre glass-reinforced resin composite post on tooth 14. Note the short root canal post and the thick cement film on the surface of the post.

Løsning af støbt stift

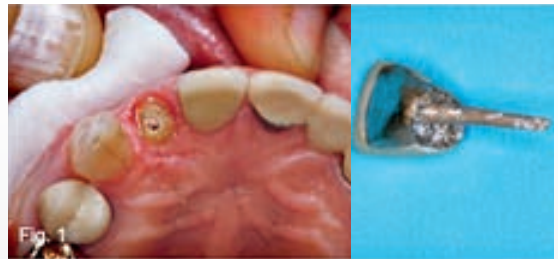


Fig. 1. Løsning af støbt konisk rodstift på 2+. Bemærk den glatte stiftoverflade.

Fig. 1. Loss of retention of tapered custom-cast post on tooth 12. Note the smooth surface of the post.

korundpartikler, tribokemisk silikatisering efterfulgt af silanbehandling, ætsning med flussyre samt applicering af en "primer". Det tribokemiske silikatiseringssystem CoJet (3M ESPE) har i mange undersøgelser vist at øge bindingen af plastcement (16-19). Dette system omfatter sandblæsning af stiftoverfladen med silikatbelagte korundpartikler efterfulgt af applicering af silan. Sandblæsningen forårsager en temperaturstigning, som sammen med trykket under sandblæsningen "svejer" silikatlaget fast til stiftoverfladen. Den efterfølgende silanbehandling fremmer plastcementens binding til den silikatiserede overflade (19). Rodstifternes retention afhænger dog ikke kun af plastcementens binding til stiften, men også af plastcementens binding til dentinen i rodkanalen. Størrelsen af denne binding afhænger til gengæld af dentinoverfladens areal, tilstedeværelsen af et smørelag efter præparation af rodkanalen (20,22), forbehandling af dentinen, det anvendte adhæsiv samt af typen af plastcement (7,23-25).

Endelig kan ikke blot typen af retentionscement, men også cementfilmtykkelsen påvirke rodstifters retention. En cementfilmtykkelse på 25-50 μm er blevet foreslået som passende ved cementering af indirekte restaureringer (26,27). Optimal og ensartet cementfilmtykkelse kræver, at rodstiften passer perfekt i rodkanalen. På grund af variationer i rodkanalens form vil en perfekt pasform og en ensartet cementfilmtykkelse som oftest kræve omfattende præparation af rodkanalen og dermed føre til svækkelse af tanden. Der foreligger, så vidt vides, ingen undersøgelser af filmtykkelsens indflydelse på retentionen af rodstifter cementeret med zinkfosfatcement, men tidligere undersøgelser har vist, at retentionen af indlæg og kroner og de restaurerede tænders modstand mod belastning reduceres med øget tykkelse af zinkfosfatcementen (26-28). Der foreligger til gengæld talrige undersøgelser af indflydelsen af plastcementers filmtykkelse på rodstifters retention, men undersøgelser-

nes resultater er modstridende. Således fandt man i visse undersøgelser, at cementfilmtykkelsen ingen indflydelse havde på retentionen (29,30), mens man i én undersøgelse fandt lavere retention, når cementfilmen var tyk, end når cementfilmen var tynd (31). I en anden undersøgelse var retentionen større, når cementfilmen var tyk, mens man i yderligere undersøgelser fandt størst retention med hverken for tynde eller for tykke cementfilm (33-35). De modstridende resultater kan skyldes, at plastcementens binding til rodstiften og til dentinen varierede mellem undersøgelserne, idet der blev anvendt forskellige rodstifter, plastcementer og dentinbindingssystemer. I betragtning af at plastcementer er stærkere end zinkfosfatcement, samt at plastcementer kan bindes adhæsivt, forekommer det sandsynligt, at retention af rodstifter cementeret med plastcement er mindre følsom over for variationer i cementfilmtykkelsen. Ingen af de foreliggende undersøgelser af cementfilmtykkelsens indflydelse på rodstifters retention har taget faktoren "adhæsiv binding" i betragtning. Det var derfor formålet med nærværende in vitro-undersøgelse at teste følgende hypoteser: 1) øget cementfilmtykkelse resulterer i reduceret retention af ikke-forbehandlede eller forbehandlede rodstifter cementeret med zinkfosfatcement, 2) øget cementfilmtykkelse resulterer i reduceret retention af ikke-forbehandlede stifter cementeret med plastcement, dvs. uden adhæsiv binding, og 3) øget cementfilmtykkelse har ingen indflydelse på retentionen af forbehandlede stifter cementeret med plastcement, dvs. når de bindes adhæsivt til såvel rodstift som dentin.

