

Efeito dos protocolos de irrigação na resistência de união do cimento endodôntico à base de resina epóxi à dentina.

T.C.M. Nylander, O.F. Pessoa, E.B. Klautau

Resumo

Efeitos dos protocolos de irrigação na resistência de união do cimento endodôntico à base de resina epóxi à dentina.

Objetivo Avaliar os efeitos dos protocolos de irrigação na resistência de união do cimento à base de resina epóxi à dentina, usando quelantes EDTA e EHDP na irrigação final, seguidos ou não de NaOCl.

Metodologia Neste estudo foram utilizados 35 dentes unirradiculares humanos, que foram instrumentados com sistema rotatório Protaper. Todos os canais foram irrigados com hipoclorito de sódio (NaOCl) a 2,5% durante a instrumentação e aleatoriamente divididos em grupos que foram submetidos à diferentes protocolos de irrigação final: água (Grupo 1); ácido etilendiaminotetracético EDTA a 17% (Grupo 2); EDTA a 17% e NaOCl a 2,5% (Grupo 3); hidroxietilideno bi-fosfonado EHDP a 18% (Grupo 4); e EHDP a 18% e NaOCl a 2,5% (Grupo 5). Todos os canais foram obturados com cimento à base de resina epóxi AH Plus. As raízes foram seccionadas e o ensaio *push-out* foi realizado nas fatias dos terços cervical, médio e apical. Os resultados foram analisados usando o teste estatístico ANOVA para os terços cervical e apical, e para o terço médio o teste estatístico foi Kruskal-Wallis, com nível de significância (alfa) de 0.05.

Resultados O teste estatístico ANOVA um critério demonstrou que, tanto no terço cervical como no terço apical, não foram encontradas diferenças estatisticamente significantes entres os grupos tratados com protocolos de irrigação diferentes ($p > 0.05$) sobre os valores de resistência de união obtidos. O teste estatístico Kruskal-Wallis foi utilizado para analisar o terço médio, onde também não foi evidenciada diferença estatística entre os grupos tratados ($p > 0.05$).

Conclusão O cimento testado apresentou união semelhante à dentina, independentemente do protocolo de irrigação final utilizado. A falha predominante observada foi a do tipo coesiva.

Palavras-Chave AH Plus, resistência de união, EHDP, EDTA, Hipoclorito de Sódio.

Introdução

O tratamento endodôntico busca, cada vez mais, melhorar a capacidade de vedação do material obturador e, diante desse aspecto, muito se discute quanto ao selamento proporcionado pelo cimento endodôntico. Até pouco tempo atrás, acreditava-se que cimentos à base de metacrilato, baseados na tecnologia adesiva, poderiam apresentar uma maior resistência de união à dentina. No entanto, cimentos à base de resina epóxi têm demonstrado uma maior eficácia no que diz respeito à resistência de união, quando comparados com cimentos à base de metacrilato (Gesi *et al.* 2005, De-Deus *et al.* 2009, Souza *et al.* 2009). Ao analisar fatores que podem influenciar nessa resistência, estudos avaliaram a influência dos protocolos de irrigação, observando possíveis alterações na união do cimento endodôntico à dentina (De-Deus *et al.* 2008, Assis *et al.* 2011, Neelakantan *et al.* 2011, Neelakantan *et al.* 2012).

Estudos laboratoriais evidenciaram que alguns quelantes, removem a *smear layer*, podendo modificar a estrutura química da dentina, alterando a relação cálcio/fósforo da superfície dentinária (Hennequin *et al.* 1994, Dogan & Calt 2001). Também foi relatado que o agente quelante remove íons cálcio, expondo a matriz orgânica da dentina e esta, ao permanecer em contato com a solução de hipoclorito de sódio durante a irrigação final, pode ser removida, em um processo chamado de desproteinização (Di Renzo *et al.* 2001). Os resultados destes estudos levantaram discussões de que o uso de NaOCl após a utilização do quelante como irrigante final poderia prejudicar a ligação do cimento AH Plus® com a dentina tratada, visto que o NaOCl, por atuar sobre a matéria orgânica, danificaria as fibras colágenas expostas pelo uso do quelante (Mai *et al.* 2010, Zhang *et al.* 2010, Neelakantan *et al.* 2011) e cimentos como AH Plus® teriam sua união comprometida, pois precisariam da rede de fibras colágenas exposta e minimamente preservada para estabelecer uma união mais eficaz do cimento (Nunes *et al.* 2008), visto que a adesividade do AH Plus à dentina radicular estaria relacionada com ligações covalentes entre os anéis epóxis e os grupos aminas expostos na rede de colágenos (Fisher *et al.* 2007).

