



Disponibile online all'indirizzo www.sciencedirect.com

SciVerse ScienceDirect

journal homepage: www.elsevier.com/locate/gie



ARTICOLO ORIGINALE

Trattamento della parete dentinale intracanalare dopo preparazione per alloggiamento di perni: analisi al microscopio elettronico a scansione

Intracanal dentine treatment after post-space preparation: scanning electron microscope analysis

Nicola Scotti*, Riccardo Rota, Marco Scansetti, Damiano Pasqualini, Elio Berutti

Reparto di Endodonzia, Cariologia e Odontoiatria Conservativa, Dental School Lingotto, Università di Torino

Ricevuto il 18 ottobre 2011; accettato il 1 febbraio 2012

Disponibile online il 10 marzo 2012

PAROLE CHIAVE

Perno in fibra;
Detersione;
Post-space;
Mordenzatura;
SEM.

KEYWORDS

Fiber post;
Post-space;
Deterision;
Etching;
SEM.

Riassunto

Obiettivi: Valutare l'efficacia nella rimozione del fango dentinale dalle pareti dentinali intracanalari (dopo preparazione per l'alloggiamento del perno) utilizzando acido ortofosforico liquido al 37% rispetto alla formulazione in gel.

Materiali e metodi: Preparato l'alloggiamento del perno e deterso con EDTA al 10% per 60 secondi, i denti sono stati assegnati a quattro gruppi in base al tipo di trattamento impiegato: (A) acido ortofosforico (H_3PO_4) in gel al 36%; (B) H_3PO_4 liquido al 37% applicato con EndoVac; (C) H_3PO_4 liquido al 37% applicato con ago endodontico; (D) gruppo di controllo. È stata valutata al SEM la presenza di smear layer, detriti, residui di cemento e guttaperca e i tubuli dentinali aperti. **Risultati:** I risultati migliori per il trattamento effettuato sono stati ottenuti nel gruppo B, seguito dai gruppi A, C e di controllo.

Conclusioni: Il trattamento intracanalare con H_3PO_4 liquido al 37% applicato con un ago endodontico sembra produrre un substrato migliore per l'adesione della ricostruzione post-endodontica.

© 2012 Società Italiana di Endodonzia. Pubblicato da Elsevier Srl. Tutti i diritti riservati.

Summary

Objectives: This study evaluated the efficiency in smear layer removal from post-space walls using 37% liquid orthophosphoric acid compared to the traditional gel formulation.

* Corrispondenza: via Nizza 230 – 10100 Torino.
E-mail: nicola.scotti@unito.it (N. Scotti).

Materials and methods: After post-space preparation and post-space cleaning with 10% EDTA for 60 seconds, teeth were assigned to four groups according to the etching procedure: (A) 36% H₃PO₄ gel; (B) 37% H₃PO₄ liquid applied with EndoVac; (C) 37% H₃PO₄ liquid applied with endodontic needle; (D) control group. Teeth were longitudinally sectioned and prepared for SEM examination which evaluated the presence of smear layer, debris, sealer/guttapercha remnants, and visibility of open dentin tubules.

Results: Better results were obtained by group B, followed by A, C and control group.

Conclusions: 37% liquid H₃PO₄ etching with an endodontic needle results in a better substrate for fiber post adhesion. The positive pressure in liquid H₃PO₄ application etched a wider surface than the negative pressure.

© 2012 Società Italiana di Endodonzia. Published by Elsevier Srl. All rights reserved.

Introduzione

I denti trattati endodonticamente, soprattutto posteriori, hanno evidenziato un tempo di sopravvivenza inferiore ai denti vitali [1]: questo è dovuto al fatto che tali elementi hanno perso una grande quantità di sostanza dentale coronale e sono esposti a forze di taglio durante la masticazione. Per queste ragioni e per contribuire alla ritenzione del materiale da restauro coronale spesso si ricorre alla cementazione di un perno all'interno del canale radicolare. I tradizionali perni metallici, prefabbricati o fusi, sono stati gradualmente sostituiti dai perni in fibra [2], che hanno mostrato diversi vantaggi quali modulo elastico simile a quello della dentina [3], migliore biocompatibilità, migliore estetica e resistenza alla corrosione [4,5]; da ultimo, ma non meno importante, i denti restaurati con l'ausilio di un perno hanno mostrato una diminuzione di fratture irreparabili della radice [6,7].

