

Abstract

Forbedring af rodstifters retention

Introduktion – I nærværende undersøgelse sammenlignedes effekten af tre forskellige forbehandling af rodkanalen på den opnåede retention af præfabrikerede titaniumrodstifter cementeret med tre forskellige plastcementer.

Materiale og metode – Efter fjernelse af den kliniske krone på 216 ekstraherede præmolarer blev rodkanalerne præpareret vha. ParaPost-systemet. Rodkanalvæggene blev herefter enten ætset med citronsyre, penslet med EDTA C eller gjort ru med et diamantbor. I en fjerde gruppe (kontrolgruppe) blev rodkanalvæggene ikke forbehandlet. CoJet-behandlede titaniumstifter blev cementeret i rodkanalerne med enten Panavia 2.0 F, Rely X Unicem eller ParaCem. Rodstifternes retention blev målt efter opbevaring af tænderne i 37 ° varmt vand i syv dage.

Resultater – Ætsning af rodkanalen med citronsyre forbedrede rodstifternes retention, når disse var blevet cementeret med Panavia 2.0 F. Applicering af EDTA C havde, afhængigt af plastcementen, enten ingen effekt eller negativ effekt på rodstifternes retention. Mekanisk rugøring af rodkanalvæggene resulterede i forøgelse af rodstifternes retention, uanset hvilken plastcement der var blevet anvendt. De rodstifter, der var blevet cementeret med Panavia 2.0 F, havde bedre retention end de rodstifter, der var blevet cementeret med Rely X Unicem eller ParaCem.

Konklusion – De største forbedringer i titaniumstifternes retention blev opnået som følge af mekanisk rugøring af rodkanalen med diamantbor samt som følge af cementering af stifterne med den adhæsive plastcement Panavia 2.0 F.

Artiklen er baseret på artiklen: Sahafi A, Peutzfeldt A. Retention of adhesively bonded posts: Effect of pretreatment of the root canal. J Adhes Dent 2009; 11: 319-23.

Retention af adhæsivt bundne rodstifter: forbehandling af rodkanalen

Alireza Sahafi, lektor, ph.d., Afdeling for Oral Rehabilitering, Odontologisk Institut, Det Sundhedsvidenskabelige Fakultet, Københavns Universitet

Anne Peutzfeldt, dr.odont., Pully, Schweiz

Rodstifter anvendes ofte i destruerede, rodbehandlede tænder sammen med en opbygning for at forbedre den endelige restaurerings retention og stabilitet (1). Det hænder imidlertid, at behandlinger med stifter og opbygninger svigter, og dette sker som oftest pga. løsning af stiften (2). I forsøg på at forbedre retentionen af rodstifter har man foreslået at cementere rodstifterne adhæsivt med en plastcement, og ikke med phosphatcement eller glasionomercement.

Binding mellem rodstift og plastcement sikres ved en forbehandling af rodstiften. Én af de mest afprøvede og effektive forbehandling af rodstifter udgøres af det såkaldte tribokemiske silikatiseringssystem CoJet (3M ESPE, USA) (3-6). Rodstifters retention afhænger imidlertid ikke kun af plastcementens binding til rodstiften, men også af plastcementens binding til dentinen i rodkanalen. Kvaliteten af denne binding afhænger af en lang række faktorer: dentinarealet (7,8), et eventuelt smørelag efterladt på dentinoverfladen efter præparation til stiften (9,10), forbehandling af dentinoverfladen (11) og det anvendte bindingssystem samt den anvendte plastcement (12,13). Hvad forbehandling af dentinen i rodkanalen angår, har man foreslået forskellige metoder (7,14-19). Der tegner sig dog ikke noget klart billede af, hvilken forbehandling der er den bedste, idet hovedparten af forbehandlingerne kun er blevet afprøvet sammen med én bestemt plastcement, ét bestemt bindingssystem eller én bestemt rodstift.