Como não está muito claro se o NaOCl aplicado após a ação dos quelantes influencia na resistência de união do cimento AH Plus®, o presente estudo foi realizado com o objetivo de observar se diferentes protocolos de irrigação, seguidos ou não de NaOCl, interferem na resistência de união do cimento à dentina, quando utilizado como um irrigante final após a ação, tanto de um quelante mais forte, como o EDTA, quanto de um quelante mais fraco, como o etidronato (HEBP).

A hipótese nula testada foi: os protocolos de irrigação não influenciaram na resistência de união do cimento endodôntico à dentina.

Material e Métodos

Neste estudo foram utilizados caninos unirradiculares humanos (N = 35), com rizogênese completa, extraídos por indicação clínica. Os dentes foram radiografados (D 700; Dabi Atlante, Ribeirão Preto, São Paulo, Brasil) para confirmar a presença de canal único. Detritos e restos de tecido mole sobre as superfícies radiculares foram limpos com curetas tipo Gracey (SSWhite, Duflex, Rio de Janeiro, Brasil), mantidos em timol a 1% (Farmácia A Fórmula, Belém, Brasil) por 72h e depois lavados em

água corrente e armazenados em água destilada a 4° C até o início do estudo. Foi realizada a remoção da coroa na junção amelocementária de todos os dentes, com disco diamantado sob refrigeração, sendo as amostras padronizadas em 15 mm de comprimento.

O comprimento de trabalho para cada dente foi determinado por meio da introdução de um instrumento endodôntico tipo K de número 10 (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Suíça) dentro do canal radicular, até que a ponta da lima fosse visualizada no forame apical, subtraindo-se 0,5 mm da medida obtida. O preparo químico-cirúrgico foi realizado utilizando-se a técnica com instrumentos rotatórios Protaper (Dentsply Maillefer), até o instrumento F5 no terço apical, e irrigados com NaOCl. Posteriormente, foram aplicadas as soluções teste.

Em seguida, os dentes foram divididos aleatoriamente em 5 grupos. No grupo 1 a irrigação final foi realizada com hipoclorito de sódio a 2,5% seguida de 5 ml de água destilada; no grupo 2, com NaOCl a 2,5% (Fórmula & Ação, São Paulo, Brasil) seguido da solução de EDTA a 17% (Fórmula & Ação, São Paulo, Brasil) por 2 minutos; no grupo 3, com NaOCl a 2,5% seguido de EDTA a 17% por 2 minutos e, novamente, o NaOCl a 2,5% por 2 minutos; no grupo 4, com NaOCl a 2,5% seguido do etidronato a 18% (Zschimmer & Schwarz Mohsdorf GmbH & Co KG, Burgstädt, Alemanha) por 5 minutos; e, no grupo 5, com NaOCl a 2,5% seguido de etidronato a 18% por 5 minutos e, novamente, o NaOCl a 2,5% por 2 minutos. A irrigação foi constante em todos os grupos e realizada utilizando uma seringa de plástico descartável de 5 ml (BD Produtos, São Paulo, Brasil), no volume de 5 ml em cada substância, com agulhas de irrigação Endo-Eze Irrigator Tips (Ultradent Products, Inc., South Jordan, Utah, EUA) sendo colocadas passivamente até 2 mm aquém do forame apical. Depois do procedimento de irrigação, os canais foram lavados com 5 ml de água destilada e imediatamente aspirados com cânulas de sucção para remoção do conteúdo líquido, e secados com cones de papel absorvente F5 (Dentsply Maillefer), para posterior obturação com cones de gutta-percha F5 (Dentsply Maillefer) e cimento endodôntico AH Plus® (Dentsply DeTrey, Konstanz, Alemanha) manipulado sobre uma placa de vidro estéril, até obter consistência homogênea. Os canais foram preenchidos com cimento endodôntico com o auxílio de um espiral Lentulo (Dentsply Maillefer) e um único cone de gutta-percha (Dentsply Maillefer) recoberto por cimento e posicionado no comprimento de trabalho. O excesso de cone foi cortado com calcador aquecido e, em seguida, condensado a frio na posição vertical. Todos os dentes permaneceram em 100% de umidade por 48h.