Un'adesione efficace e duratura tra perno in fibra, dentina radicolare e cemento resinoso è essenziale per la longevità dei restauri post-endodontici [8]. Il meccanismo di adesione dei sistemi adesivi alla dentina radicolare è essenzialmente micromeccanico, basato sull'ibridazione della superficie demineralizzata e sulla formazione di zaffi resinosi all'interno dei tubuli dentinali [9,10]. È stato ipotizzato che per ottenere un valido strato ibrido sia necessario rimuovere il fango dentinale e i detriti dalle pareti del canale radicolare e dalla parte iniziale dei tubuli dentinali per aumentare la ritenzione del cemento resinoso [11]. Diversi studi in vivo hanno dimostrato che la decementazione del perno in fibra, il cosiddetto *fallimento adesivo*, è il fallimento clinico più comune nei restauri ritenuti da un perno in fibra. Un precedente studio ha suggerito che l'efficacia degli adesivi dentinali dipende in gran parte dalla rimozione del fango dentinale e dalla formazione di una zona di interdizione tra resina e dentina [8,12].

Sono disponibili vari sistemi adesivi per l'adesione alla dentina radicolare. I risultati migliori presentati dalla letteratura per l'adesione alla dentina canalare si ottengono ancora con il sistema adesivo a tre passaggi, che prevede un trattamento con acido ortofosforico della superficie dentinale prima dell'ibridazione con materiale resinoso. Tuttavia, uno degli aspetti critici degli adesivi di questo tipo è quello di realizzare un'efficace rimozione dello smear layer dalla dentina canalare dopo la preparazione dello spazio per l'alloggiamento del perno (post-space). Per questo motivo, la forza di legame del perno in fibra è diversa nelle differenti porzioni radicolari e, in particolare, è più bassa nel terzo

apicale rispetto ai terzi coronale e medio [13,14]. Considerando le difficoltà in materia di accesso degli strumenti e degli irriganti nella porzione più apicale, è opportuno valutare l'effetto della detersione e del trattamento acido della dentina (mordenzatura), superficie indispensabile per la ritenzione dei perni in fibra.

Lo scopo di questo studio in vitro è stato valutare l'effetto di differenti formulazioni di mordenzante sulla rimozione dello smear layer dopo la preparazione del post-space. La prima ipotesi verificata è quella secondo cui l'applicazione di un agente mordenzante liquido possa rimuovere meglio lo smear layer senza creare differenze fra le diverse porzioni del post-space. La seconda ipotesi verificata è che il metodo di applicazione dell'agente mordenzante non influenzi significativamente la rimozione del fango dentinale.

Materiali e metodi

Per questo studio sono stati selezionati 24 elementi dentari umani monocalari estratti per motivi parodontali. I campioni sono stati conservati in cloramina allo 0,5% alla temperatura di 4 °C. Ogni dente è stato sezionato a livello della linea amelo-cementizia, perpendicolarmente all'asse lungo del dente. I campioni sono poi stati strumentati con Pathfiles (1-2-3) e ProTaper (S1-S2-F1-F2-F3) (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Svizzera) alla lunghezza di lavoro.

La lunghezza di lavoro è stata stabilita a un ingrandimento di 10x (Magis Pro, Carl Zeiss, Germania), quando la punta del file diventava visibile al forame apicale. L'irrigazione è stata effettuata con 10 ml di NaOCl al 5% (NiClor 5, Ogna, Muggiò, Italia) alternati con 2 ml di EDTA al 10% (Tubuliclean, Ogna, Muggiò, Italia), utilizzando una siringa da 2 ml e 22 gauge. I canali sono stati asciugati con coni di carta medi (Mynol; Curaden Healthcare, Saronno, Milano, Italia) e otturati secondo la tecnica dell'onda continua di condensazione con cemento endodontico (Pulp Canal Sealer EWT, Kerr, Sybron, Romulus, MI) e coni di guttaperca medi (Inline, BM Dentale SaS) utilizzando il DownPack (Hu Friedy) e la siringa Obtura II (Analytic Technologies, Redmond, WA, USA).

Il post-space è stato preparato con frese di Largo # 1 e # 2 per la rimozione della guttaperca e successivamente sono state impiegate frese dedicate (Torpan, Dentsply Maillefer, Ballaigues, Svizzera) nei primi 10 mm del canale radicolare.

