

**U. PORTO**



**FACULDADE DE  
MEDICINA DENTÁRIA  
UNIVERSIDADE DO PORTO**

**MESTRADO INTEGRADO EM MEDICINA DENTÁRIA**

**Monografia de Investigação**

**INFLUÊNCIA DO TRATAMENTO DOS CANAIS  
RADICULARES COM LASER DE Er,Cr:YSGG NA  
RESISTÊNCIA DE EXTRUSÃO DE ESPIGÕES DE  
FIBRA DE VIDRO**

---

**Ana Isabel Ribeiro Araújo**

**PORTO, JUNHO DE 2013**

**U. PORTO**



FACULDADE DE  
MEDICINA DENTÁRIA  
UNIVERSIDADE DO PORTO

MESTRADO INTEGRADO EM MEDICINA DENTÁRIA

Monografia de Investigação

**INFLUÊNCIA DO TRATAMENTO DOS CANAIS  
RADICULARES COM LASER DE Er,Cr:YSGG NA  
RESISTÊNCIA DE EXTRUSÃO DE ESPIGÕES DE FIBRA DE  
VIDRO**

**Ana Isabel Ribeiro Araújo**

Aluna do 5º ano do Mestrado Integrado em Medicina Dentária da Universidade do Porto

Orientador

**Professora Doutora Maria Teresa Pinheiro de Oliveira Rodrigues de Carvalho**

Co-orientador

**Mestre Miguel Rui Antunes Rodrigues Martins**

PORTO, JUNHO DE 2013

## **AGRADECIMENTOS**

À Professora Doutora Teresa Oliveira, minha orientadora, pelo apoio, conselhos, disponibilidade, carinho e ensinamentos que sempre me transmitiu...mas, sobretudo, pelo incentivo e força que sempre me deu através da sua alegria e forma de encarar a vida.

Ao Mestre Miguel Martins, meu co-orientador, pelo apoio, conselhos, conhecimentos e rigor científico transmitidos desde o primeiro dia.

Ao Prof. Doutor Álvaro de Azevedo, pelo apoio e colaboração prestados.

À Professora Doutora Sofia Oliveira pela simpatia, disponibilidade e imenso apoio prestado.

Aos meus pais e irmãos, pelo apoio, amor, carinho e tolerância que sempre me deram em todos os projetos da minha vida.

Ao meu namorado, Joel, pelo incansável incentivo, pela tolerância e imensurável paciência que teve nas horas de maior aflição... e, sobretudo, pelo amor que sempre me deu em todos os momentos.

## ÍNDICE DE ABREVIATURAS

NaOCl – Hipoclorito de Sódio

H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> – Peróxido de Hidrogénio

EDTA - Ácido Etilenodiamino Tetra-acético

Er,Cr:YSGG - Érbio, Crómio: Ítrio, Escândio, Gálio e Granada

G1 – Grupo 1

G2 – Grupo 2

## ÍNDICE

RESUMO .....	V
ABSTRACT .....	VI
1. INTRODUÇÃO .....	2
2. MATERIAL E MÉTODOS .....	5
3. RESULTADOS .....	12
4. DISCUSSÃO .....	15
5. CONCLUSÃO .....	17
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	18

## RESUMO

**Introdução:** Através de estudos clínicos, tem sido demonstrado que, em dentes restaurados com o auxílio de espigões de fibra de vidro, as principais falhas ocorrem na adesão à estrutura dentinária, que é comprometida frequentemente pela presença de *smear layer* na superfície radicular. A irrigação química é, deste modo, recomendada para dissolver os detritos após a preparação do canal radicular. No entanto, alguns autores afirmam que nenhuma solução irrigadora tem a capacidade de remover totalmente a *smear layer*. A introdução do laser de Er,Cr:YSGG na medicina dentária como coadjuvante na limpeza dos canais radiculares, tem vindo a abrir novos horizontes nesta área.

**Material e Métodos:** Quarenta incisivos humanos (N=40) foram descoronados e sujeitos a tratamento endodôntico. A amostra foi dividida em dois grupos: Grupo 1 (G1, n=20), cujo espaço para a colocação do espigão foi tratado com solução de hipoclorito de sódio (5,25%) e, no Grupo 2 (G2, n=20), o espaço para a colocação do espigão foi tratado com laser de Er,Cr:YSGG. Os espécimes de cada grupo foram, de seguida, seccionados em três discos de 1mm cada e sujeitos a testes *push-out*, com uma máquina de teste universal. A análise estatística foi feita com significância de  $p=0,05$ , através de testes *t-student* e ANOVA de medidas repetidas.

**Resultados:** A resistência adesiva nas regiões cervical, média e apical (MPa) foi mais elevada no grupo 2 do que no grupo 1, embora estas diferenças não tenham sido estatisticamente significativas ( $p > 0,05$ ). Comparando isoladamente as três regiões do grupo 1 verificou-se que a região apical é significativamente mais resistente à extrusão do que a região cervical ( $p < 0,05$ ). No grupo 2 verificou-se que a região apical registou, igualmente, valores de resistência superiores à região cervical ( $p < 0,1$ ).

**Conclusão:** O laser de Er,Cr:YSGG demonstrou ter um efeito positivo nos valores de resistência dos espigões de fibra de vidro à estrutura radicular, o que poderá ser determinante na estabilidade das restaurações a longo prazo.

**Palavras-chave:** Fiber posts, Post retention, Push-out tests, Adhesion, Er,Cr:YSGG laser, Smear Layer

## ABSTRACT

**Introduction:** With the aid of many clinical studies, it has been established that, in teeth restored with glass fiber posts, the major flaws occur in the adhesion to the tooth structure, which is often compromised by the presence of smear layer in the root surface. The chemical irrigation is, thus, recommended to dissolve debris after root canal instrumentation. However, some authors claim that no irrigants have the ability to remove completely the smear layer. The introduction of Er,Cr:YSGG laser in dentistry is shown to promote cleaner root canal surfaces, which has been opening new horizons in this area.

**Materials and Methods:** Forty human incisors (n=40) were sectioned transversally 1mm below the cementum enamel junction and endodontically treated. The samples were divided into two groups: Group 1 (G1, n=20), which fiber post space were treated with a solution of sodium hypochlorite (5,25%), and Group 2 (G2, n=20) which fiber post space were treated with Er,Cr:YSGG laser. The specimens of each group were, sectioned into 1mm slices at a distance of 1,5mm of each other. The push-out test was performed with a universal machine test. The statistical analysis was performed with a significance of  $p=0,05$ , using a t-student test and ANOVA repeated measures.