Ensaio de micro push-out

As raízes foram seccionadas em uma máquina de corte (IsoMet®, Buehler, Illinois, EUA) sob constante refrigeração, em 3 fatias de 1 mm (\pm 0,1 mm) por terço, a partir de 2 mm aquém do ápice radicular, desprezando os 2 mm apicais, onde foram identificadas na ordem crescente, de apical para cervical. Para a mensuração dos diâmetros apical, médio e cervical, foi utilizado o *software* Image J (National Institute of Health, Maryland, EUA, <http://rsb.info.nih.gov/ij/>). A superfície cervical de cada corpo-de-prova foi posicionada no suporte acoplado à base da máquina de ensaio universal (Kratos Dinamômetros, Embu, SP, Brasil). Dessa forma, o lado apical ficou voltado para um pino cilíndrico de aço inoxidável fixado à carga de célula. O diâmetro do pino selecionado foi de 0,3 mm, a fim de se evitar que o mesmo tocasse nas paredes dentinárias durante o ensaio. Foi utilizada a velocidade de 0,5 mm/minuto até a extrusão do material obturador, registrada pela queda abrupta no valor da carga

aplicada. O cálculo dos valores foi obtido na média do diâmetro dos lados apicais/cervicais das fatias. O ensaio foi realizado em 9 fatias de cada dente, ou seja, 3 por terço.

Para cada espécime, o valor de resistência de união (RU), expresso em MPa, foi calculado utilizando-se a fórmula: $RU = F (N) / A (mm^2)$, onde F é a força máxima antes do rompimento da interface registrada na máquina de ensaios universal em Newtons e A é a área da interface aderida em milímetros.

Para calcular a área da interface cimento/dentina, foi utilizada a fórmula da área do tronco de cone: $A = \pi(R + r)\sqrt{(R - r)^2 + h^2}$, onde π é uma constante igual a 3,14; R foi o raio maior e r foi o raio menor, que foram obtidos dos diâmetros cervicais e apicais, respectivamente, de cada fatia, fazendo uma média por terço; e h foi a espessura da fatia padronizada em 1 mm.

A variável analisada neste estudo foi a resistência de união (Mpa), sendo utilizado o teste de normalidade Lilliefors para todos os terços radiculares, e em seguida foi utilizado o teste ANOVA um critério para os terços cervical e apical e o teste de Kruskal-Wallis para o terço médio. O nível de significância (alfa) foi de 0,05 para todas as análises estatísticas.

Após o ensaio de micro push-out, as fatias foram examinadas em um microscópio ótico com 10 x de ampliação para avaliar os modos de falhas (adesiva, coesiva e mista), que ocorreu por causa do deslocamento do material obturador da dentina.

Resultados

O teste de normalidade aplicado Lilliefors apresentou normalidade para os terços cervical e apical e anormalidade para o terço médio. O teste estatístico ANOVA um critério demonstrou que, tanto no terço cervical como no terço apical, não foram encontradas diferenças estatisticamente significantes entres os grupos tratados com protocolos de irrigação diferentes ($p > 0.05$) sobre os valores de resistência de união obtidos. O teste estatístico Kruskal-Wallis foi utilizado para analisar o terço médio, onde também não foi evidenciado diferença estatística entre os grupos tratados ($p > 0.05$).