Materiale og metoder

Retention af præfabrikerede zirkoniumstifter

I undersøgelsen indgik præfabrikerede zirkoniumstifter og to retentionscementer (en zinkfosfatcement og en selvætsende plastcement). Halvdelen af stifterne blev ikke forbehandlet, mens den

Anvendte materialer

Rodstift	Retentionscementer	Forbehandling af rodstift
Zirkoniumstift: CosmoPost Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein	Zinkfosfatcement: DeTrey Zinc Dentsply DeTrey, Konstanz, Tyskland	Ingen forbehandling Tribokemisk silikatisering: CoJet-Sand (partikelstørrelse 30 µm) 3M ESPE, Seefeld, Tyskland Silan: ESPE Sil 3M ESPE, Seefeld, Tyskland
	Selvætsende plastcement: Panavia F2.0 Kuraray, Okayama, Japan	Ingen forbehandling Tribokemisk silikatisering: CoJet-Sand (partikelstørrelse 30 µm) 3M ESPE, Seefeld, Tyskland Silan: ESPE Sil 3M ESPE, Seefeld, Tyskland

Tabel 1. De anvendte rodstifter, retentionscementer og forbehandling.

Table 1. Root canal post, luting cements, and pretreatment used.

anden halvdel blev forbehandlet vha. tribokemisk silikatisering ifølge fabrikantens anvisninger. Denne forbehandling bestod af sandblæsning med et sandblæsningsinstrument beregnet til intraoralt brug (Dentoprep, Rønvig, Danmark) og med 30 µm silikatbetrukne partikler (CoJet sand) efterfulgt af applicering af en silan. Oplysninger om de anvendte materialer findes i Tabel 1.

360 ekstraherede enkeltrodede præmolare, hjørnetænder og incisiver, der havde været opbevaret i 0,5 % vandig kloraminopløsning efter ekstraktion, blev udvalgt. Tændernes kliniske krone blev fjernet med en diamantsav, idet det sikredes, at den resterende tandrod var mindst 10 mm lang. Tandrødderne blev tilfældigt fordelt i 12 grupper med 30 rødder i hver. Et cylindrisk rodkanaludboringsystem (Edenta, Au, Schweiz) blev anvendt til præparation af rodkanalerne. Tandrødderne blev præpareret til en dybde af 5 mm med tre forskellige diametre (1,40 mm, 1,55 mm eller 1,80 mm). De præparerede rodkanaler blev skyllet med deioniseret vand i 60 sek. og tørret med paperpoints (Nr. 45 Top Dent, Upplands Väsby, Sverige).

Den cylindriske ende af rodstifterne blev anvendt til cementering i rodkanalen. Inden cementering med plastcimenten Panavia F2.0 blev rodkanalernes vægge behandlet med ED Primer II ifølge fabrikantens anvisninger. Begge retentionscementer blev blandet i overensstemmelse med fabrikanternes anbefalinger og sprøjtet ned i rodkanalerne (AccuDose 20ga Needle Tube, Centrix, Shelton, CT, USA). Efter cementering af rodstifterne med Panavia F2.0 blev denne cement belyst i 20 sek. med en LED polymerisationslampe (Bluephase LED, Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein) indstillet på "high-power" (> 1200 mW/cm²).

De fremstillede prøvelegemer henstod i 15 min. ved stuetemperatur mhp. afbinding af retentionscementerne, hvorefter de blev opbevaret i vand ved 37 °C i syv dage. Prøvelegemerne blev derefter anbragt i en holder, som fikserede henholdsvis tandroden og den ikke cementerede del af rodstiften i en universal trækprøvemaskine (Instron 5566, Instron Ltd, High Wycombe, UK), og rodstifternes retention blev målt ved, at den enkelte rodstift blev trukket ud af rodkanalen ved en hastighed på 1 mm/min. og i en retning parallel med den cementerede stifts længderetning.

Bestemmelse af cementfilmtykkelse

Diameteren af tre tilfældigt udvalgte rodstifter blev målt med en digital mikrometerskrue (Mitutoyo ID-U1025, Mitutoyo, Kawasaki, Japan). Baseret på tre målinger pr. stift udregnedes en middeldiameter på 1,370 mm (± 0,007 mm). Rodkanalerne i 15 ekstra tandrødder blev præpareret med bor beregnet til rodstifter med en diameter på enten 1,4 mm, 1,55 mm eller 1,80 mm. De præparerede rodkanalers diameter blev herefter målt i lysmikroskop (Leica M420, Leica, Heerbrugg, Schweiz) ved 32 x forstørrelse. For hver af de tre borstørrelser præpareredes fem rodkanaler, der hver blev opmålt seks gange. Følgende middelværdier og standarddeviationer blev udregnet for de tre forskellige borstørrelser. Bor til 1,4 mm stift: 1,500 ± 0,047 mm; bor til 1,55 mm stift: 1,618 ± 0,029 mm og bor til 1,8 mm stift: 1,888 ± 0,051 mm. Cementfilmtykkelserne blev beregnet som følger:

Cementfilmtykkelse = (rodkanalens diameter – stiften diameter) / 2 og resulterede i følgende tre cementfilmtykkelser: 65 µm, 124 µm og 259 µm.