La detersione del post-space è stata eseguita con 2,5 ml di EDTA al 10% (Tubuliclean, Ogna, Muggiò, Italia) per 60 secondi con la tecnica del brushing continuo (Microbrush, Grafton, WI, USA). Poi i campioni sono stati assegnati in modo casuale

a quattro gruppi in base al protocollo di mordenzatura. Il Gruppo A è stato trattato con acido ortofosforico in gel al 36% per 60 secondi (Conditioner 36, Dentsply). Il Gruppo B è stato trattato con acido ortofosforico liquido al 37% (preparazione galenica) applicato per 60 secondi con EndoVac (Discus Dental, Culver City, USA) tramite l'uso di macrocannula dedicata. Il Gruppo C è stato trattato con acido ortofosforico liquido al 37% applicato per 60 secondi con un ago endodontico. Il Gruppo D (gruppo di controllo) non è stato trattato con alcuna procedura di mordenzatura. Poi tutti i post-space sono stati sciacquati con spray aria-acqua per 60 secondi e con 5 ml di acqua applicata con un ago endodontico.

I denti sono stati sezionati longitudinalmente; per ogni dente sezionato è stata scelta a caso una metà per la valutazione al SEM. Le sezioni selezionate sono state immerse in alcol al 90%, asciugate con aria, montate su matrici metalliche (Ted Pella, Redding, CA, USA) con dischi in carbonio adesivo (Ted Pella) e vernice argento colloidale ad asciugatura rapida (Ted Pella). I campioni sono stati infine metallizzati d'oro-palladio in una metallizzatrice E-5100 (Polarone, Watford, UK) e osservati al microscopio elettronico a scansione EVO MA10 (Zeiss, obiettivo Carl Zeiss SMP, NTD, Cambridge, UK) a ingrandimenti di 1000x e 5000x.

Centoquarantaquattro immagini a un ingrandimento di 1000x e 5000x sono state osservate separatamente da due operatori esperti secondo i seguenti criteri:

- la quantità di detriti osservata ha ricevuto un punteggio da 0 a 2 (punteggio 0: nessun detrito; punteggio 1: pochi detriti, con diametro massimo inferiore a 20 micron; punteggio 2: grande quantità di detriti, con diametro maggiore di 20 micron, su tutta la superficie);
- la quantità di tubuli dentinali aperti ha ricevuto un punteggio da 0 a 2 (punteggio 0: tutti i tubuli dentinali sono aperti, senza detriti, fango dentinale, residui di cemento o guttaperca; punteggio 1: alcuni tubuli dentinali sono aperti oppure coperti da un sottile smear layer residuo, da pochi detriti e pochi residui di cemento o guttaperca; punteggio 2: tutti i tubuli dentinali sono coperti da uno spesso smear layer e da residui di cemento o guttaperca).

Per ogni campione i punteggi medi dei detriti e della quantità di tubuli dentinali aperti sono stati calcolati separatamente nelle tre diverse porzioni del post-space (terzo coronale, medio e apicale). I risultati sono stati analizzati statisticamente con il test di Kruskal-Wallis, mentre per i confronti multipli è stato utilizzato il test di Dunn. In tutti i test, il livello di significatività è stato fissato a $p < 0,05$. I dati sono stati analizzati con il software SPSS 19,0 per Windows (SPSS Inc., Chicago, IL).

Risultati

I valori di media, mediana e deviazione standard dei punteggi della quantità di detriti e della quantità di tubuli dentinali aperti di ogni gruppo sono riportati nelle *tabelle 1 e 2*. Analizzando statisticamente i dati attraverso il test di Kruskal-Wallis, il protocollo di mordenzatura ha influito in modo significativo sulla detersione della dentina intracanalare. Il gruppo C ha mostrato punteggi di detriti e di tubuli dentinali aperti significativamente migliori rispetto agli altri gruppi.

Tabella 1 Media, mediana e deviazione standard della valutazione dell'apertura dei tubuli dentinali.

Punteggio apertura tubuli dentinali				
	Gruppo A	Gruppo B	Gruppo C	Gruppo D
Media	1,17	1,31	0,44	1,33
Mediana	1	1,25	0,37	1
Deviazione standard	0,37	0,44	0,44	0,49

Tabella 2 Media, mediana e deviazione standard della valutazione dei detriti.