Tabela: Resistência de união (MPa, médias \pm desvios padrões) do cimento AH Plus de acordo com terço radicular e grupo experimental ($n = 7$)

Grupo	Terço Cervical	Terço Médio	Terço Apical
1: 2,5% NaOCl + Água Destilada	0.5 \pm 0.3	0.6 \pm 0.5	1.1 \pm 0.6
2: 2,5% NaOCl + EDTA 17%	0.3 \pm 0.1	0.5 \pm 0.2	0.7 \pm 0.3
3: 2,5% NaOCl + EDTA + 2,5% NaOCl	0.4 \pm 0.2	0.4 \pm 0.2	0.8 \pm 0.3
4: 2,5% NaOCl + HEBP 18%	0.6 \pm 0.2	0.5 \pm 0.2	0.7 \pm 0.4
5: 2,5% NaOCl + HEBP + 2,5% NaOCl	0.5 \pm 0.1	0.4 \pm 0.1	0.8 \pm 0.4

As médias dos valores não foram estatisticamente diferentes ao nível de 5% no mesmo terço radicular (Teste de Kruskal-Wallis e ANOVA um critério)

Na análise microscópica das amostras, foi observado uma prevalência da falha coesiva entre os cinco grupos testados nos terços apical, médio e cervical.

Discussão

O melhor selamento do sistema de canais radiculares é mais um fator que pode

influenciar no sucesso do tratamento endodôntico. A busca em estabelecer um bom vedamento com o material obturador e a compreensão dessas ligações entre cimento endodôntico e dentina têm-se tornado foco de muitos estudos (Fisher *et al.* 2007, Nunes *et al.* 2008, Chandra *et al.* 2012, De-Deus *et al.* 2012). O ensaio de micro *push-out* apresenta-se como um bom método para a análise da resistência de união do cimento e, por isso, vem sendo utilizado em diversas pesquisas (Goracci *et al.* 2004, Ungor *et al.* 2006, De-Deus *et al.* 2009, Pane *et al.* 2013), apesar de apresentar algumas indagações quanto a rigidez do material obturador e a proporção entre o diâmetro do pino usado no ensaio e o diâmetro do canal (Pane *et al.* 2013).

No que diz respeito ao diâmetro do canal, sugere-se que o pino também seja ligeiramente menor que o diâmetro do canal. Um pino com diâmetro de 50% ao diâmetro do canal apresenta resistência de união inferior quando comparados com pinos que representam 70%-90% do diâmetro do mesmo (Pane *et al.* 2013). Na presente pesquisa foi utilizado um pino com 0,2 mm menor que o diâmetro apical do canal. Quanto a rigidez do material obturador, nota-se que a resistência é bem menor quando utilizado cone de gutta-percha em comparação com canais obturados somente com cimento ou com outro material mais rígido (Jainaen *et al.* 2007, Souza *et al.* 2009). Apesar desses aspectos serem colocados sob análise, o ensaio de micro *push-out* continua sendo o teste padrão para análise de resistência de união (Pane *et al.* 2013).

O cimento à base de resina epóxi é considerado um cimento com boas propriedades no que diz respeito à resistência de união quando comparado com cimentos à base de metacrilato. A proposta adesiva do cimento à base de metacrilato esperava superar a resistência de união à dentina, porém não foi isso que ocorreu, pois em vários estudos foi demonstrado que o cimento à base de resina epóxi apresentou superior resistência de união à dentina (Ungor *et al.* 2006, Sly *et al.* 2007, De-Deus *et al.* 2009, Souza *et al.* 2009).

A viscosidade, uma propriedade do cimento resinoso, está relacionada com o grau de conversão de monômeros em polímeros (Lovell *et al.* 1999, Sideridou *et al.* 2002), que é um fator determinante no desenvolvimento de tensões de polimerização (Braga & Ferracane 2002, Stansbury *et al.* 2005).