**Results:** The bond strength in the cervical, medium and apical (MPa) was higher in group 2. Comparing singly the three regions of group 1, it was verified that the values of bond strength in the apical region was significantly higher than the cervical and medium regions ( $p<0,0025$ ). In the three regions of group 2 there were not found statistically significant differences ( $p >0,05$ ).

**Conclusion:** The Er,Cr:YSGG laser showed a positive effect in the push-out bond strength values of glass fiber posts to the radicular structure, which could be determinant in the long-term stability of restorations.

Key words: Fiber posts, Post retention, Push-out tests, Adhesion, Er,Cr:YSGG laser, Smear Layer

## 1. INTRODUÇÃO

A restauração de dentes que apresentam uma perda de estrutura dentária significativa, associada a um tratamento endodôntico, é cada vez mais frequente na prática clínica e apesar de ser um tema bastante estudado, apresenta ainda algumas perspectivas controversas.

As fraturas são mais comuns em dentes sem polpa do que em dentes vitais [1]. Alguns estudos têm proposto que a dentina dos dentes com tratamento endodôntico é mais frágil que a dos dentes vitais [2-4]. Num estudo *in vitro* com dentes homólogos, Sedgley e Messer[5] mostraram que a dentina de dentes vitais é mais dura que a dentina dos seus contralaterais com tratamento endodôntico, mas não demonstraram alterações biomecânicas significativas que possam realçar a fragilidade dos dentes com tratamento endodôntico. Se no passado os dentes com tratamento endodôntico eram considerados mais frágeis devido às alterações estruturais da dentina, tais como, a desidratação e a quebra das ligações de colagénio [6], atualmente, tem se demonstrado que a perda de estrutura dentária associada à preparação do acesso endodôntico aumenta a deflexão das cúspides durante a sua função. Esta situação está relacionada com a elevada ocorrência de fraturas. Além disso, a microinfiltração coronal e a contaminação bacteriana que pode ocorrer quando os dentes não são imediatamente restaurados, provoca falhas no tratamento endodôntico e por vezes necessidade de retratamento. Deste modo, a quantidade de tecido dentário remanescente parece ter maior influência na estabilidade e na ocorrência de fraturas radiculares [7].

Os dentes com perda de estrutura dentária significativa exigem restaurações extensas ou restauração completa da coroa. Se a estrutura dentária remanescente não for suficiente para reter o material restaurador, preconiza-se a utilização de um espigão radicular para aumentar a sua retenção [8]. Assim, o principal objetivo de um espigão é reter a coroa ou o material restaurador num dente com grande perda de estrutura coronária [9, 10].

Contudo, a preparação do espaço para o espigão acrescenta algum risco ao procedimento restaurador devido a possíveis erros iatrogénicos, tais como perfuração da região apical ou das paredes laterais da raiz, também conhecidos como *strip perforation*. A colocação do espigão aumenta, deste modo, o risco de fratura radicular e conseqüente fracasso do tratamento.

No caso da opção restauradora recair sobre a utilização de um espigão radicular, será necessário escolher o tipo de espigão mais adequado. Nos últimos 10 anos, diversos estudos clínicos têm preconizado a escolha de espigões pré-fabricados, por estes oferecem melhor prognóstico que os espigões fundidos, em dentes com tratamento endodôntico [11].

O material usado para o espigão deve ter propriedades físicas semelhantes à dentina, deve aderir à estrutura dentária e deve ser biocompatível com as estruturas dentárias. Além disso, deve ser capaz de absorver grande parte ou a totalidade das forças, transmitindo apenas uma força residual à estrutura dentária remanescente [12]. A estrutura dentária remanescente e as exigências funcionais são, portanto, fatores determinantes para a escolha do espigão mais adequado [13].

Tradicionalmente, os espigões eram feitos de matrizes metálicas e eram descritos como sendo particularmente rígidos, adicionando dureza à raiz. Atualmente estes parecem estar frequentemente associados às fraturas radiculares [14]. A ocorrência de fraturas radiculares aliada à falta de estética conduziu à procura de espigões compostos por um material capaz de colmatar tais desvantagens.

Os espigões de fibra de vidro, são constituídos por fibras unidirecionais envolvidas por uma matriz de resina, são mais flexíveis que os espigões metálicos e têm um módulo de elasticidade semelhante ao da dentina, o que permite uma distribuição uniforme das forças através da raiz, diminuindo assim a probabilidade de ocorrência de fraturas radiculares [15], e por isso, têm sido bastante requisitados na restauração de dentes anteriores.

Durante a preparação do canal forma-se uma camada de *smear layer* [16], composta por partículas orgânicas e inorgânicas da dentina, remanescentes do tecido pulpar, microrganismos, endotoxinas e células sanguíneas [17], que inibe a penetração das soluções irrigadoras no interior dos túbulos dentinários, o que aumenta a microinfiltração [18]. Vários estudos têm demonstrado que a remoção completa da *smear-layer* pode influenciar a polimerização dos cimentos de resina, que é um dos passos importantes na adesão do espigão ao cimento e à dentina [19, 20].

Vários estudos *in vitro* têm demonstrado, no entanto, que as principais falhas de adesão dos espigões de fibra de vidro ocorrem na interface cimento-dentina[21-23]. Quando a restauração de dentes com tratamento endodôntico é feita com espigões de fibra de vidro, o mecanismo de adesão do sistema adesivo às paredes do canal radicular é essencialmente de natureza micromecânica, baseado na hibridização da superfície desmineralizada e nos *tags* de resina [24]. Assim, para se conseguir uma camada híbrida preconiza-se a remoção da *smear-layer* presente nas paredes do canal e na porção inicial dos túbulos dentinários para aumentar a retenção do cimento usado [25].

A irrigação química é recomendada em combinação com instrumentação mecânica a fim de dissolver detritos orgânicos, inorgânicos e a própria *smear-layer* [26, 27]. A irrigação química com NaOCl, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, EDTA, clorexidina, ácido cítrico, ácido ortofosfórico (H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>), e suas

combinações são, deste modo, usadas para aumentar a retenção micromecânica dos cimentos, facilitando a sua penetração nos túbulos dentinários [16, 19, 28-30].

No entanto, estas soluções irrigadoras são incapazes de remover eficazmente a *smear-layer* [31, 32] e, segundo Fedorowicz *et al.*, existe insuficiente evidência científica para provar a superioridade de alguma solução de irrigação[33].