Statistik

Retentionsresultaterne var ikke normalfordelte og blev derfor analyseret statistisk vha. non-parametrisk Aligned Rank Transformation (ART) variansanalyse (36) efterfulgt af Bonferroni-Holm korrektion for gentagne sammenligninger. ART variansanalysen blev fulgt op af exact Wilcoxon Rank Sum Tests uden korrektion for gentagne sammenligninger. De fremkomne P-værdier skal derfor vurderes i en eksplorativ sammenhæng. Mhp. udregning af korrelationer mellem cementfilmtykkelse og retention blev Spearman Rank Correlation koefficienter beregnet. Alle statistiske analyser blev foretaget med programmet R i version 2.12.1 og ved brug af den udvidede pakke exactRankTests (R Foundation for Statistical Computing, Wien, Østrig; www.r-project.org). Der anvendtes et generelt signifikansniveau på 5 %.

Resultater

Resultaterne af retentionsmålingerne med de ikke-forbehandlede såvel som de forbehandlede zirkoniumstifter er angivet i Tabel 2 og afbildet i Fig. 3.

Variationsanalysen viste, at såvel faktoren retentionscement ($P < 0,0001$) som faktoren cementfilmtykkelse ($P < 0,0001$) og faktoren forbehandling af rodstiften ($P < 0,0001$) havde signi-

KLINISK PERSPEKTIV

Rodstifter med stor løspasning bør forbehandles (fx med det tribokemiske silikatiseringsystem) og cementeres adhæsivt med plastcement.

Adhæsiv cementering vil øge rodstiftens retention ved optimering af plastcementens binding til såvel dentin som rodstift.

fikant effekt på retentionen, ligesom der var en signifikant interaktion mellem retentionscement og forbehandling ($P < 0,0001$).

Uanset typen af retentionscement forårsagede forbehandling med tribokemisk silikatisering en signifikant stigning i retentionen af de præfabrikerede zirkoniumstifter (DeTrey Zinc: $P = 0,0001$; Panavia F2.0: $P < 0,0001$). Endvidere resulterede cementering med Panavia F2.0 i højere retention af zirkoniumstifterne end cementering med DeTrey Zinc, uanset om stifterne var blevet forbehandlet eller ej (ikke-forbehandlede stifter: $P < 0,0001$; forbehandlede stifter: $P < 0,0001$).

Retention af rodstifter

Retentionscement	Cementfilmtykkelse	Ikke-forbehandlede rodstifter			Forbehandlede rodstifter		
		65 µm	124 µm	259 µm	65 µm	124 µm	259 µm
DeTrey Zinc	Middel	116,1	89,1	72,3	150,6	110,3	105,5
	SD	40,6	33,2	30,5	45,75	40,0	52,5
	Median	114,4	89	74	144,1	101,8	84,0
	Max	222,6	162,1	141	234,2	197,8	220,1
	Min	45,8	26,1	21,8	67,5	48,7	37,7
Panavia F2.0	Middel	151,7	123,9	112,8	240,8	255,6	225,0
	SD	41,2	40,6	36,7	54,9	66,4	67,8
	Median	155,2	128,5	113,3	237,8	252,4	215,1
	Max	230,4	200,7	179,8	367,1	397,5	365,7
	Min	78,5	45,8	26,3	133,1	132,0	105,0

Tabel 2. Retention (N) af ikke-forbehandlede og forbehandlede rodstifter cementeret med zinkfosfatcement (DeTrey Zinc) eller med plastcement (Panavia F2.0) i tre forskellige cementfilmtykkelser.

Table 2. Retention (N) of untreated or pretreated posts luted with zinc phosphate cement (DeTrey Zinc) or resin cement (Panavia F2.0) of three different film thicknesses.

Se figuren – A og B

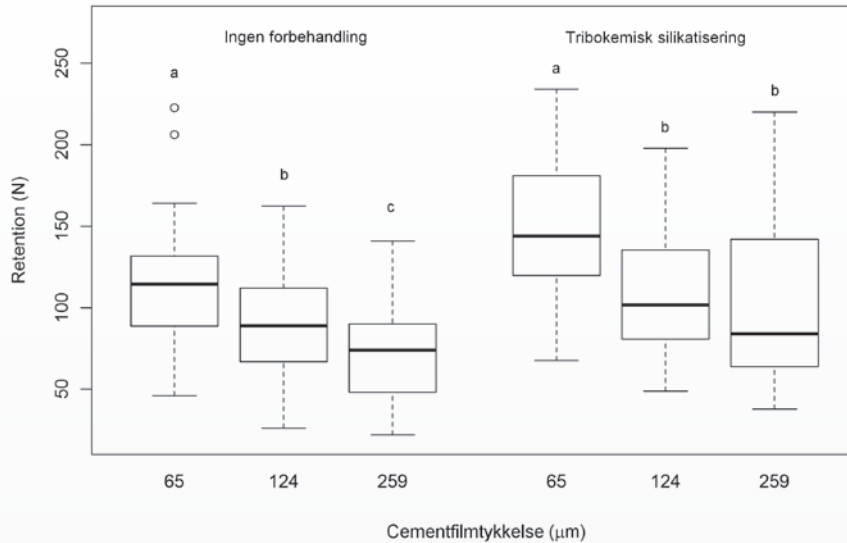
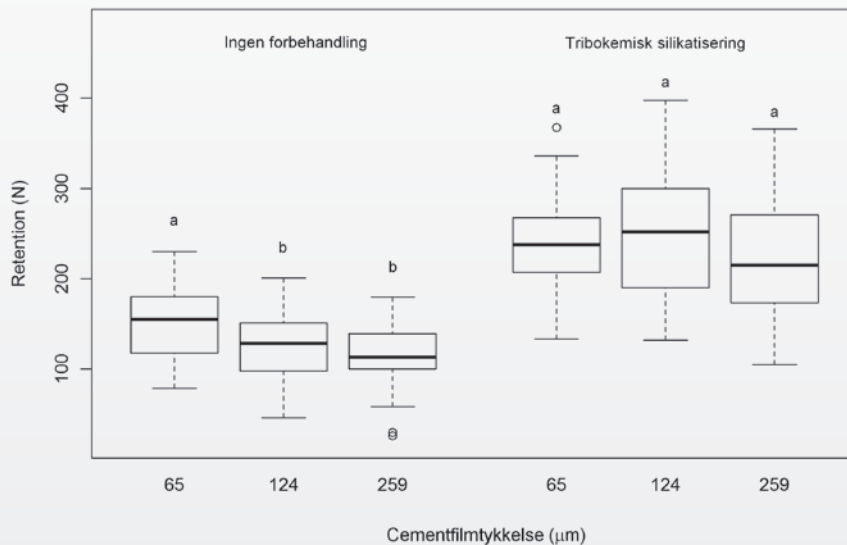
Fig. 3A DeTrey Zinc**Fig. 3B** Panavia F2.0