O alto fator C, relacionado à configuração cavitária e que representa a relação entre as superfícies que serão submetidas à adesão e as superfícies livres não aderidas (Feilzer *et al.* 1987) de materiais obturadores do canal radicular, pode originar tensões altas de polimerização (Goracci *et al.* 2004), que superam a resistência de união à dentina radicular e causam descolamento na interface para alívio do estresse (Tay *et al.* 2005).

Como o tratamento químico do substrato causa impacto sobre ele e interferir na união do cimento (Kandaswamy D *et al.* 2011, Neelakantan *et al.* 2011), o presente estudo avaliou se irrigantes finais causariam alguma interferência na resistência de união do cimento à dentina radicular, e constatou-se que não houve diferença estatística entre os grupos testados. Vários estudos encontraram diferentes resultados neste aspecto (De-Deus *et al.* 2008, Nunes *et al.* 2008, Pinna *et al.* 2009, Neelakantan *et al.* 2011). Porém, o que foi observado é que, independentemente do irrigante final utilizado, a resistência de união é semelhante para todos os grupos estudados, demonstrando que o cimento à base de resina epóxi não parece estar relacionado com o tipo de irrigante final (NaOCl, EDTA, HEBP) e que o uso de quelante forte ou fraco, seguido ou não de NaOCl, não interfere na resistência de união.

Estudos já demonstraram que o quelante EDTA é mais eficaz na remoção da *smear layer* que o quelante HEBP (Zendher *et al.* 2005, De-Deus *et al.* 2008,

Kandaswamy D *et al.* 2011). No entanto, os efeitos erosivos do EDTA também têm sido relatados em outros estudos (Çalt & Serper 2002, Yoshioka *et al.* 2002, Qian *et al.* 2011), assim como o desvio da trajetória do canal observado com o uso concomitante do EDTA com os instrumentos durante o preparo (Bramante & Betti 2000). Na perspectiva do uso de um quelante menos agressivo à dentina como o etidronato, tem-se estudado a sua eficiência na desobliteração dos túbulos dentinários, além da sua capacidade de não interferir nas propriedades do NaOCl (Girard *et al.* 2005, Zehnder *et al.* 2005, Zehnder 2006), ao contrário do que ocorre com a mistura de EDTA com NaOCl, que resulta na queda do valor do pH e consequentemente na queda de cloro livre na solução, prejudicando sua ação antimicrobiana (Zehnder *et al.* 2005, Rossi-Fedele *et al.* 2012).

Os resultados do presente estudo apontam que tanto o quelante mais fraco, representado pelo HEBP, quanto o mais forte, representado pelo EDTA, não apresentaram interferência no aumento da resistência de união, possibilitando o uso do HEBP na limpeza do sistema de canais radiculares, visto que promove menos agressão ao substrato, no que diz respeito à microdureza, erosão, permeabilidade e solubilidade dentinárias (Çalt & Serper 2002, Yoshioka *et al.* 2002, De-Deus *et al.* 2008, Qian *et al.* 2011, Dineshkumar *et al.* 2012). Assim, é importante avaliar se a utilização de um quelante mais forte, de grande capacidade de desmineralização, auxilia a propriedade de união, visto que o cimento resinoso não preencherá toda a superfície desmineralizada, levando a uma ligação fraca e degradação acelerada entre o cimento e a dentina (Garcia-Godoy *et al.* 2005), além da interferência deste quelante no substrato dentinário.

Além disso, a penetrabilidade do cimento à base de resina pode estar relacionada às suas propriedades físicas, tais como escoamento, tensão superficial, solubilidade, viscosidade, composição química, tempo de trabalho e polimerização (Ferrari *et al.* 2000).