Em 1960, Theodore Maiman [34] desenvolveu o primeiro dispositivo de laser, que emitia um feixe profundo de luz vermelha de um cristal de ruby. Nos anos seguintes e até hoje, vários investigadores estudam as possíveis aplicações laser na medicina dentária. O laser de Er,Cr:YSGG é um sistema de laser com um comprimento de onda de 2,78  $\mu\text{m}$  que tem sido considerado útil na ablação de tecidos duros (p.e. esmalte, dentina, cimento e osso) e na remoção da *smear layer* e detritos [35, 36].

A utilização do laser de Er,Cr:YSGG ( $\lambda=2780\text{nm}$ ) tem sido reportado cientificamente como co-adjuvante na preparação biomecânica tradicional e diversos estudos têm apontado a utilização deste comprimento de onda na limpeza e desinfeção dos canais radiculares [37].

Devido às suas características de absorção predominante na água, bem como nos grupos  $\text{OH}^-$  da hidroxiapatite, o laser de Er,Cr:YSGG tem sido especialmente estudado quanto à capacidade em remover a *smear layer* através de fenómenos de cavitação [38] e alterar a morfologia dentinária [37], o que resulta numa melhor adaptação dos materiais de preenchimento às paredes do canal radicular [39, 40], que possivelmente contribuirá para uma maior retenção dos espigões às paredes do canal radicular.

Durante a irradiação da luz laser, parte do feixe propaga-se também para além do ápice radicular e, no sentido de minimizar este efeito foram, recentemente desenvolvidas pontas de irradiação radial (*RFT- radial firing tips*), que permitem uma distribuição mais homogénea da radiação ao longo das paredes do canal [41].

O método mais utilizado com o fim de determinar a eficácia da adesão entre os espigões e a estrutura radicular são os testes *push-out* [42].

Nesse sentido, pretende-se com este estudo avaliar o efeito do tratamentos da superfície do canal radicular coadjuvado pelo laser de Er,Cr:YSGG, na força de extrusão dos espigões de fibra de vidro.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

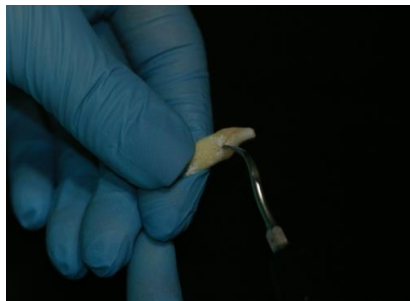
Este estudo foi aprovado pela comissão de ética da Faculdade de Medicina Dentária da Universidade do Porto.

Para a realização deste estudo foram usados quarenta incisivos superiores humanos extraídos por motivos periodontais e/ou protéticos. Os espécimes foram armazenados em água destilada, durante um período inferior a 6 meses após a sua extração. Os critérios de seleção incluíam existência de um canal radicular permeável, reto ou com ligeira curvatura ( $<10-15^\circ$ ), com ápice formado, ausência de cáries ou fraturas radiculares, ausência de tratamento endodôntico prévio, espigões ou coroas.

Previamente à realização do tratamento endodôntico, todos os dentes foram radiografados no sentido vestibulo-palatino e mesio-distal, a fim avaliar a integridade e morfologia da raiz; Todas as raízes foram minuciosamente inspecionadas e todos os resíduos superficiais foram removidos com recurso a um aparelho de ultrassons (GC1-KAVO®). De seguida, a coroa de cada dente foi removida 1mm acima da junção esmalte-cimento com um disco diamantado (Gebr, Brasseler, GmbH&Co - Komet®).



**Fig 1.** Aspetto inicial de alguns dos espécimes



**Fig 2.** Remoção dos resíduos superficiais



**Fig 3.** Remoção das coroas



**Fig 4.** Aspetto de alguns dos espécimes após remoção das coroas

### Tratamento endodôntico:

O acesso endodôntico foi feito com o auxílio de uma broca peso, sob refrigeração. A fim de obter o comprimento de trabalho, inseriu-se uma lima tipo K-flexofile ISO #10 até ser visível através do forâmen apical ao qual se subtraiu 1mm.

As raízes foram então instrumentadas com recurso a instrumentação recíproca com limas *Wave One primary* #25.08, de 25mm (Dentsply-Maillefer®, Switzerland) irrigando com 3ml de NaOCl (3%) entre cada penetração da lima, com seringa de irrigação lateral (Monojet 30G). Foi usada uma lima para cada duas raízes.

Os canais foram secos com cones de papel calibrados (Dentsply-Maillefer®, Switzerland) e obturados com cones de *gutta percha primary* (Dentsply Maillefer®, Switzerland) e cimento de óxido de zinco e eugenol. Foi utilizada a técnica do cone único e compactação vertical.



**Fig 5.** Limas *Wave One Primary primary* (Dentsply Maillefer®, Switzerland) e cones de *gutta percha primary* (Dentsply Maillefer®, Switzerland)

### Preparação do espaço para o espigão:

Após uma semana, procedeu-se á preparação do espaço para a colocação do espigão de fibra de vidro. Usou-se uma broca de desobturação do kit de espigões (Rebilda Post-Voco®) para remover a *gutta percha* coronal, deixando 4mm de selamento apical. O espaço para o espigão foi, de seguida, preparado com uma broca de calibração do kit de espigões a baixa rotação.

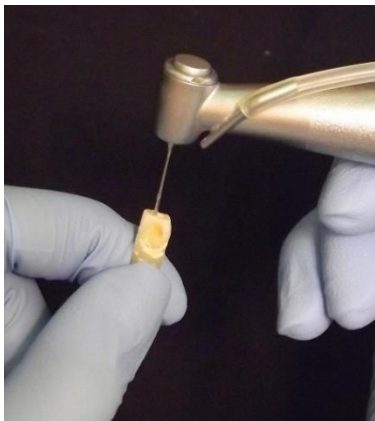
Todos os espécimes foram preparados pelo mesmo operador seguindo o protocolo recomendado pelo fabricante.

A amostra foi dividida em dois grupos:

- Grupo 1 (n=20), o espaço para a colocação do espigão foi tratado com solução de NaOCl a 5,25%, com uma seringa de irrigação lateral (Monojet, 30G) em movimentos verticais de apical para coronal;

- Grupo 2 (n=20), o espaço para a colocação do espigão foi tratado com laser de Er,Cr:YSGG (Waterlase MD, Biolase, CA), com pontas de dispersão radial RFT3 (Endolase tip, Biolase) de diâmetro 320 $\mu$ m e comprimento onda 17mm, com 1,25W, 50Hz, 140 $\mu$ s, 24% de água e 34% de ar, num movimento vertical de apical (*gutta percha* – 1mm) para coronal a aproximadamente 2mm.s<sup>-1</sup>. O protocolo foi repetido duas vezes em cada espécime e cada ponta foi utilizada para duas raízes.