Punteggio detriti				
	Gruppo A	Gruppo B	Gruppo C	Gruppo D
Media	1,27	1,5	0,6875	1,58
Mediana	1,25	1,75	0,5	1,5
Deviazione standard	0,49	0,55	0,4	0,36

Discussione

L'ipotesi nulla che l'applicazione di acido ortofosforico al 37% in formulazione liquida possa ottenere risultati migliori nella rimozione dello smear layer e nell'ottenimento di tubuli dentinali aperti rispetto alla formulazione in gel tradizionale è stata confermata. L'ipotesi che l'applicazione di acido ortofosforico liquido con pressione negativa (EndoVac) possa mostrare una maggiore efficienza nella rimozione dello smear layer e nell'ottenimento di tubuli dentinali aperti rispetto all'applicazione con pressione positiva (ago endodontico) è stata confutata.

Oggi, il restauro di un dente non vitale con perno in fibra e materiali resinosi è una comune procedura clinica. L'adesione alla dentina si basa su ritenzioni micromeccaniche create sulla superficie dentinale demineralizzata e sulla formazione di zaffi resinosi [15]; la detersione del post-space risulta quindi una procedura importante perché può influenzare la forza del legame adesivo del perno in fibra alla dentina canalare [16].

Sono disponibili differenti sistemi adesivi per l'adesione dei perni in fibra alla dentina canalare. Alcuni sostengono che l'approccio con sistemi cosiddetti *self-etch* (ovvero sistemi che non prevedano un trattamento acido separato della dentina) sia vantaggioso se confrontato con l'approccio che prevede l'impiego dell'acido ortofosforico (*total-etch*) perché non richiede un substrato dentinale umido, che è difficile da controllare all'interno del canale radicolare per le limitate accessibilità e visibilità [17]. Inoltre, la forza di adesione degli adesivi *self-etch* non è influenzata dalla profondità del post-space [18–20]. Tuttavia, le pareti dentinali dopo preparazione del post-space sono coperte da uno spesso smear layer e l'efficienza nell'infiltrazione dei sistemi *self-etch* rimane ancora un problema [21]. Per questo motivo, l'approccio *total-etch* è ancora considerato il migliore nell'adesione dei perni in fibra per l'efficacia della

mordenzatura con acido ortofosforico nel rimuovere il fango dentinale dalle pareti del canale radicolare [21].

Diversi studi hanno dimostrato che l'EDTA rimuove efficacemente il fango dentinale e i detriti sia dalla superficie dentinale sia dai tubuli dentinali lungo tutto il post-space [12,22–24]. Tuttavia, nelle aree più profonde del post-space è difficile ottenere una superficie dentinale pulita e tutti i tubuli dentinali aperti, come mostrato dalle foto al SEM di questo studio in vitro (*fig. 1*). La combinazione EDTA/NaOCl riportata da alcuni studi [25,26] ha mostrato di pulire efficacemente le pareti dentinali lungo tutto il post-space, ma NaOCl provoca la liberazione di ossigeno, che può inibire la polimerizzazione dei materiali adesivi resinosi [27,28]. Alla luce di questi risultati, il condizionamento acido della dentina radicolare è considerato un passaggio essenziale nell'ottenere pareti canalari pulite e, di conseguenza, una forza di legame affidabile del perno in fibra [21].

Nell'ambito dei sistemi adesivi total-etch, l'agente mordenzante più comune è l'acido ortofosforico in gel in concentrazioni dal 32% al 37%. In letteratura non c'è accordo sul tempo di mordenzatura: i nostri risultati hanno dimostrato che l'applicazione di acido ortofosforico in gel al 36% per 60 secondi produce un substrato dentinale sovramordenzato con la perdita della caratteristica architettura dentinale e questo, in accordo con altri studi, suggerisce tempi di mordenzatura più brevi [29–31]. Tuttavia, come mostrato in questo studio, detriti e residui di fango dentinale sono ancora presenti nelle parti più profonde del post-space (*fig. 1*) e questo è probabilmente dovuto all'impossibilità della formulazione in gel di prendere contatto con tutta la superficie dentinale, soprattutto nella parte più apicale del post-space.

La formulazione in gel ha mostrato una maggiore difficoltà nel risciacquo dalle porzioni apicali del post-space e

presenta, come mostrato nella foto al SEM (*fig. 1*), maggiori quantità di residui di silice che possono influenzare negativamente l'efficacia del legame adesivo nel tempo [32].