Esta penetração no túbulo dentinário tem sido sugerida para aumentar a capacidade de união (White *et al.* 1984, Çalt & Serper 1999, Kokkas *et al.* 2004). A penetração dos cimentos nos túbulos dentinários poderia melhorar a vedação de obturação, aumentando a área de superfície de contato entre os materiais obturadores e as paredes dentinárias (Çalt & Serper 1999, Kokkas *et al.* 2004, Lohbauer *et al.* 2008). O uso de substâncias para a remoção da *smear layer* facilita a penetração dos cimentos, e consequentemente acreditava-se numa maior resistência de união à dentina (Kokkas *et al.* 2004). No entanto, De-Deus *et al.* (2012) constataram que não existe correlação entre a penetrabilidade do cimento e a resistência de união à dentina, o que antes era considerado de grande relevância. Tao & Pashley (1988) afirmaram que a maior retenção é fornecida por interações micromecânicas do agente de ligação com a matriz de colágeno e a zona mineralizada subjacente na dentina intertubular, e que o aumento da resistência de união não está correlacionada à formação de *tags* nos túbulos dentinários, sendo que a força de ligação calculada resultou em 85% proveniente da camada híbrida e apenas 15% a partir de *tags* de resina.

Os valores de resistência de união obtidos neste estudo, que utilizou cone de gutta- percha e cimento AH Plus® na obturação dos canais, são menores do que valores obtidos em outros estudos (Jainaen *et al.* 2007, Neelakantan *et al.* 2011), que utilizaram somente o cimento endodôntico como material obturador, pois a metodologia que utiliza cone e cimento apresenta duas interfaces de ligação, dentina/cimento e cimento/cone, rompendo-se a mais fraca. Nessas situações é mais fácil especular que a resistência de união do cimento à dentina seja superior a resistência de união do cimento ao cone obturador. Para se aproximar das condições

clínicas, a metodologia utilizada no presente estudo foi realizar a obturação do sistema de canais radiculares com cone e cimento endodôntico.

Mesmo não demonstrando desempenho superior quanto a resistência de união do material obturador à dentina radicular, pesquisas neste aspecto devem continuar, pois a busca em obter um vedamento impermeável do sistema de canais radiculares associado a utilização de substâncias químicas que promovam a limpeza necessária, sem grandes alterações morfológicas e estruturais, são o caminho para estabelecer excelência na etapa de obturação.

Conclusão

O cimento testado apresentou união semelhante à dentina, independentemente do protocolo de irrigação final utilizado, se quelantes fracos ou fortes, seguidos ou não de irrigação com hipoclorito de sódio.

Referências

- Assis DF, Prado M, Simão RA (2011) Evaluation of the Interaction between Endodontic Sealers and Dentin Treated with Different Irrigant Solutions. *Journal of Endodontics* **37**, 1-3.
- Braga RR, Ferracane JL (2002) Contraction stress related to degree of conversion and reaction kinetics. *Journal of Dental Research* **81**, 114-8.
- Bramante CM, Betti LV (2000) Comparative analysis of curved root canal preparation using nickel-titanium instruments with or without EDTA. *Journal of Endodontics* **26**, 278-80.
- Chandra SS, Shankar P, Indira R (2012) Depth of penetration of four resin sealers into radicular dentinal tubules: a confocal microscopic study. *Journal of Endodontics* **38**, 1412-16.
- Çalt S, Serper A (1999) Dentinal tubule penetration of root canal sealers after root canal dressing with calcium hydroxide. *Journal of Endodontics* **25**, 431-3.
- Çalt S, Serper A (2002) Time-dependent effects of EDTA on dentin structures. *Journal of Endodontics* **28**, 17-9.
- De-Deus G, Namen F, Galan JJ, Zehnder M (2008) Soft chelating irrigation protocol optimizes bonding quality of Resilon/ Epiphany root fillings. *Journal of Endodontics* **34**, 703-5.
- De-Deus G, Zehnder M, Reis C *et al.* (2008) Longitudinal Co-site optical microscopy study on the chelating ability of etidronate and EDTA using a comparative single-tooth model. *Journal of Endodontics* **34**, 71-5.
- De-Deus G, Di Giorgi K, Fidel S, Fidel RA, Paciornik S (2009) Push-out bond strength of Resilon/Epiphany and Resilon/ Epiphany self-etch to root dentin. *Journal of Endodontics* **35**, 1048-50.
- De-Deus G, Brandão MC, Leal F *et al.* (2012) Lack of correlation between sealer penetration into dentinal tubules and sealability in nonbonded root fillings. *International Endodontic Journal* **45**, 642-51.
- Dineshkumar MK, Vinothkumar TS, Arathi G, Shanthisree P, Kandaswamy D (2012) Effect of ethylene diamine tetra-acetic acid, MTAD™ and HEBP as a final rinse on the microhardness of root dentin. *Journal Conservative Dental* **15**, 170-73.