No final do tratamento do espaço para a colocação do espigão, todos os canais radiculares foram secos com cones de papel (Dentsply-Maillefer®, Switzerland)



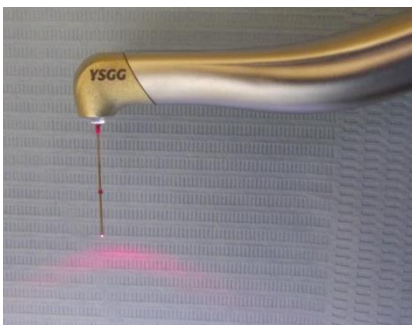
**Fig 6.** Calibração do espaço para o espigão



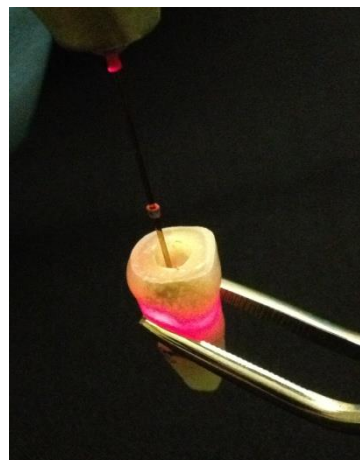
**Fig 7.** Irrigação do espaço para o espigão com NaOCl (5,25%)



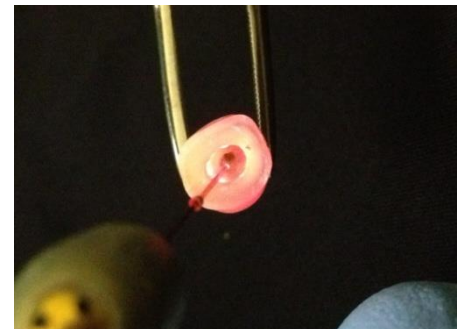
**Fig 8.** Aparelho de laser Waterlase MD, Biolase, CA



**Fig 9.** Ponta de dispersão radial RFT3 (Endolase tip, Biolase)



**Fig 10.** Irradiação do espaço para o espigão (vista do feixe de luz com dispersão radial ao longo do canal radicular)



**Fig 11.** Irradiação do espaço para o espigão (vista oclusal)

### Cimentação dos espigões:

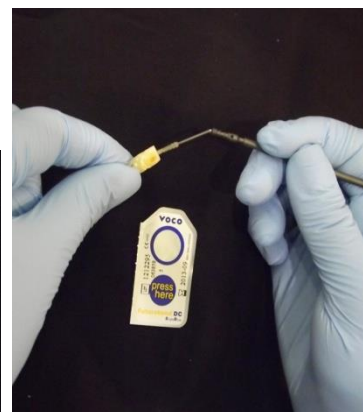
Neste estudo foi usado o sistema de espigões de fibra de vidro (Rebilda Post-Voco®) de diâmetro 1mm. Os espigões foram marcados de acordo com o comprimento do espaço para o espigão, de modo a ficar 3mm de espigão fora da raiz e foram cortados transversalmente com um disco diamantado. De seguida limpou-se a superfície dos espigões com álcool etílico e secou-se com jato de ar. Os espigões foram cimentados de acordo com as instruções do fabricante: aplicou-se o sistema adesivo com *micro-brushes* durante 20 segundos, aplicou-se o cimento resinoso (Rebilda DC-Voco®) de apical para coronal e, por fim, colocou-se o espigão de fibra de vidro. A polimerização foi feita com um aparelho de luz de intensidade 1,200 mW/cm<sup>2</sup> (Blue phase-Ivoclar®) durante 40 segundos e os 3mm de espigão visíveis serviram de guia para padronizar a distância da ponta de luz durante a polimerização.



**Fig 12.** Sistema de espigões de fibra de vidro usado (Rebilda Post – Voco®)



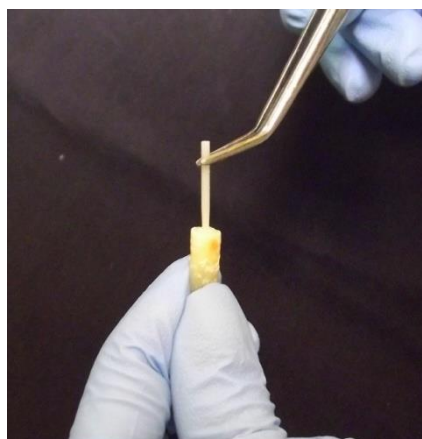
**Fig 13.** Cimento resinoso usado (Rebilda DC - Voco®) e adesivo usado (Futurabond – Voco®)



**Fig 14.** Aplicação do sistema adesivo (Futurabond – Voco®)



**Fig 15.** Aplicação do cimento no interior do canal radicular (Rebilda DC – Voco®)



**Fig 16.** Cimentação do espigão de fibra de vidro (Rebilda Post – Voco®)



**Fig 17.** Fotopolimerização (Blue phase-Ivoclar®)



**Fig 18.** Espécime após cimentação do espigão de fibra de vidro

### Testes *Push-out*:

Uma semana após a cimentação dos espigões de fibra de vidro, todos os espécimes foram incluídos em acrílico autopolimerizável (Vertex®, dental B.V.-Netherlands) com um auxílio de um molde cilíndrico metálico pré-fabricado. Obtiveram-se assim 20 cilindros de acrílico com os espécimes do G1 incluídos até a porção cervical da raiz e 20 cilindros de acrílico com os espécimes do G2 incluídos do mesmo modo. Os cilindros foram seccionados perpendicularmente ao longo eixo da raiz com uma máquina de corte (Isomet 1000 Precision Saw-Buehler, Germany), sob refrigeração constante.

Em cada raiz foram cortados 3 discos de 1mm de espessura e espaçados entre si 1,5mm: o primeiro disco representa a porção cervical do espigão de fibra de vidro, o segundo disco representa a porção média e o terceiro disco representa a porção apical. Cada disco foi marcado na sua parte coronal com um marcador permanente e a sua espessura exata foi medida com uma craveira digital (Digimatic caliper, Mitutoyo, Tokyo, Japan) de precisão 0,01mm.