Fig. 3. Retention af ikke-forbehandlede og forbehandlede rodstifter cementeret med zinkfosfatcement (DeTrey Zinc, Fig. 3A) eller plastcement (Panavia F2.0, Fig. 3B) i tre forskellige cementfilmykkelser. Inden for hver af de fire grupper, der sammenlignes (1. DeTrey Zinc, Ingen forbehandling af rodstifter; 2. DeTrey Zinc, Tribokemisk silikatisering; 3. Panavia F2.0, Ingen forbehandling af rodstifter; 4. Panavia F2.0, Tribokemisk silikatisering), angiver identiske bogstaver, at der ikke var nogen statistisk signifikant forskel ($P > 0,05$).

Fig. 3. Retention of untreated and pretreated posts luted with zinc phosphate cement (DeTrey Zinc, Fig. 3A) or resin cement (Panavia F2.0, Fig. 3B) of three different film thicknesses. Within each of the four groups of comparison (1. DeTrey Zinc, No pretreatment; 2. DeTrey Zinc, Tribochemical silica coating; 3. Panavia F2.0, No pretreatment; 4. Panavia F2.0, Tribochemical silica coating) identical letters indicate no statistical significant difference ($P > 0,05$).

Når ikke-forbehandlede rodstifter var blevet cementeret med DeTrey Zinc, resulterede en cementfilmtykkelse på 65 μm i højere retention end en filmtykkelse på 124 μm ($P = 0,007$) eller 259 μm ($P < 0,0001$), og en filmtykkelse på 124 μm resulterede i højere retention end en filmtykkelse på 259 μm ($P = 0,03$). Når rodstifter cementeret med DeTrey Zinc var blevet forbehandlet med tribokemisk silikatisering, resulterede en cementfilmtykkelse på 65 μm ligeledes i højere retention end en cementfilmtykkelse på 124 μm ($P = 0,004$) eller 259 μm ($P = 0,001$), men der var ingen forskel i retention mellem cementfilmtykkelserne 124 og 259 μm ($P = 0,4232$).

Når ikke-forbehandlede rodstifter var blevet cementeret med Panavia F2.0, resulterede en cementfilmtykkelse på 65 μm også i signifikant højere retention end en filmtykkelse på 124 μm ($P = 0,02$) eller 259 μm ($P < 0,00006$), mens der ingen forskel var mellem cementfilmtykkelserne 124 og 259 μm ($P = 0,2524$). Når rodstifter cementeret med Panavia F2.0 var blevet forbehandlet med tribokemisk silikatisering, var der ingen signifikant forskel i retention mellem de tre forskellige cementfilmtykkelser (65 μm vs. 124 μm : $P = 0,37$; 65 μm vs. 259 μm : $P = 0,20$; 124 μm vs. 259 μm : $P = 0,08$).

For de tre grupper af ikke-forbehandlede rodstifter cementeret med DeTrey Zinc eksisterede en moderat negativ korrelation mellem cementfilmtykkelse og retention ($\text{Cor}(\text{Spearman}) = -0,4475$). Samme korrelation blev fundet for de tre grupper af forbehandlede rodstifter cementeret med DeTrey Zinc ($\text{Cor}(\text{Spearman}) = -0,3410$) og blandt de ikke-forbehandlede rodstifter cementeret med Panavia F2.0 ($\text{Cor}(\text{Spearman}) = -0,3596$). Til gengæld var der en meget svag korrelation mellem cementfilmtykkelse og retention, når rodstifterne var blevet forbehandlet og cementeret med Panavia F2.0 ($\text{Cor}(\text{Spearman}) = -0,1242$).