Hvad plastcementen angår, er der forskelle i disse cements evne til at adhærere til henholdsvis rodstiften og til dentinvæggen (6,13). Der findes grundlæggende tre typer af plastcementer: 1) konventionelle BisGMA-baserede plastcementer, der anvendes efter forbehandling af dentinen i form af syreæstning efterfulgt af en primer, 2) adhæsive plastcementer, der også forudgås af en dentinforbehandling, men adskiller sig fra de konventionelle plastcementer ved deres indhold af en såkaldt funktionel monomer, fx MDP eller 4-META, som er i stand til at adhærere til diverse restaureringsmaterialer, og endelig 3) selvadhærende plastcementer. Via disses indhold af et ætsemiddel, som fx en phosphorsyre-ester-monomer, forbedres plastcementernes binding til

Emneord:
Dowel;
cementation;
luting

dentin, hvilket er årsagen til, at disse cementer markedsføres uden medfølgende bindingssystem.

Formålet med nærværende undersøgelse var at identificere en effektiv og universel forbehandling af rodkanaler inden cementering af rodstifter med plastcement ved at sammenligne tre forbehandlingers effekt på retentionen af overfladebehandlede titaniumrodstifter.

Materiale og metoder

Præfabrikerede, cylindriske titaniumstifter (ParaPost XH, Coltène/Whaledent, Mahwah, NJ, USA, str. 5, diameter = 1,25) blev cementeret med en af tre dualhærdende plastcementer: en konventionel BisGMA-baseret plastcement (ParaCem, Coltène/Whaledent), en adhæsiv plastcement indeholdende MDP (Panavia 2.0 F, Kuraray, Osaka, Japan) og en selvadhærende plastcement (Rely X Unicem, 3M ESPE, St. Paul, MN, USA). Rodstifterne blev inden cementering behandlet med CoJet-systemet (3M ESPE). Dette bestod i en sandblæsning (Dentoprep, Rønvig, Daugaard, Danmark) med 30- μ m silikatcoatede korundpartikler ved et tryk på 3 bar i 15 sek. efterfulgt af applicering af et lag silan (ESPE-Sil, 3M ESPE). Alle procedurer blev udført i henhold til producenterens anvisninger.

Undersøgelsen blev udført vha. 216 ekstraherede, cariesfri underkæbepremolarer, der var blevet opbevaret i en 0,5 % vandig opløsning af kloramin efter ekstraktionen. Den kliniske krone blev fjernet, og det blev sikret, at længden af den tilbageblevne rod var mindst 10 mm. Rødderne blev tilfældigt fordelt i 12 grupper af 18. Rødderne blev herefter præpareret med ParaPost-borsystemet (Coltène/Whaledent), indtil rodkanalen havde en diameter på 1,25 mm og en længde på 5 mm. Bortset fra de 54 tænder i kontrolgrupperne blev de færdigpræparerede rodkanaler herefter udsat for én af følgende forbehandling. 1) Ætsning med en 10 % vandig opløsning af citronsyre (Ultradent, South Jordan, UT, USA) i 30 sek. efterfulgt af skylning med deioniseret vand i 1 min. 2) Applicering af en 15 % vandig opløsning af EDTA C (Nordent, Rønvig, Danmark) i 5 min. efterfulgt af skylning med deioniseret vand i 1 min. 3) Mekanisk rugøring af rodkanalvæggene med et diamantbor (Komet 878, 012, medium, Gebr. Brasseler, Lemgo, Tyskland) af tilnærmelsesvis samme størrelse og form som det bor, der var blevet anvendt til præparationen. Diamantboret blev fastgjort i en holder, og boret blev derefter roteret 20 gange vha. håndkraft. Rodkanalen blev herefter skyllet med deioniseret vand i 1 min.