Os testes *push-out* foram realizados numa máquina de teste universal (Instron corp 4502, USA), a uma velocidade de 0,5mm/min. Cada disco foi colocado sobre uma plataforma com uma abertura central, com a superfície apical voltada para cima. Usou-se um espigão metálico (1mm de diâmetro), que foi fixado às garras da máquina de teste. Houve especial cuidado em centrar a ponta do espigão metálico com o espigão de fibra de vidro, de modo a não tocar na dentina circundante. A força foi aplicada de apical para coronal até o espigão de fibra de vidro se deslocar. O valor máximo da falha foi registado em Newton (N) e convertido para MPa através da seguinte fórmula:

$$\text{Força de descolamento (MPa)} = \frac{\text{Força de falha (N)}}{\text{Área (cm}^2\text{)}}$$

Uma vez que os espigões são cónicos, a área de descolamento foi calculada pela seguinte fórmula:  $A = \pi(D+d)\sqrt{(D-d)^2 + h^2}$ , em que R e r são respetivamente o diâmetro maior e menor da zona do espigão e h é a espessura do disco. Os diâmetros maior e menor da zona do espigão foram medidos com recurso a um microscópio ótico com ampliação de 20X (Travelling Microscope, Mitutoyo- Tokyo, Japan).



**Fig 19.** Molde para estabilizar o espécime perpendicular no acrílico



**Fig 20.** Espécime estabilizado no molde



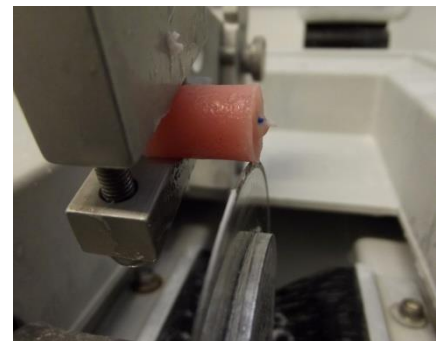
**Fig 21.** Espécime estabilizado no interior do acrílico



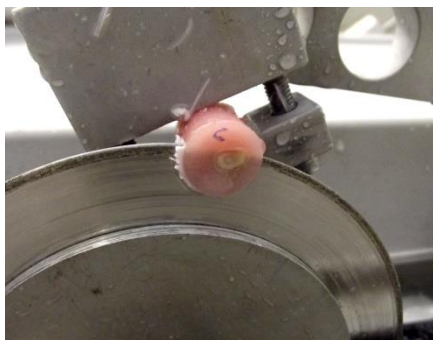
**Fig 22.** Espécime estabilizado no interior do acrílico antes da remoção do molde



**Fig 23.** Cilindro de acrílico com espécime no interior



**Fig 24.** Aspeto da máquina de corte (Isomet 1000 Precision Saw-Buehler, Germany)



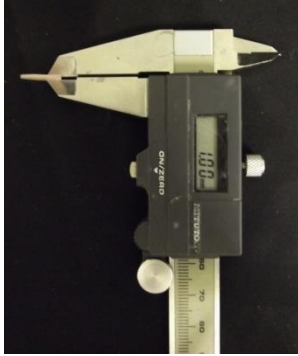
**Fig 25.** Corte de um dos discos de um espécime



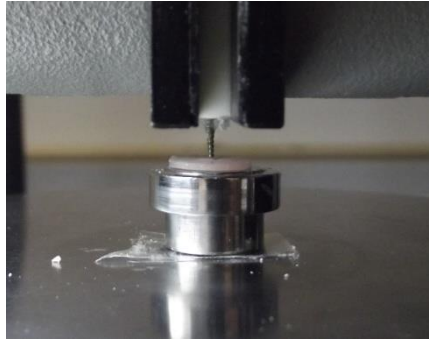
**Fig 26.** Disco após corte (vista frontal)



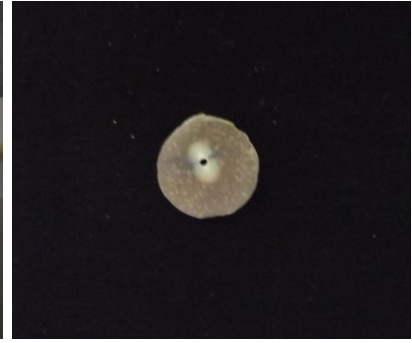
**Fig 27.** Disco após corte (vista lateral)



**Fig 28.** Verificação da espessura dos discos com uma craveira digital



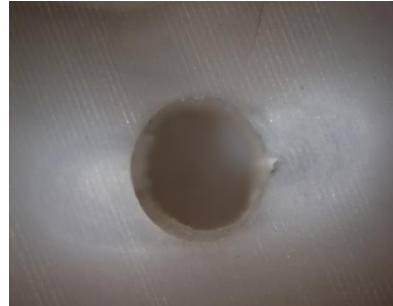
**Fig 29.** Testes *push-out*



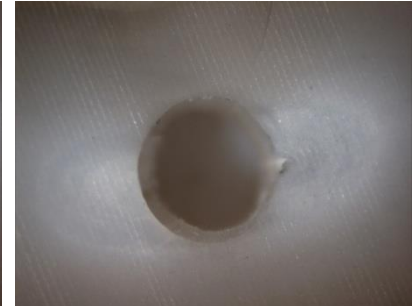
**Fig 30.** Disco após *teste push-out*



**Fig 31.** Fotografia microscópio ótico (20x) da região cervical do disco



**Fig 32.** Fotografia microscópio ótico (20x) da região média do disco



**Fig 33.** Fotografia microscópio, (20x) da região apical do disco

#### Análise estatística:

A análise estatística foi feita através do *software* IBM SPSS®, V.21, com significância de  $p=0,05$ .

A normalidade das variáveis foi verificada pelo teste de Kolmogorov-Smirnov e o teste de Levène foi feito para avaliar a sua homogeneidade. Recorrendo ao teste *t-student* independente comparou-se o grupo laser (G2) e o grupo controlo (G1) na mesma região (cervical, média e apical).