- Di Renzo M, Ellis TH, Sacher E, Stangel I (2001) A photoacoustic FTIRS study of the chemical modifications of human dentin surfaces: II. Deproteination. *Biomaterials* **22**, 793-7.
- Doğan H, Calt S (2001) Effects of chelating agents and sodium hypochlorite on mineral content of root dentin. *Journal of Endodontics* **27**, 578-80.
- Felizer AJ, de Gee AJ, Davidson CL (1987) Setting stress in composite resin in relation to configuration of the restoration. *Journal Dental of Research* **66**, 1636-39.
- Ferrari M, Mannocci F, Vichi A, Cagidiaco M, Mjor I (2000) Bonding to root canal: structural characteristics of the substrate. *American Journal of Dentistry* **13**, 255–60.
- Fisher MA, Berzins DW, Bahcall JK (2007) An in vitro comparison of bond strength of various obturation materials to root canal dentin using a push out test design. *Journal of Endodontics* **33**, 856-8.
- Gesi A, Raffaelli O, Goracci C, Pashley DH, Tay FR, Ferrari M (2005) Interfacial strength of Resilon and gutta-percha to intraradicular dentin. *Journal of Endodontics* **31**, 809–13.
- Girard S, Paqué F, Badertscher M, Sener B, Zehnder M (2005) Assessment of a gel-type chelating preparation containing 1-hydroxyethylidene-1, 1-bisphosphonate. *International Endodontic Journal* **38**, 810-16.
- Goracci C, Tavares AU, Fabianelli A et al. (2004) The adhesion between fiber posts and root canal walls: comparison between microtensile and push-out bond strength measurements. *European Journal of Oral Sciences* **112**, 353–61
- Hennequin M, Pajot J, Avignant D (1994) Effects of different pH values of citric acid solutions on the calcium and phosphorus contents of human root dentin. *Journal of Endodontics* **20**, 551-4.
- Jainaen A, Palamara JEA, Messer HH (2007) Pus-out bond strengths of the dentine-sealer interface with and without a main core. *International Endodontic Journal* **40**, 882-90.
- Kandaswamy D, Venkateshbabu N, Arathi G, Roohi R, Anand S (2011) Effects of various final irrigants on the shear bond strength of resin-based sealer to dentin. *Journal Conservative Dental* **14**, 40-2.
- Kokkas AB, Boutsoukis AC, Vassiliadis LP, Stavrianos CK (2004) Influence of the smear layer on dentinal tubule penetration depth by three different root canal sealers: an in vitro study. *Journal of Endodontics* **30**, 100-2.
- Lohbauer U, Nikolaenko SA, Petschelt A, Frankenberger R (2008) Resin tags do not contribute to dentin adhesion in self-etching adhesives. *Journal of Adhesive Dentistry* **10**, 97–103.
- Lovell LG, Stansbury JW, Syrpes DC, Bowman CN (1999) Effects of composition and reactivity on the reaction kinetics on dimethacrylate copolymerizations. *Macromolecules* **32**, 3913–21.
- Mai S, Kim YK, Arola DD, Gu L, Kim JR, Pashley DH, et al (2010) Differential aggressiveness of ethylenediamine tetraacetic acid in causing canal wall erosion in the presence of sodium hypochlorite. *Journal of Dentistry* **38**, 201-06.
- Neelakantan P, Subbarao CV, De-Deus G, Zendher M (2011) The impact of root dentine

conditioning on sealing ability and push-out bond strength of an epoxy resin root canal sealer. *International Endodontic Journal* **44**, 491-98.