Inden cementering af rodstifterne blev alle rodkanaler tørret vha. paper points (Top Dent, nr. 45, Upplands Väsby, Sverige). De rodkanaler, i hvilke der skulle anvendes ParaCem, blev forinden behandlet med ParaCem Non-Rinse Conditioner i 30 sek., tørret vha. paper points og behandlet med ParaBond i 30 sek. Overskud af ParaBond blev fjernet med paper points efterfulgt af tørblæsning i 3 sek. De rodkanaler, i hvilke der skulle anvendes Panavia 2.0 F, blev forinden behandlet med det tilhørende bindingssystem, ED-primer. Denne blev penslet på rodkanalvæggene (Applicator Tips, DENTSPLY deTrey, Konstanz, Tyskland) i 60 sek. Overskud

af ED-primer blev fjernet vha. paper points i 10 sek. efterfulgt af tørblæsning i 3 sek. Alle tre cementer blev blandet i henhold til producenterens anvisninger, cementerne blev appliceret i rodkanalerne, og rodstifterne blev cementeret. ParaCem og Panavia 2.0 F blev appliceret i rodkanalerne vha. sprøjte og kanyler (C-R Tubes & Plugs, Centrix, Shelton, CT, USA), mens Rely X Unicem blev appliceret vha. de såkaldte elongation tips, der anbefales af producenten (3M ESPE).

Straks efter anbringelse af rodstifterne i rodkanalerne blev plastcementerne lyshærdet i 20 sek. med en konventionel halogenlampe (XL 3000, 3M ESPE). Efter 15 min. blev prøvelegeme lagt i vand ved 37 °C i syv dage (Fig. 1). Herefter blev hvert prøvelegeme anbragt i en holder, som fastgjorde henholdsvis roden og den ikke-cementerede del af rodstiften i en trækprøvemaskine (Universal Testing Machine, Instron, High Wycombe, England). Rodstifterne blev nu ekstraheret fra rødderne ved en hastighed på 1 mm/min. (Fig. 2). Efter ekstraktionen blev overfladen af hver rodstift inspiceret i lup (10 gange forstørrelse, Carton, Japan) mhp. klassificering af brudtypen. Alle procedurer blev udført af én og samme person.

Undersøgelsens resultater blev analyseret vha. to-faktoriel variansanalyse efterfulgt af Tukey HSD-test (Vassarstats) med $P \leq 0,05$ som signifikansniveau.

Resultater

Undersøgelsens resultater er vist i Tabel 1. I den to-faktorielle variansanalyse påvistes, at såvel faktoren "forbehandling af rodkanalen" som faktoren "plastcement" havde signifikant effekt på rodstifternes retention. Herudover påvistes en signifikant interaktion mellem forbehandling af rodkanalen og plastcement.

Når Panavia 2.0 F var blevet anvendt, resulterede to af de tre forbehandling af rodkanalen i en forøgelse af retentionen i forhold til ingen forbehandling (kontrollen). Det drejede sig om

Prøvelegeme

Fig. 1.
Rodstiften cementeret i rodkanalen.

Fig. 1.
The post luted in the root canal.



ætsning med citronsyre samt mekanisk rugøring med diamantbor. Sidstnævnte teknik havde signifikant størst effekt. Den tredje forbehandling, applicering af EDTA C, forårsagede et signifikant fald i retentionen. Når Rely X Unicem og ParaCem var blevet anvendt, var det kun forbehandling i form af mekanisk rugøring med diamantbor, som havde en signifikant, positiv effekt på rodstifternes retention.

De stifter, der var blevet cementeret med Panavia 2.0 F, havde generelt signifikant bedre retention end de stifter, der var blevet cementeret med Rely X Unicem eller ParaCem.

I de tilfælde, hvor rodkanalen ikke var blevet forbehandlet (kontrollen) eller var blevet forbehandlet med citronsyre eller EDTA C, var der tale om 100 % adhæsive brud mellem dentin og plastcement, idet plastcementen sad tilbage på rodstiften efter ekstraktion fra rodkanalen. I de tilfælde, hvor rodkanalvæggene var blevet gjort ru vha. et diamantbor, faldt antallet af rent adhæsive brud mellem dentin og plastcement og det i en grad, der afhang af den anvendte plastcement. Således sås 100 % adhæsive brud mellem dentin og plastcement i 15 ud af 18 tilfælde, når stifterne var blevet cementeret med Rely X Unicem, og i 16 ud af 18 tilfælde, når stifterne var blevet cementeret med ParaCem, men kun i syv ud af 18 tilfælde, når stifterne var blevet cementeret med Panavia 2.0 F.