Diskussion

Nærværende undersøgelse målte effekten af retentionscement, cementfilmtykkelse og forbehandling af rodstiften på retentionen af rodstifter cementeret i rodkanalen i ekstraherede humane præmolare, hjørnetænder og incisiver. Retentionen er et komplekst udtryk for talrige faktorer såsom typen af retentionscement, bindingen mellem retentionscement og rodstift og mellem retentionscement og dentin, retentionscementens og rodstiftens mekaniske egenskaber samt rodstiftens facon, længde, diameter og overfladestruktur. Tidligere undersøgelser har endvidere vist, at rodstiftens forankringsanordninger (fx tilstedeværelsen af riller, overfladeruhed, savtakninger og gevindskæringer) har betydning for retentionen af rodstifter (20,37,38). Med det formål at undgå enhver effekt af sådanne forhold anvendtes en glat stift i denne undersøgelse.

For rodstifter cementeret med zinkfosfatcement resulterede en stigning i cementfilmtykkelse i et fald i retentionen, uanset om stiften var blevet forbehandlet eller ej. Dette resultat betyder, at den første hypotese accepteres og bekræfter de tidligere undersøgelser, der dog ikke omhandlede rodstifter, men indlæg og kroner (26-28). En mulig forklaring på dette resultat ligger i zinkfos-

fatcementens mekaniske egenskaber. Mekanisk retention, som er den, der opnås med zinkfosfatcement, menes at afhænge af tre faktorer: retentionsfladernes ruhed, retentionscementens styrke samt dens kompressibilitet (39). Endvidere vil det være sådan, at jo tykkere cementfilmen er, desto mere kompressibel vil den være og desto lavere den forventede retention (39). Zinkfosfatcement har lavere træk- og trykstyrke end plastcementer (28,40-45). Dette indebærer, at zinkfosfatcement i ringere grad end plastcement kan modstå de kræfter, der overføres til cementen under retentionsforsøget, og som fører til revnedannelse i cementen og til løsning af stiften ved lavere belastninger. En anden forklaring kan søges i zinkfosfatcementers modstand mod revnedannelse og revneudbredelse. Som forklaret af Wiskott et al. (28) findes der i alle materialers mikrostruktur tilfældigt placerede defekter. Ved belastning formodes hver defekt at initiere en revnedannelse. Jo tykkere materialet er, desto flere defekter vil der være, og desto større er dermed sandsynligheden for revnedannelse; tykkere cementfilm vil således have mindre modstand mod revnedannelse og -udbredelse (28). Det faktum, at den negative effekt af øget cementfilmtykkelse syntes at aftage, når cementfilmtykkelsen steg fra 124 μm til 259 μm , kan være resultatet af statistiske type II-fejl eller skyldes, at det er den svageste defekt, der er bestemmende for retentionen, og at en sådan defekt var til stede allerede ved en cementfilmtykkelse på 124 μm , og at en yderligere stigning i antallet af defekter ikke længere havde nogen effekt på retentionen.

Når ikke-forbehandlede rodstifter blev cementeret med Panavia F2.0 medførte øget cementfilmtykkelse et fald i stifternes retention. Dette fund er i overensstemmelse med tidligere resultater (28,31) og fører til accept af den anden hypotese. Det faktum, at cementfilmtykkelsen havde signifikant indflydelse på retentionen til trods for anvendelsen af en plastcement, kan forklares af den netop nævnte negative indflydelse af øget cementfilmtykkelse på cementens modstand mod revnedannelse (28). En yderligere forklaring er utilstrækkelig binding af plastcementen til de ikke-forbehandlede rodstifter (7,8,16,18). Til trods for en måske god binding af plastcementen til dentinen vil en insufficient binding til stiften resultere i en situation magen til den, der findes, når zinkfosfatcement anvendes som retentionscement, dvs. hvor retention opnås ved mikromekanisk låsning og ikke ved adhæsiv binding. Det bør dog holdes for øje, at anvendelse af plastcement frem for zinkfosfatcement gav større retention af ikke-forbehandlede rodstifter pga. plastcementens større styrke.

Forbehandling af rodstiften med tribokemisk silikatisering forårsagede en stigning i retentionen uanset typen af retentionscement. Dette fund er i overensstemmelse med, hvad andre tidligere har rapporteret (8,18,46). Tribokemisk silikatisering består af sandblæsning med silikatdækkede korundpartikler inden applicering af silan (19). Sandblæsning øger overfladens ruhed og areal, og den kinetiske energi, som stammer fra sandblæsningstrykket, resulterer i, at silikatet fra de silikatdækkede partikler smeltes fast til stifternes overflade. Den efterfølgende silanisering har vist sig at øge plastcementers bindingsstyrke til den behandlede overflade (47). Når tribokemisk silikatisering

også medførte øget retention af stifter cementeret med zinkfosfatcement, kan det tilskrives et øget overfladeareal og øget mekanisk låsning af zinkfosfatcementen i stiftens overflade (46).