Al contrario, la formulazione liquida, essendo priva di silice, non ha mostrato residui di silice all'esame al SEM e può probabilmente ottenere una maggiore efficienza del legame adesivo. L'applicazione dell'acido liquido con pressione negativa tramite EndoVac, un recente dispositivo che può raggiungere risultati ottimali in termini di irrigazione canalare, non ha mostrato i risultati attesi nella detersione del post-space. Questo è probabilmente dovuto alle dimensioni della macrocannula che entra in contatto con le pareti radicolari impedendo loro di essere adeguatamente mordenzate dall'acido liquido. Il ritorno dell'acido, inoltre, avviene dall'estremità apicale della macrocannula appoggiata al fondo del post-space, senza ripercorrere il post-space in senso apico-coronale, riducendo quindi il tempo di contatto effettivo con le pareti dentinali.

L'applicazione dell'acido ortofosforico liquido al 37% con pressione positiva, cioè tramite un comune ago endodontico, ha mostrato i risultati migliori nella rimozione dello smear layer e nell'apertura dei tubuli dentinali, anche nelle zone più profonde del post-space: probabilmente ciò è dovuto a due fattori: la migliore efficienza della formulazione liquida nel penetrare all'interno dei tubuli dentinali rispetto alla formulazione in gel, che ha una viscosità maggiore, e il maggior tempo effettivo di contatto del liquido rispetto all'uso della pressione negativa. Gli ottimi risultati dell'applicazione dell'acido ortofosforico liquido con un comune ago endodontico sono interessanti per l'odontoiatra generico perché l'uso dell'EndoVac è indaginoso e comunemente utilizzato solo dagli specialisti in endodonzia. La detersione del post-space con acido ortofosforico liquido

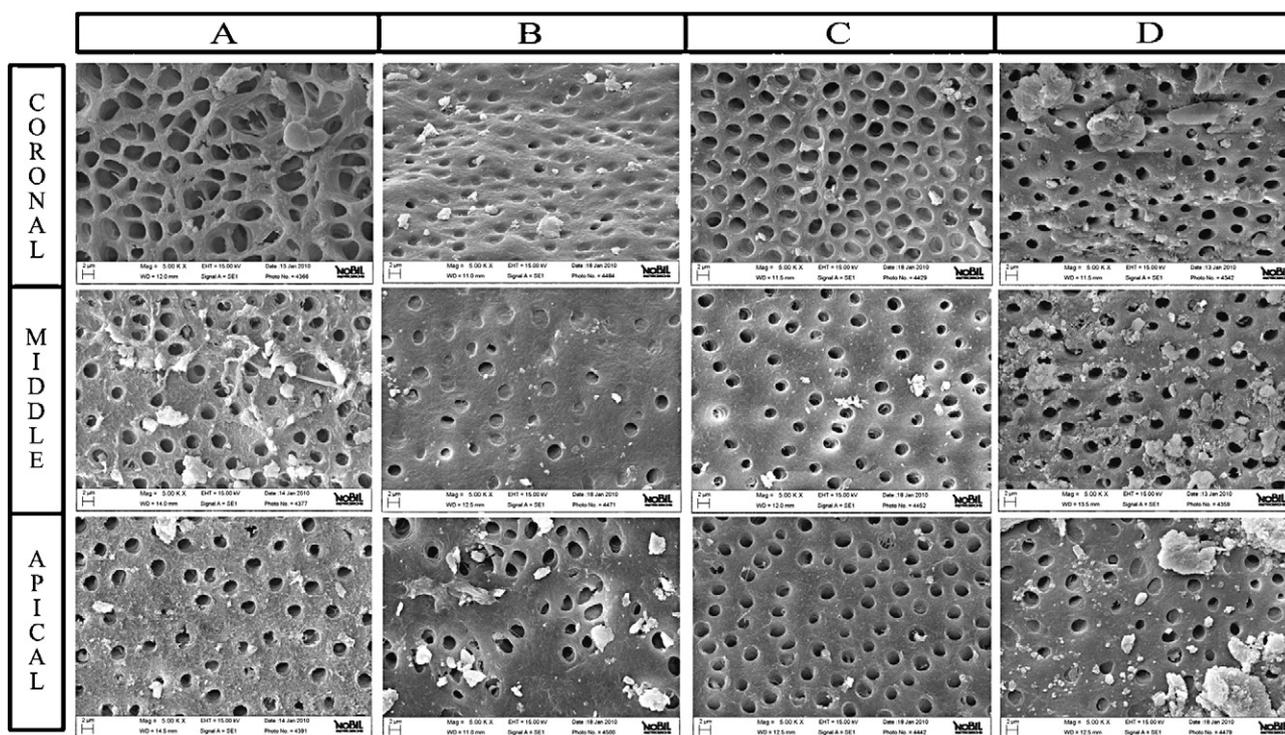


Figura 1 Microfotografie al SEM che mostrano la superficie dentinale a livello coronale, medio e apicale del post-space nei diversi gruppi (5000x).