Diskussion

Effekten af forbehandling af rodkanalvæggene med citronsyre på rodstifternes retention afhang af, hvilken af de tre plastcementer rodstifterne var blevet cementeret med. Sammenlignet med kontrollen, altså fravær af forbehandling, havde citronsyreætsning således kun en positiv effekt, når rodstifterne blev cementeret med Panavia 2.0 F. Ætsning af dentin har til formål at øge plastmonomerernes penetrering af dentinoverfladen ved at fjerne smørelaget og ved at gøre dentinen ru. Det er i adskillige undersøgelser blevet studeret, hvordan citronsyrekonzentration og ætstid påvirker decalcificering og/eller fjernelse af smørelaget

(15,20-22). Visse undersøgelser har fundet, at citronsyre er et effektivt middel til åbning af dentintubuli eller til at decalcificere smørelaget (15,21), mens andre undersøgelser har påvist, at citronsyre ikke er særlig effektivt (20,22). At syreætsning har begrænset effekt på smørelaget, kan skyldes, at der sker kemiske forandringer i smørelaget som følge af syreætsningen. I én undersøgelse har man således fundet, at syreætsningen ikke fjernede kollagen fra smørelaget, og at rester af mineral blev tilbage i det denaturerede, gelatiniserede kollagen (23). Dette denaturerede og gelatinerede kollagen kan tænkes at forhindre etablering af en tæt binding mellem adhæsiv og dentin og kan således bevirke, at bindingen til dentin bliver dårlig. Når vi fandt, at citronsyreætsning havde en positiv effekt på retention af rodstifter, når disse var blevet cementeret med Panavia 2.0 F, skyldes det formentlig, at ED-primeren var i stand til at penetrere det denaturerede og gelatinerede kollagen og dermed forbedre plastmonomerernes indtrængning i dentinen (24).

Sammenlignet med kontrollen resulterede applicering af EDTA C i et fald i retentionen, når stifterne var blevet cementeret med Panavia 2.0 F, mens EDTA C ingen effekt havde, når stifterne var blevet cementeret med Rely X Unicem eller ParaCem. Den manglende eller endog negative effekt af EDTA C kan forklares med utilstrækkelig fjernelse af smørelaget og med forandringer i dentinoverfladens morfologi og mekaniske egenskaber. Hvad fjernelse af smørelag angår, har studier således fundet, at EDTA er et effektivt middel til at demineralisere smørelaget (21,25-27), men at EDTA imidlertid ikke er i stand til at opløse den organiske del af smørelaget (18,28). Hvad dentinoverfladens morfologi angår, fandt Hayashi et al., at applicering af EDTA førte til dannelsen af en kollagenrig, demineraliseret overflade, som kan forhindre, at der dannes fuldstændig og stabil kontakt mellem dentin og plastcement (18). Og endelig, hvad dentinoverfladens mekaniske egenskaber angår, har man fundet, at applicering af EDTA reducerer dentinoverfladens trækstyrke og hårdhed (18,29,30). Såfremt den efterfølgende infiltrering af denne ændrede dentinoverflade med plastmonomerer bliver ufuldstændig, vil den dannede binding være svag og/eller uholdbar (30).

Ligesom i de tilfælde, hvor rodkanalerne slet ikke var blevet forbehandlet, sås i alle tilfælde, hvor rodkanalerne var blevet ætset med citronsyre eller behandlet med EDTA C, 100 % adhæsive brud mellem dentin og plastcement. Da plastcementen således altid sad tilbage på rodstiften, kan udledes, at plastcementerne bandt bedre til de Co-Jet-behandlede rodstifter end til dentinen i rodkanalen. Dette fund bekræfter effektiviteten af det triboke-miske silikatiseringssystem (3-6,13,31,32).