Hvorimod øget cementfilmtykkelse førte til et fald i retentionen af ikke-forbehandlede rodstifter, havde cementfilmtykkelsen ingen indflydelse på retentionen af forbehandlede rodstifter cementeret med plastcement. Dette fund leder til accept af den tredje hypotese. Det tribokemiske silikatiseringssystem, som er udviklet mhp. adhæsiv binding af plastcement til diverse restaureringer, har tidligere vist sig effektiv som bindingsformidler mellem plastcement og præfabrikerede rodstifter (6-8,16-18,48,49). Den positive effekt på retentionen, som forbehandling af stifterne foranledigede, når stifterne blev cementeret i for store rodkanaler, dvs. når cementfilmtykkelsen var 124 μm eller 259 μm , skyldtes formentlig effektiv binding af Panavia F2.0 til rodstifterne (16-18,48,49). I klinikken vil det ofte være umuligt at opnå en præcis og ensartet pasform af stiften i den præparerede rodkanal, såfremt man vil undgå omfattende og tandsvækkende præparation af rodkanalen. Anvendelsen af præfabrikerede rodstifter vil derfor ofte resultere i variation i stiftens pasform og dermed i cementfilmtykkelsen. I sådanne tilfælde og i tilfælde af stor løspasning bør rodstiften cementeres adhæsivt, dvs. med en plastcement, som bringes til at binde effektivt til såvel rodstiften som dentinen.

Det er i talrige kliniske undersøgelser blevet fundet, at rodstifter med relativt lille elasticitetsmodul, såsom fiberforstærkede plaststifter, cementeret med plastcement klarer sig godt og har god retention (50-55), og brugen af stifter med "dentinagtigt" elasticitetsmodul er blevet foretrukket frem for stifter med højt elasticitetsmodul såsom stifter i ædle legeringer, titanlegering eller keramik. Som det blev påpeget af Theodosopoulos og Chochliakis i deres systematiske review (56), indeholdt kun få af undersøgelserne en kontrolgruppe (57). I andre undersøgelser blev flere faktorer varieret ad gangen, fx

både stiften og retentionscementen (en fiberforstærket rodstift cementeret med plastcement vs. en metalstift cementeret med zinkfosfatcement) (53,58), eller retentionsprincippet blev varieret (en glat fiberforstærket stift vs. en metalskrue) (55). Det er bemærkelsesværdigt, at man i det ene studie, der havde en kontrolgruppe, ikke fandt nogen forskel efter to års funktionstid mellem en titanstift og en glasfiberforstærket plaststift begge cementeret med selvvætsende plastcement (57). I betragtning af at vi i nærværende undersøgelse fandt, at typen af retentionscement og adhæsiv binding påvirkede rodstifternes retention, forekommer det sandsynligt, at de tidligere positive resultater rapporteret for stifter med lavt elasticitetsmodul fremfor stifter med højt elasticitetsmodul skal tilskrives adhæsiv binding af retentionscementen til såvel stiften som til rodkanalens dentin og ikke per se stiftens lavere elasticitetsmodul. Yderligere undersøgelser bør udforske korrelationen mellem rodstifters elasticitetsmodul og deres adhæsive binding.

Konklusioner

Baseret på denne in vitro-undersøgelse kan det konkluderes, at:

- Øget cementfilmtykkelse forårsagede et fald i retentionen af ikke-forbehandlede rodstifter cementeret med enten zinkfosfatcement eller plastcement.
- Øget cementfilmtykkelse havde ingen indflydelse på retentionen af forbehandlede rodstifter cementeret med plastcement.
- Forbehandling med tribokemisk silikatisering forårsagede generelt øget retention uanset typen af retentionscement.

Taksigelser

Forfatterne retter en stor tak til Ivoclar Vivadent AG, Kuraray Europe, og 3M ESPE for at have stillet materialer til rådighed for denne undersøgelse. Endvidere takkes L. Martig og professor J. Hüsler fra Institutet for matematisk statistik og aktuarvidenskab, Berns Universitet, for den statistiske analyse.

ABSTRACT (ENGLISH)

Retention of root canal posts: effect of cement film thickness, luting cement, and post pretreatment

Introduction and purpose – The retention of root canal posts can be obtained through micromechanical "interlocking" of traditional cements in the surface of the post and the dentin or through adhesive bonding of resin cements. The aim of this study was to investigate the effect of cement film thickness of a zinc phosphate or a resin cement on retention of untreated and pretreated root canal posts.

Material and methods – Prefabricated zirconia posts (CosmoPost; 1.4 mm) and two types of luting cements (a zinc phosphate cement (DeTrey Zinc) and a self-etch adhesive resin cement (Panavia F2.0)) were used. After removal of the crowns of 360 extracted premolars, canines, or incisors, the root canals were prepared with a parallel-sided drill system to three different final diameters. Half of the posts

did not receive any pretreatment. The other half of the posts received tribochemical silicate coating according to the manufacturer's instructions. Posts were then luted in the prepared root canals ($n = 30/\text{group}$). Following water storage at 37°C for 7 days, retention of the posts was determined by the pull-out method.