rimuove efficacemente il fango dentinale e apre i tubuli dentinali dopo la preparazione del post-space. Questa condizione potrebbe favorire in modo significativo l'adesione dei perni in fibra. La pressione negativa nell'irrigazione del post-space non ha avuto un effetto significativo nella rimozione dello smear layer. Sono necessari ulteriori studi per valutare la forza di adesione dei perni in fibra alla dentina radicolare dopo diversi protocolli di mordenzatura.

Conclusioni

Nonostante i limiti di questo studio *in vitro*, si può concludere che la mordenzatura con H₃PO₄ liquido al 37% per 60 secondi con un ago endodontico crea in tutte le aree del post-space un substrato migliore per l'adesione nella cementazione dei perni in fibra rispetto a tutte le altre tecniche impiegate in questo studio. La forza di adesione dei perni in fibra alla dentina radicolare, dopo i diversi protocolli di mordenzatura, deve essere valutato in futuri studi *in vitro* e *in vivo*.

Rilevanza clinica: Nell'ambito della detersione e mordenzatura del post-space, l'impiego di acido ortofosforico liquido tramite ago endodontico sembra garantire una migliore rimozione dello smear layer primario e secondario. In questo modo, si riuscirebbe a ottenere un substrato dentinale ideale per l'adesione del perno in fibra e dell'intera ricostruzione post-endodontica, da verificarsi però con ulteriori studi *in vitro*.

Conflitto di interesse

Gli autori dichiarano di non aver nessun conflitto di interessi.

Finanziamenti allo studio

Gli autori dichiarano di non aver ricevuto finanziamenti istituzionali per il presente studio.