Rugøring af rodkanalvæggene med diamantboret var den mest effektive metode til forbedring af rodstifternes retention, uanset hvilken plastcement der var blevet anvendt. Det positive resultat er i overensstemmelse med resultater fra tidligere undersøgelser (14,33) og skyldes formentlig ændringer i dentinoverfladens topografi. Præparation af rodkanalen med ParaPost-rodkanalboret efterlader en relativt glat dentinoverflade. Den efterfølgende

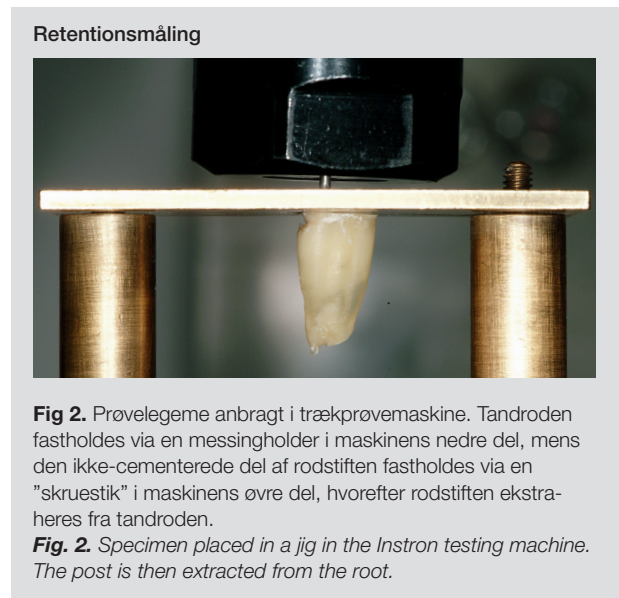
KLINISK RELEVANS

Adhæsiv cementering af rodstifter vha. plastcement og evt. medfølgende bindingssystem kan forbedre rodstifters retention i rodkanalen og dermed minimere risikoen for løsning af rodstift, opbygning og den rodstiftforankrede restaurering. Plastcementen skal binde godt til såvel rodstift som til rodkanalvæggene. Denne undersøgelse fokuserede på plastcements binding til rodkanalvæggene. Ud fra måling af rodstifters retention i rodkanalen viste undersøgelsen, at plastcements binding til rodkanalen blev forbedret, såfremt rodkanalen efter præparation blev gjort ru vha. et diamantbor. Diamantboret var blevet roteret manuelt i rodkanalen 20 gange. Undersøgelsen viste endvidere, at rodstifternes retention afhang af, hvilken af tre forskellige plastcementer der var blevet anvendt.

behandling med diamantboret gør overfladen ru og dermed større. Undersøgelser har vist, at binding af plastcement til dentin afhænger af dentinens overfladeareal, og at øget overfladeareal medfører øget bindingsstyrke til dentin (7,8,34). Diamantboret resulterede ikke blot i øget overfladeareal, men også i dannelsen af cirkulære mikroriller i dentinoverfladen (14). Den forbedrede retention kan således skyldes forbedret mikromekanisk retention som følge af, at plastcementen flyder ind i disse mikroriller og låses fast her efter cementens polymerisering. Endnu et forhold kan have bidraget til den positive effekt af diamantboret. Det er således blevet fundet, at et diamantbor efterlader et mere løst organiseret og løst bundet smørelag end et carbidbor (23,34). Det er derfor muligt, at smørelaget lettere kunne fjernes fra de dentinkanaloverflader, der efter præparation med ParaPost-boret var blevet gjort ru med diamantboret, end fra de flader, der kun var blevet præpareret med ParaPost-boret.