Neelakantan P, Varughese AA, Sharma S *et al.* (2012) Continuous chelation irrigation improves the adhesion of epoxy resin-based root canal sealer to root dentine. *International Endodontic Journal* **45**, 1-6.

Nunes VH, Silva RG, Alfredo E, Souza-Neto MD, Silva-Sousa YT (2008) Adhesion of Epiphany and AH Plus sealers to human root dentin treated with different solutions. *Brazilian Dental Journal*. **19**, 46-50.

Pane ES, Palamara JEA, Messer HH (2013) Critical Evaluation of the Push-out Test for Root Canal Filling Materials. *Journal of Endodontics* **39**, 669-73.

Pinna L, Loushine RJ, Bishop FDJ *et al.* (2009) Hybrid Root SEAL (MetaSEAL) creates hybrid layers in radicular dentin only when EDTA is used as the final rinse. *American Journal of Dentistry* **22**, 299-303.

Qian W, Shen Y, Haapasalo M (2011) Quantitative Analysis of the effect of irrigant solution sequences on dentin erosion. *Journal of Endodontics* **37**, 1437-41.

Rossi-Fedele G, Doğramaci EJ, Guastalli AR, Steier L, Figueiredo JAP (2012) Antagonistic Interactions between Sodium Hypochlorite, Chlorhexidine, EDTA and Citric Acid. *Journal of Endodontics* **38**, 426-31.

Sideridou I, Tserki V, Papanastasiou G (2002) Effect of chemical structure on degree of conversion in light-cured dimethacrylate-based dental resins. *Biomaterials* **23**, 1819-29.

Sly MM, Moore BK, Platt JA, Brown CE (2007) Push-Out Bond Strength of a New Endodontic Obturation System (Resilon/Epiphany). *Journal of Endodontics* **33**, 160-2.

Souza SFC, Bombana AC, Francci C, Gonçalves F, Castellan C, Braga RR (2009) Polymerization stress, flow and dentine bond strength of two resin-based root canal sealers. *International Endodontic Journal* **42**, 867-73.

Stansbury JW, Trujillo-Lemon M, Lu H, Ding X, Lin Y, Ge J (2005) Conversion-dependent shrinkage stress and strain in dental resins and composites. *Dental Materials* **21**, 56-67.

Tao L, Pashley DH (1988) Shear bond strengths to dentin: effects of surface treatments, depth and position. *Dental Materials* **4**, 371-8.

Tay FR, Loushine RJ, Lambrechts P, Weller RN, Pashley DH (2005) Geometric factors affecting dentin bonding in root canals: a theoretical modeling approach. *Journal of Endodontics* **31**, 584-9.

Ungor M, Onay EO, Orucoglu H (2006) Push-out bond strengths: the Epiphany-Resilon endodontic obturation system compared with different pairings of Epiphany, Resilon, AH Plus and gutta-percha. *International Endodontic Journal* **39**, 643-47.

White RR, Goldman M, Lin PS (1984) The influence of the smeared layer upon dentinal tubule penetration by plastic filling materials. *Journal of Endodontics* **10**, 558-62.

Yoshioka WN, Kobayashi C, Suda H (2002). A scanning electron microscopic study of dentinal erosion by final irrigation with EDTA and NaOCl solutions. *International*

Endodontic Journal **35**, 934-9.

Zhang K, Kim YK, Cadenaro M *et al* (2010) Effects of different exposure times and concentrations of sodium hypochlorite/ethylenediaminetetracetic acid on the structural integrity of mineralized dentin. *Journal of Endodontics* **36**, 105-9.

Zehnder M, Schmidlin P, Sener B, Waltimo T (2005). Chelation in root canal therapy reconsidered. *Journal of Endodontics* **31**, 817-20.

Zehnder M (2006). Root canal irrigant. *Journal of Endodontics* **32**, 389-98.