Bibliografia

1. Tang W, Wu Y, Smales RJ. Identifying and reducing risks for potential fractures in endodontically treated teeth. *J Endod* 2010;36(4):609–17.
2. Bitter K, Kielbassa AM. Post-endodontic restorations with adhesively luted fiber-reinforced composite post systems: a review. *Am J Dent* 2007;20(6):353–60.
3. Plotino G, Grande NM, Bedini R, Pameijer CH, Somma F. Flexural properties of endodontic posts and human root dentin. *Dent Mater* 2007;23(9):1129–35.
4. Boschian Pest L, Cavalli G, Bertani P, Gagliani M. Adhesive post-endodontic restorations with fiber posts: push-out tests and SEM observations. *Dent Mater* 2002;18(8):596–602.
5. Maccari PC, Conceição EN, Nunes MF. Fracture resistance of endodontically treated teeth restored with three different prefabricated esthetic posts. *J Esthet Restor Dent* 2003;15(1):25–30.
6. Naumann M, Sterzenbach G, Rosentritt M, Beuer F, Frankenberger R. Is adhesive cementation of endodontic posts necessary? *J Endod* 2008;34(8):1006–10.
7. Salameh Z, Sorrentino R, Ounsi HF, Sadig W, Atiyeh F, Ferrari M. The effect of different full-coverage crown systems on fracture resistance and failure pattern of endodontically treated maxillary incisors restored with and without glass fiber posts. *J Endod* 2008;34(7):842–6.
8. Bonfante EA, Pegoraro LF, de Góes MF, Carvalho RM. SEM observation of the bond integrity of fiber-reinforced composite posts cemented into root canals. *Dent Mater* 2008;24(4):483–91.
9. Mannocci F, Vichi A, Ferrari M. Carbon fiber versus cast post: a two years recall study. *J Dent Res* 1998;77:1299.
10. Ferrari M, Mannocci F. A 1-bottle adhesive system for bonding a fiber post into a root canal: a SEM evaluation of the post-resin interface. *Int Endod J* 2000;33:397–400.
11. Morris MD, Lee KW, Agee KA, Bouillaguet S, Pashley DH. Effects of sodium hypochlorite and rc-prep on bond strengths of resin cement to endodontic surfaces. *J Endod* 2001;27:753–7.
12. Gu XH, Mao CY, Liang C, Wang HM, Kern M. Does endodontic post-space irrigation affect smear layer removal and bonding effectiveness? *Eur J Oral Sci* 2009;117(5):597–603.
13. Kurtz JS, Perdiggao J, Geraldini S, Hodges JS, Bowles WR. Bond strengths of tooth-colored posts, effect of sealer, dentin adhesive, and root region. *Am J Dent* 2003;16:31–6.
14. Mallmann A, Jacques LB, Valandro LF, Mathias P, Muench A. Microtensile bond strength of light- and self-cured adhesive systems to intraradicular dentin using a translucent fiber post. *Oper Dent* 2005;30:500–6.
15. Van Meerbeek B, De Munck J, Yoshida Y, Inoue S, Vargas M, Vijay P, et al. Buonocore memorial lecture. Adhesion to enamel and dentin: current status and future challenges. *Oper Dent* 2003;28:215–35.
16. Boone KJ, Murchison DF, Schindler WG, Walker 3rd WA. Post retention: the effect of sequence of post-space preparation, cementation time, and different sealers. *J Endod* 2001;27:768–71.
17. Nakajima M, Kanemura N, Pereira PN, Tagami J, Pashley DH. Comparative microtensile bond strength and SEM analysis of bonding to wet and dry dentin. *Am J Dent* 2000;13(6):324–8.
18. Akgungor G, Akkayan B. Influence of dentin bonding agents and polymerization modes on the bond strength between translucent fiber posts and three dentin regions within a post-space. *J Prosthet Dent* 2006;95(5):368–78.
19. Foxton RM, Nakajima M, Tagami J, Miura H. Bonding of photo and dual-cure adhesives to root canal dentin. *Oper Dent* 2003;28(5):543–51.
20. Giannini M, Carvalho RM, Martins LR, Dias CT, Pashley DH. The influence of tubule density and area of solid dentin on bond strength of two adhesive systems to dentin. *J Adhes Dent* 2001;3(4):315–24.
21. Zhang L, Huang L, Xiong Y, Fang M, Chen J-H, Ferrari M. Effect of post-space treatment on retention of fiber posts in different root regions using two self-etching systems. *Eur J Oral Sci* 2008;116:280–6.
22. Serper A, Calt S. The demineralizing effects of EDTA at different concentrations and pH. *J Endod* 2002;28(7):501–2.
23. da Silva LA, Sanguino AC, Rocha CT, Leonardo MR, Silva RA. Scanning electron microscopic preliminary study of the efficacy of SmearClear and EDTA for smear layer removal after root canal instrumentation in permanent teeth. *J Endod* 2008;34(12):1541–4.
24. Coniglio I, Carvalho CA, Magni E, Cantoro A, Ferrari M. Post-space debridement in oval-shaped canals: the use of a new ultrasonic tip with oval section. *J Endod* 2005;34(6):752–5.
25. Sen BH, Wesselink PR, Türkün M. The smear layer: a phenomenon in root canal therapy. *Int Endod J* 1995;28(3):141–8.
26. 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(5):285–90.
27. Morris MD, Lee KW, Agee KA, Bouillaguet S, Pashley DH. Effects of sodium hypochlorite and RC-prep on bond strengths of resin cement to endodontic surfaces. *J Endod* 2001;27(12):753–7.
28. Erdemir A, Eldeniz AU, Belli S, Pashley DH. Effect of solvents on bonding to root canal dentin. *J Endod* 2004;30(8):589–92.

29. Albashaireh ZS, Ghazal M, Kern M. Effect of dentin conditioning on retention of airborne-particle-abraded, adhesively luted glass fiber-reinforced resin posts. *J Prosthet Dent* 2008;100(5): 367–73.
30. Tay FR, Pashley DH. Aggressiveness of contemporary self-etching systems. I: Depth of penetration beyond dentin smear layers. *Dent Mater* 2001;17(4):296–308.
31. Balbosh A, Ludwig K, Kern M. Comparison of titanium dowel retention using four different luting agents. *J Prosthet Dent* 2005;94(3):227–33.
32. Potesta FL, Broome JC, O'Neal SJ, Givan DA, Ramp LC. The effect of etching technique on the retention of adhesively cemented prefabricated dowels. *J Prosthodont* 2008;17(6): 445–50.