I så godt som alle tilfælde, hvor rodkanalerne var blevet gjort ru med diamantboret, og hvor rodstifterne var blevet cementeret med ParaCem eller Rely X Unicem, sås adhæsive brud mellem dentin og plastcement. I de tilfælde, hvor rodstifterne var blevet cementeret med Panavia 2.0 F, sås kun adhæsivt brud i syv ud af 18 tilfælde (40 %). Forskellen i brudtype mellem plastcementerne må tilskrives en højere bindingsstyrke mellem dentin og Panavia 2.0 F end mellem dentin og enten ParaCem eller Rely X Unicem.

Plastcementtypen viste sig at spille en signifikant rolle for rodstifternes retention, hvilket er i overensstemmelse med, hvad der tidligere er blevet fundet (13,14,35). Forskellen i retention kan forklares ved forskelle i cementernes kemiske sammensætning samt ved forskelle i, hvor gode de medfølgende bindingssystemer er til at sikre efterfølgende infiltration af plastmonomererne (11,24). De Co-Jet-behandlede ParaPost XH-stifter, der var cementeret med den adhæsive plastcement Panavia 2.0 F, havde større retention end de stifter, der var cementeret med den konventionelle plastcement ParaCem eller den selvadhærende plastcement Rely X Unicem. At Panavia 2.0 F resulterede i større retention end ParaCem er i overensstemmelse med en undersøgelse af Hage



Retentionsmåling

Fig 2. Prøvelegeme anbragt i trækprøvemaskine. Tandrod fastholdes via en messingholder i maskinens nedre del, mens den ikke-cementerede del af rodstiften fastholdes via en "skruestik" i maskinens øvre del, hvorefter rodstiften ekstraheres fra tandroden.

Fig. 2. Specimen placed in a jig in the Instron testing machine. The post is then extracted from the root.

et al. (16), som fandt større retention af ParaPost-rodstifter, der var cementeret med den adhæsive, kemisk hærdende cement Panavia 21, end af ParaPost-stifter, der var cementeret med den konventionelle cement ParaPost Cement. At Panavia 2.0 F resulterede i større retention end Rely X Unicem, er i modstrid med en undersøgelse af Balbosh et al. (14), hvori man fandt, at koniske rodstifter cementeret med Rely X Unicem havde samme retention som koniske stifter cementeret med Panavia 21. Modstriden kan skyldes forskel i bindingsstyrke mellem den kemisk hærdende Panavia 21 og den dualhærdende udgave Panavia 2.0 F, idet dualhærdende plastcementer binder bedre til dentin end kemisk hærdende plastcementer (36,37).

Taksigelser

Forfatterne vil gerne takke Coltène/Whaledent og 3M ESPE for at have stillet materialer til rådighed for denne undersøgelse. ♣

Retention af rodstifter

Tabel 1. Retention af rodstifter (N), middelværdier ± standarddeviationer (n = 18).

Table 1. Retention of root canal posts (N). Mean values ± standard deviations (n = 18).

Retention	Plastcement		
	Panavia 2.0 F	Rely X Unicem	ParaCem
Forbehandling af rodkanal			
Ingen forbehandling (kontrol)	^b 274 ± 68 ^B	^a 242 ± 55 ^{A,B}	^a 236 ± 75 ^A
Ætning med citronsyre	^c 313 ± 78 ^C	^a 262 ± 71 ^B	^a 228 ± 61 ^A
Applicering af EDTA C	^a 248 ± 56 ^A	^a 246 ± 65 ^A	^a 232 ± 57 ^A
Mekanisk rugøring med diamantbor	^d 456 ± 61 ^B	^b 313 ± 63 ^A	^b 339 ± 85 ^A

Små bogstaver viser effekten af forbehandling af rodkanalen for en given plastcement (lodret sammenligning). Store bogstaver viser effekten af plastcement for en given forbehandling af rodkanalen (vandret sammenligning). Middelværdier med samme bogstav var ikke statistisk signifikant forskellige (P > 0,05).



Abstract (English)

Retention of adhesively bonded posts: Effect of pretreatment of the root canal

Introduction – This study evaluated the effect of three different root canal pretreatments on the retention of prefabricated titanium posts luted in the root canal with one of three resin cements.