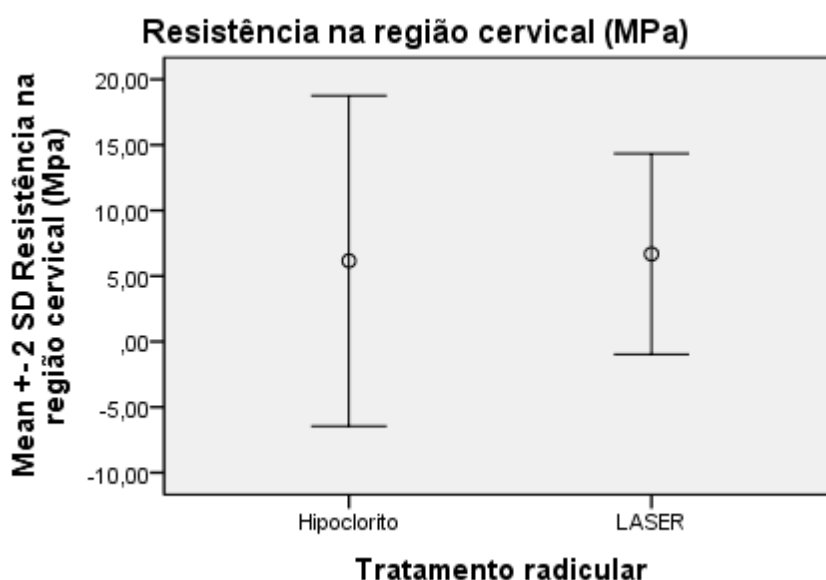
De seguida fez-se uma análise de correlações lineares usando a correlação de Pearson para legitimar o uso da MANOVA, o que acabou por não ser possível. Usou-se então uma ANOVA de medidas repetidas para avaliar a existência de diferenças nas três regiões do canal (cervical, média e apical), considerando separadamente os dois grupos (G1 e G2).

### 3. RESULTADOS

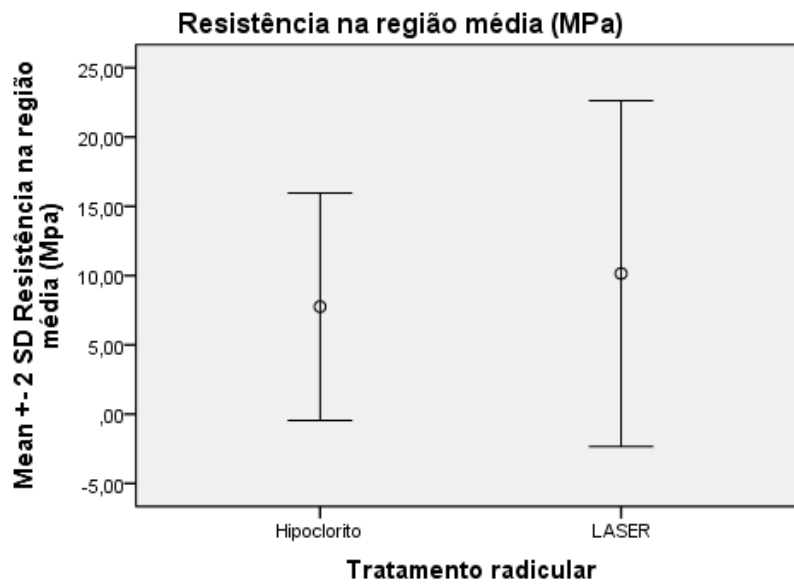
A tabela 1 apresenta o valor da média e desvio-padrão dos testes *push-out* nas três regiões da raiz (cervical, média e apical) nos dois grupos experimentais (NaOCl e Laser). A média da resistência adesiva nas regiões cervical, média e apical (MPa) foi mais elevada no G2 do que no G1. Em todo caso não se encontraram diferenças estatisticamente significativas (*t-student*,  $p > 0,05$ ).

**Tabela I.** Médias e desvio padrão (MPa) da resistência nas três regiões da raiz (cervical, média e apical) dos dois grupos experimentais (NaOCl e Laser)

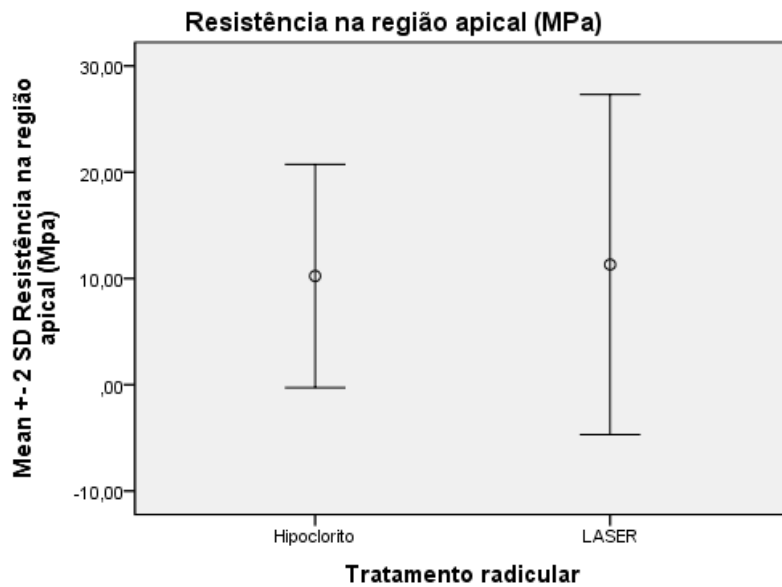
	NaOCl	Laser
	Média ± Desvio Padrão	Média ± Desvio Padrão
Resistência região Cervical	6,15 ± 6,30	6,68 ± 3,83
Resistência região Média	7,75 ± 4,10	10,15 ± 6,24
Resistência região Apical	10,23 ± 5,25	11,31 ± 8,00



**Gráfico 1.** Valores da média e desvio-padrão da resistência na região cervical nos dois grupos experimentais (G1 e G2).



**Gráfico 2.** Valores da média e desvio-padrão da resistência na região média nos dois grupos experimentais (G1 e G2).

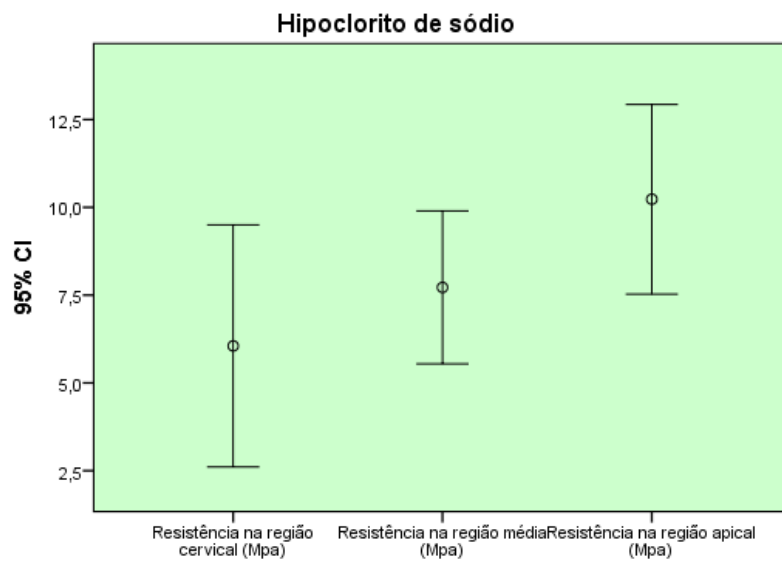


**Gráfico 3.** Valores da média e desvio-padrão da resistência na região apical nos dois grupos experimentais (G1 e G2).

Através do teste ANOVA de medidas repetidas avaliou-se a existência de diferenças nas três regiões do G1 e verificou-se que a região apical registou maior resistência à extrusão (4,178 MPa) que a região cervical ( $p < 0,05$ ).