Results and conclusion – Irrespective of the luting cement, pretreatment with tribochemical silicate coating significantly increased retention of the posts. Increased cement film thickness resulted in decreased retention of untreated posts, at least up to a certain cement film thickness, and of pretreated posts luted with zinc phosphate cement. Increased cement film thickness had no influence on retention of pretreated posts luted with resin cement. Thus, retention of the posts was influenced by the type of luting cement, by the cement film thickness, and by the post pretreatment

Litteratur

- Peroz I, Blankenstein F, Lange KP et al. Restoring endodontically treated teeth with posts and cores – a review. *Quintessence Int* 2005;36:737-46.
- Torbjörner A, Karlsson S, Ödman PA. Survival rate and failure characteristics for two post designs. *J Prosthet Dent* 1995;73:439-44.
- Peutzfeldt A, Sahafi A, Asmussen E. A survey of failed post-retained restorations. *Clin Oral Investig* 2008;12:37-44.
- Rasimick BJ, Wan J, Musikant BL et al. A review of failure modes in teeth restored with adhesively luted endodontic dowels. *J Prosthodont* 2010;19:639-46.
- Standlee JP, Caputo AA, Hanson EC. Retention of endodontic dowels: Effects of cement, dowel length, diameter, and design. *J Prosthet Dent* 1978;39:400-5.
- Sahafi A, Peutzfeldt A. Retention of adhesively bonded posts: effect of pretreatment of the root canal. *J Adhes Dent* 2009;11:319-23.
- Sahafi A, Peutzfeldt A, Asmussen E et al. Retention and failure morphology of prefabricated posts. *Int J Prosthodont* 2004;17:307-12.
- Sahafi A, Peutzfeldt A, Asmussen E et al. Effect of surface treatment of prefabricated posts on bonding of resin cement. *Oper Dent* 2004;29:60-8.
- Gernhardt CR, Bekes K, Schaller HG. Short-term retentive values of zirconium oxide posts cemented with glass ionomer and resin cement: an in vitro study and a case report. *Quintessence Int* 2005;36:593-601.
- Nissan J, Dmitry Y, Assif D. The use of reinforced composite resin cement as compensation for reduced post length. *J Prosthet Dent* 2001;86:304-8.
- Duncan JP, Pameijer CH. Retention of parallel-sided titanium posts cemented with six luting agents: an in vitro study. *J Prosthet Dent* 1998;80:423-38.
- Utter JD, Wong BH, Miller BH. The effect of cementing procedures on retention of prefabricated metal posts. *J Am Dent Assoc* 1997;128:1123-7.
- Mendoza DB, Eakle WS, Kahl EA et al. Root reinforcement with a resin-bonded preformed post. *J Prosthet Dent* 1997;78:10-4.
- Chapman KW, Worley JL, von Fraunhofer JA. Effect of bonding agents on retention of posts. *Gen Dent* 1985;33:128-30.
- Cohen BI, Deutsch AS, Condos S et al. Compressive and diametral tensile strength of titanium-reinforced composites. *J Esthet Dent* 1992;4 (Supp):50-5.
- Sahafi A, Peutzfeldt A, Ravnholt G et al. Resistance to cyclic loading of teeth restored with posts. *Clin Oral Investig* 2005;9:84-90.
- Ozcan M, Vallittu PK. Effect of surface conditioning methods on the bond strength of luting cement to ceramics. *Dent Mater* 2003;19:725-31.
- Sahafi A, Peutzfeldt A, Asmussen E et al. Bond strength of resin cement to dentin and to surface-treated posts of titanium alloy, glass fiber, and zirconia. *J Adhes Dent* 2003;5:153-62.
- Cobb DS, Vargas MA, Fridrich TA et al. Metal surface treatment: Characterization and effect on composite-to-metal bond strength. *Oper Dent* 2000;25:427-33.
- Nergiz I, Schmage P, Platzer U et al. Effect of different surface textures on retentive strength of tapered posts. *J Prosthet Dent* 1997;78:451-7.
- Balboosh A, Ludwig K, Kern M. Comparison of titanium dowel retention using four different luting agents. *J Prosthet Dent* 2005;94:227-33.
- Boone KJ, Murchison DF, Schindler WG et al. Post retention: the effect of sequence of post-space preparation, cementation time, and different sealers. *J Endod* 2001;27:768-71.
- Kitasako Y, Burrow MF, Katahira N et al. Shear bond strengths of three resin cements to dentine over 3 years in vitro. *J Dent* 2001;29:139-44.
- Huber L, Cattani-Lorente M, Shaw L et al. Push-out bond strengths of endodontic posts bonded with different resin-based luting cements. *Am J Dent* 2007;20:167-72.
- Bitter K, Paris S, Pfuertner C et al. Morphological and bond strength evaluation of different resin cements to root dentin. *Eur J Oral Sci* 2009;117:326-33.
- Jørgensen KD, Esbensen AL. The relationship between the film thickness of zinc phosphate cement and retention of veneer crowns. *Acta Odontol Scand* 1968;26:169-75.
- Fusayama T, Iwamoto T. Relationship between retaining force of inlays and film thickness of zinc oxide phosphate cement. *J Dent Res* 1960;39:756-60.