Material and methods – After removal of the clinical crowns of 216 extracted premolars, the root canals were prepared with the ParaPost system. The walls of the roots were subjected to either none (control) or one of three pretreatments: etching with citric acid, application of EDTA C, or mechanical roughening with a diamond-coated burr. CoJet-treated ParaPost XH posts were luted in the root canals with one of three resin cements: Panavia 2.0 F,

Rely X Unicem, or ParaCem. Following water storage at 37° C for 7 days, retention was determined by extraction of the posts.

Results – Etching of root canal walls with citric acid resulted in improved retention only when Panavia 2.0 F was used. Depending on the resin cement, application of EDTA C had either no effect or a negative effect. Mechanical roughening of root canal walls resulted in improved retention of posts irrespective of type of resin cement. Luting of posts with Panavia 2.0 F resulted in higher retention than did luting with Rely X Unicem or ParaCem.

Conclusion – Mechanical roughening of the root canal walls with a diamond-coated burr was the most effective method to improve retention of posts. The use of Panavia 2.0 F resulted in higher retention than did the use of Rely X Unicem or ParaCem.

Litteratur

- Peroz I, Blankenstein F, Lange KP, Naumann M. 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.
- Cobb DS, Vargas MA, Fridrich TA, Bouschlicher MR. Metal surface treatment: characterization and effect on composite-to-metal bond strength. *Oper Dent* 2000; 25: 427-33.
- Mukai M, Fukui H, Hasegawa J. Relationship between sandblasting and composite resin-alloy bond strength by a silica coating. *J Prosthet Dent* 1995; 74: 151-5.
- Özcan M, Alkumru HN, Gemalmaz D. The effect of surface treatment on the shear bond strength of luting cement to a glass-infiltrated alumina ceramic. *Int J Prosthodont* 2001; 14: 335-9.
- Sahafi A, Peutzfeldt A, Asmussen E, Gotfredsen K. Effect of surface treatment of prefabricated posts on bonding of resin cement. *Oper Dent* 2004; 29: 60-8.
- Ferrari M, Mannocci F, Vichi A, Cagidiaco MC, Mjör IA. Bonding to root canal: structural characteristics of the substrate. *Am J Dent* 2000; 13: 255-60.
- Nergiz I, Schmage P, Platzer U, McMullan-Vogel CG. Effect of different surface textures on retentive strength of tapered posts. *J Prosthet Dent* 1997; 78: 451-7.
- Boone KJ, Murchison DF, Schindler WG, Walker WA 3rd. Post retention: the effect of sequence of post-space preparation, cementation time, and different sealers. *J Endod* 2001; 27: 768-71.
- Serafino C, Gallina G, Cumbo E, Ferrari M. Surface debris of canal walls after post space preparation in endodontically treated teeth: a scanning electron microscopic study. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2004; 97: 381-7.
- Pashley DH, Carvalho RM. Dentine permeability and dentine adhesion. *J Dent* 1997; 25: 355-72.
- Kitasako Y, Burrow MF, Katahira N, Nikaido T, Tagami J. Shear bond strengths of three resin cements to dentine over 3 years in vitro. *J Dent* 2001; 29: 139-44.
- Sahafi A, Peutzfeldt A, Asmussen E, Gotfredsen K. Retention and failure morphology of prefabricated posts. *Int J Prosthodont* 2004; 17: 307-12.
- Balbosh A, Ludwig K, Kern M. Comparison of titanium dowel retention using four different luting agents. *J Prosthet Dent* 2005; 94: 227-33.
- Di Lenarda R, Cadenaro M, Sbai-zero O. Effectiveness of 1 mol/L-citric acid and 15 % EDTA irrigation on smear layer removal. *Int Endod J* 2000; 33: 46-52.