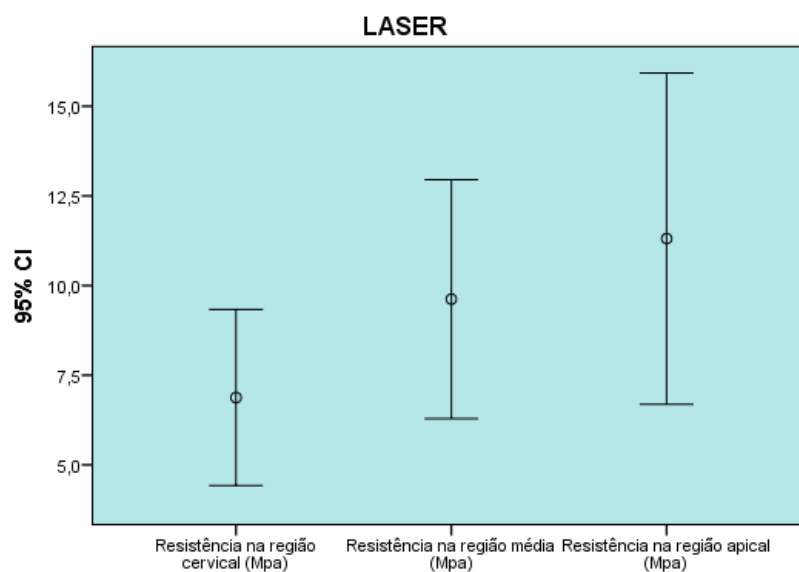
Comparando as três regiões do G2, verificou-se que a região apical registou maior resistência (4,431 MPa) à extrusão que a região cervical ( $p < 0,1$ ).

#### Estimativa da média da resistência nas regiões radiculares (MPa)



**Gráfico 4.** Valores da resistência nas regiões cervical, média e apical, no G1

#### Estimativa da média da resistência nas regiões radiculares (MPa)



**Gráfico 5.** Valores da resistência nas regiões cervical, média e apical, no G2.

#### 4. DISCUSSÃO

Os dentes sujeitos a tratamento endodôntico têm normalmente uma estrutura dentinária enfraquecida devido á extensa perda de estrutura dentária; por isso, é comum nestes dentes recorrer-se á reabilitação com espigões radiculares [43]. No que diz respeito ao material do espigão radicular, vários tipos de espigões foram desenvolvidos, nomeadamente metálicos, de fibra de carbono e de fibra de vidro. Os espigões de fibra de vidro apresentam um módulo de elasticidade mais semelhante ao da dentina quando comparados com os espigões metálicos. Num estudo *in vitro*, Hai Qin et al. concluíram que os dentes restaurados com espigões de fibra de vidro demonstraram valores de fratura significativamente inferiores aos espigões de níquel [44].

A retenção dos espigões de fibra de vidro depende de uma adequada adesão entre o espigão e o cimento e entre o cimento e a dentina. Uma das principais falhas dos espigões de fibra de vidro reside na falha de adesão do cimento á dentina [45, 46]. O tratamento da superfície radicular e a remoção da *smear layer* são essenciais para o processo de adesão às paredes do canal.

Desde 1918, a solução irrigadora mais comumente usada é o hipoclorito de sódio (NaOCl), que tem a capacidade de dissolver os tecidos orgânicos [47-50] e é um agente antimicrobiano eficaz [50-52]. A concentração ideal recomendada para os tratamentos endodônticos varia entre 0,5 e 5,25%. Alguns estudos têm mostrado que a força de adesão de alguns adesivos e cimentos resinosos pode ser, no entanto, comprometida pelo uso de hipoclorito de sódio [25, 53-55]. Além disso, é sabido que esta solução irrigadora tem efeitos citotóxicos e isso altera os componentes orgânicos da dentina, especialmente o colagénio que contribui consideravelmente para as propriedades mecânicas da dentina [56, 57].

Com as soluções irrigadoras comuns consegue-se eliminar uma quantidade suficiente de remanescente dentinário dos canais radiculares. No entanto, devido ao diâmetro estreito dos túbulos dentinários e à elevada tensão superficial das soluções irrigadoras, estas apenas conseguem atingir uma pequena distância no interior dos túbulos. A profundidade de penetração das soluções irrigadoras no interior dos túbulos dentinários é, geralmente, de apenas 100µm.

Por sua vez, a irradiação com laser de Er,Cr:YSGG consegue penetrar na dentina a uma profundidade superior a 1000µm [37].

Unni Endal et al. avaliaram a quantidade de detritos que ficavam na zona do istmo do canal mesio-lingual de molares inferiores após instrumentação, irrigação e obturação do canal e concluíram que, apesar da irrigação contínua antes e depois da instrumentação, uma quantidade considerável de detritos dentinários era produzida e armazenada nesta zona [58].

As diversas aplicações do laser de Er,Cr:YSGG tem ganho, assim, destaque no tratamento de dentes endodunciados, nomeadamente pela sua capacidade de remoção da *smear layer*. Neste estudo, o grupo tratado com laser mostrou valores de resistência mais elevados nas regiões cervical, média e apical, o que possivelmente se deve à maior eficácia na remoção da *smear layer*. Do mesmo modo Taskin *et al.*, num estudo desenvolvido em dentes monorradiculares humanos, demonstrou valores mais baixos de *smear layer* no grupo tratado com laser enquanto o grupo tratado com NaOCl apresentou detritos e *smear layer* na superfície radicular [59].