- Wiskott HW, Belsler UC, Scherrer SS. The effect of film thickness and surface texture on the resistance of cemented extra-coronal restorations to lateral fatigue loading. *Int J Prosthodont* 1999;12:255-62.
- Assif D, Bleicher S. Retention of serrated endodontic posts with a composite luting agent: Effect of cement thickness. *J Prosthet Dent* 1986;56:689-91.
- Perez BE, Barbosa SH, Melo RM et al. Does the thickness of the resin cement affect the bond strength of a fiber post to the root dentin? *Int J Prosthodont* 2006;19:606-9.
- Schmage P, Pfeiffer P, Pinto E et al. Influence of oversized dowel space preparation on the bond strengths of FRC posts. *Oper Dent* 2009;34:93-101.
- Othman HI, Elshinawy MI, Abdelaziz KM. Retention of fiber posts to the optimally and over-prepared dowel spaces. *J Adv Prosthodont* 2013;5:16-20.
- Hagge MS, Wong RD, Lindemuth JS. Effect of dowel space preparation and composite cement thickness on retention of a prefabricated dowel. *J Prosthodont* 2002;11:19-24.
- D'Arcangelo C, Cinelli M, De Angelis F et al. The effect of resin cement film thickness on the pull-out strength of a fiber-reinforced post system. *J Prosthet Dent* 2007;98:193-8.
- Mirmohammadi H, Gerges E, Salameh Z et al. Effect of post diameter and cement thickness on bond strength of fiber posts. *Quintessence Int* 2013;44:801-10.
- Higgins JJ. *Introduction to Modern Nonparametric Statistics*. Pacific Grove, CA, USA: Duxbury Press, 2004.
- Sorensen JA, Martinoff JT. Clinically significant factors in dowel design. *J Prosthet Dent* 1984;52:28-35.
- Lewis R, Smith BG. A clinical survey of failed post retained crowns. *Br Dent J* 1988;165:95-7.
- Jørgensen KD. *Indlæg og kroner*. København: Odontologisk Boghandels Forlag, 1978.
- Rosenstiel SF, Land MF, Crispin BJ. *Dental luting agents: A review of the current literature*. *J Prosthet Dent* 1998;80:280-301.
- White SN, Yu Z. Compressive and diametral tensile strengths of current adhesive luting agents. *J Prosthet Dent* 1993;69:568-72.
- White SN, Yu Z. Physical properties of fixed prosthodontic, resin composite luting agents. *Int J Prosthodont* 1993;6:384-9.
- Cattani-Lorente MA, Godin C, Meyer JM. Early strength of glass ionomer cements. *Dent Mater* 1993;9:57-62.
- McCarthy MF, Hondrum SO. Mechanical and bond strength properties of light-cured and chemically cured glass ionomer cements. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1994;105:135-41.
- Phillips RW, Swartz ML, Lund MS et al. In vivo disintegration of luting cements. *J Am Dent Assoc* 1987;114:489-92.
- Schmage P, Sohn J, Ozcan M et al. Effect of surface treatment of titanium posts on the tensile bond strength. *Dent Mater* 2006;22:189-94.
- Frankenberger R, Krämer N, Sindel J. Repair strength of etched vs silica-coated metal-ceramic and all-ceramic restorations. *Oper Dent* 2000;25:209-15.
- Peters MC, Poort HW, Farah JW et al. Stress analysis of a tooth restored with a post and core. *J Dent Res* 1983;62:760-3.
- Asmussen E, Peutzfeldt A, Sahafi A. Finite element analysis of stresses in endodontically treated, dowel-restored teeth. *J Prosthet Dent* 2005;94:321-9.
- Fredriksson M, Astback J, Pameinius M et al. A retrospective study of 236 patients with teeth restored by carbon fiber-reinforced epoxy resin posts. *J Prosthet Dent* 1998;80:151-7.
- Glazer B. Restoration of endodontically treated teeth with carbon fibre posts – a prospective study. *J Can Dent Assoc* 2000;66:613-8.
- Ferrari M, Vichi A, Mannocci F et al. Retrospective study of the clinical performance of fiber posts. *Am J Dent* 2000;13 (Spec No):9B-13B.
- Ferrari M, Vichi A, Garcia-Godoy F. Clinical evaluation of fiber-reinforced epoxy resin posts and cast post and cores. *Am J Dent* 2000;13 (Spec No):15B-18B.
- Malferrari S, Monaco C, Scotti R. Clinical evaluation of teeth restored with quartz fiber-reinforced epoxy resin posts. *Int J Prosthodont* 2003;16:39-44.
- Schmitter M, Rammelsberg P, Gabbert O et al. Influence of clinical baseline findings on the survival of 2 post systems: a randomized clinical trial. *Int J Prosthodont* 2007;20:173-8.
- Theodosopoulou JN, Chochlidakis KM. A systematic review of dowel (post) and core materials and systems. *J Prosthodont* 2009;18:464-72.
- Naumann M, Sterzenbach G, Alexandra F et al. Randomized controlled clinical pilot trial of titanium vs. Glass fiber prefabricated posts: preliminary results after up to 3 years. *Int J Prosthodont* 2007;20:499-503.
- King PA, Setchell DJ, Rees JS. Clinical evaluation of a carbon fibre reinforced carbon endodontic post. *J Oral Rehabil* 2003;30:785-9.