- Hagge MS, Wong RD, Lindemuth JS. Retention strengths of five luting cements on prefabricated dowels after root canal obturation with a zinc oxide/eugenol sealer: 1. Dowel space preparation/cementation at one week after obturation. *J Prosthodont* 2002; 11: 168-75.
- Schmage P, Sohn J, Nergiz I, Özcan M. Various conditioning methods for root canals influencing the tensile strength of titanium posts. *J Oral Rehabil* 2004; 31: 890-4.
- Hayashi M, Takahashi Y, Hirai M, Iwami Y, Imazato S, Ebisu S. Effect of endodontic irrigation on bonding of resin cement to radicular dentin. *Eur J Oral Sci* 2005; 113: 70-6.
- Walker MP, Wang Y, Swafford J, Evans A, Spencer P. Influence of additional acid etch treatment on resin cement dentin infiltration. *J Prosthodont* 2000; 9: 77-81.
- Liolios E, Economides N, Parissis-Messimeris S, Boutsoukis A. The effectiveness of three irrigating solutions on root canal cleaning after hand and mechanical preparation. *Int Endod J* 1997; 30: 51-7.
- Machado-Silveiro LF, González-López S, González-Rodríguez MP. Decalcification of root canal dentine by citric acid, EDTA and sodium citrate. *Int Endod J* 2004; 37: 365-9.
- Takeda FH, Harashima T, Kimura Y, Matsumoto K. A comparative study of the removal of smear layer by three endodontic irrigants and two types of laser. *Int Endod J* 1999; 32: 32-9.
- Spencer P, Wang Y, Walker MP, Swafford JR. Molecular structure of acid-etched dentin smear layers – in situ study. *J Dent Res* 2001; 80: 1802-7.
- Yang B, Ludwig K, Adelung R, Kern M. Micro-tensile bond strength of three luting resins to human regional dentin. *Dent Mater* 2006; 22: 45-56.
- Calt S, Serper A. Time-dependent effects of EDTA on dentin structures. *J Endod* 2002; 28: 17-9.
- Sayin TC, Serper A, Cehreli ZC, Kalayci S. Calcium loss from root canal dentin following EDTA, EGTA, EDTAC, and tetracycline-HCl treatment with or without subsequent NaOCl irrigation. *J Endod* 2007; 33: 581-4.
- Teixeira CS, Felipe MC, Felipe WT. The effect of application time of EDTA and NaOCl on intracanal smear layer removal: an SEM analysis. *Int Endod J* 2005; 38: 285-90.
- Baumgartner JC, Ibay AC. The chemical reactions of irrigants used for root canal debridement. *J Endod* 1987; 13: 47-51.
- De-Deus G, Paciornik S, Mauricio MH. Evaluation of the effect of EDTA, EDTAC and citric acid on the microhardness of root dentine. *Int Endod J* 2006; 39: 401-7.
- Fuentes V, Ceballos L, Osorio R, Toledano M, Carvalho RM, Pashley DH. Tensile strength and microhardness of treated human dentin. *Dent Mater* 2004; 20: 522-9.
- Kern M, Thompson VP. Durability of resin bonds to pure titanium. *J Prosthodont* 1995; 4: 16-22.
- Kern M, Thompson VP. Effects of sandblasting and silica-coating procedures on pure titanium. *J Dent* 1994; 22: 300-6.
- Nergiz I, Schmage P, Özcan M, Platzer U. Effect of length and diameter of tapered posts on the retention. *J Oral Rehabil* 2002; 29: 28-34.
- Sattabanasuk V, Vachiramon V, Qian F, Armstrong SR. Resin-dentin bond strength as related to different surface preparation methods. *J Dent* 2007; 35: 467-75.
- Wegner PK, Freitag S, Kern M. Survival rate of endodontically treated teeth with posts after prosthetic restoration. *J Endod* 2006; 32: 928-31.
- Kamada K, Yoshida K, Atsuta M. Early bond strength and durability of bond between a ceramic material and chemically-cured or dual-cured resin luting agent. *Am J Dent* 2001; 14: 85-8.
- Peters AD, Meiers JC. Effect of polymerization mode of a dual-cured resin cement on time-dependent shear bond strength to porcelain. *Am J Dent* 1996; 9: 264-8.