Nagase *et al.*, num estudo em quarenta dentes bovinos, avaliou a influência da irradiação com lasers de Er,Cr:YSGG e de Nd:YAG na força de extrusão de um tipo de espigões de fibra de vidro (Ângelus, Paraná, Brasil), cimentados com um adesivo *total-etch* (Scotch Bond Multipurpose, 3M/ESPE, Brasil) e com um cimento resinoso (RelyX ARC, 3M/ESPE, Brasil). Concluiu que o tratamento adicional com laser de Er,Cr:YSGG ou de Nd:YAG não afeta a retenção dos espigões de fibra de vidro [14]. No entanto, um estudo recente de Mohammadi *et al.* demonstrou que o tratamento dos canais radiculares com laser de Er,Cr:YSGG aumentou a força de adesão dos espigões de fibra de vidro ao canal radicular [36], o que vai de encontro aos resultados deste estudo, onde a resistência à extrusão foi mamais elevada no grupo do laser (G1). Além disso, concluiu que a força de adesão não era afetada pela região radicular para a colocação do espigão. Neste estudo, as diferenças entre as 3 regiões (cervical, média e apical) do grupo do laser também não apresentaram valores de resistência significativamente diferentes.

Varella *et al.* [39] demonstrou que o tratamento das paredes do canal radicular com laser resultou numa superfície mais limpa e conseqüentemente numa melhor adaptação dos materiais restauradores ao canal radicular, quando comparado com a irrigação com NaOCl e EDTA.

Dado o potencial que os lasers de Er,Cr:YSG têm em alterar a morfologia da dentina, desnudando os túbulos dentinários, é possível constatar a sua influência positiva na força de adesão entre os espigões e a estrutura radicular [60, 61].

## 5. CONCLUSÃO

Através dos resultados obtidos no presente estudo, foi possível concluir que o laser de Er,Cr:YSGG ( $\lambda=2780\text{nm}$ ), mediante o presente protocolo, poderá ter um efeito positivo na remoção da smear layer e/ou alteração da morfologia dentinária de modo a obter melhores valores de adesão dos espigões de fibra de vidro à estrutura radicular. Isto poderá ser determinante no que concerne à estabilidade clínica das restaurações a longo prazo.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Assif, D. and C. Gorfil, *Biomechanical considerations in restoring endodontically treated teeth*. J Prosthet Dent, 1994. **71**(6): p. 565-7.
2. Helfer, A.R., S. Melnick, and H. Schilder, *Determination of the moisture content of vital and pulpless teeth*. Oral Surg Oral Med Oral Pathol, 1972. **34**(4): p. 661-70.
3. Carter, J.M., et al., *Punch shear testing of extracted vital and endodontically treated teeth*. J Biomech, 1983. **16**(10): p. 841-8.
4. Rivera, E.M. and M. Yamauchi, *Site comparisons of dentine collagen cross-links from extracted human teeth*. Arch Oral Biol, 1993. **38**(7): p. 541-6.
5. Sedgley, C.M. and H.H. Messer, *Are endodontically treated teeth more brittle?* J Endod, 1992. **18**(7): p. 332-5.
6. Pontius, O., et al., *Survival rate and fracture strength of incisors restored with different post and core systems and endodontically treated incisors without coronoradicular reinforcement*. J Endod, 2002. **28**(10): p. 710-5.
7. Swanson, K. and S. Madison, *An evaluation of coronal microleakage in endodontically treated teeth. Part I. Time periods*. J Endod, 1987. **13**(2): p. 56-9.
8. Tian, Y., et al., *Failure of fiber posts after cementation with different adhesives with or without silanization investigated by pullout tests and scanning electron microscopy*. J Endod, 2012. **38**(9): p. 1279-82.
9. Robbins, J.W., *Guidelines for the restoration of endodontically treated teeth*. J Am Dent Assoc, 1990. **120**(5): p. 558, 560, 562 passim.
10. Goodacre, C.J. and K.J. Spolnik, *The prosthodontic management of endodontically treated teeth: a literature review. Part I. Success and failure data, treatment concepts*. J Prosthodont, 1994. **3**(4): p. 243-50.
11. Isidor, F. and K. Brondum, *Intermittent loading of teeth with tapered, individually cast or prefabricated, parallel-sided posts*. Int J Prosthodont, 1992. **5**(3): p. 257-61.
12. Fernandes, A.S., S. Shetty, and I. Coutinho, *Factors determining post selection: a literature review*. J Prosthet Dent, 2003. **90**(6): p. 556-62.
13. Faria, A.C., et al., *Endodontically treated teeth: characteristics and considerations to restore them*. J Prosthodont Res, 2011. **55**(2): p. 69-74.
14. Nagase, D.Y., et al., *Influence of laser irradiation on fiber post retention*. Lasers Med Sci, 2011. **26**(3): p. 377-80.
15. Schwartz, R.S. and J.W. Robbins, *Post placement and restoration of endodontically treated teeth: a literature review*. J Endod, 2004. **30**(5): p. 289-301.
16. Serafino, C., et al., *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**(3): p. 381-7.
17. Mader, C.L., J.C. Baumgartner, and D.D. Peters, *Scanning electron microscopic investigation of the smeared layer on root canal walls*. J Endod, 1984. **10**(10): p. 477-83.
18. Kennedy, W.A., W.A. Walker, 3rd, and R.W. Gough, *Smear layer removal effects on apical leakage*. J Endod, 1986. **12**(1): p. 21-7.
19. Hayashi, M., et al., *Effect of endodontic irrigation on bonding of resin cement to radicular dentin*. Eur J Oral Sci, 2005. **113**(1): p. 70-6.
20. Mayhew, J.T., et al., *Effect of root canal sealers and irrigation agents on retention of preformed posts luted with a resin cement*. J Endod, 2000. **26**(6): p. 341-4.
21. Zicari, F., et al., *Bonding effectiveness and sealing ability of fiber-post bonding*. Dent Mater, 2008. **24**(7): p. 967-77.

22. Bitter, K., et al., *Effects of luting agent and thermocycling on bond strengths to root canal dentine*. Int Endod J, 2006. **39**(10): p. 809-18.
23. Ferrari, M., et al., *Post placement affects survival of endodontically treated premolars*. J Dent Res, 2007. **86**(8): p. 729-34.
24. Mannocci, F., et al., *Confocal and scanning electron microscopic study of teeth restored with fiber posts, metal posts, and composite resins*. J Endod, 1999. **25**(12): p. 789-94.
25. Morris, M.D., et al., *Effects of sodium hypochlorite and RC-prep on bond strengths of resin cement to endodontic surfaces*. J Endod, 2001. **27**(12): p. 753-7.
26. Baumgartner, J.C. and P.R. Cuenin, *Efficacy of several concentrations of sodium hypochlorite for root canal irrigation*. J Endod, 1992. **18**(12): p. 605-12.
27. Katsuumi, I., T. Tsuzuki, and Y. Nakamura, [*Scanning electron microscopy of the effects of decalcifying agents on root canal dentin*]. Shigaku, 1986. **74**(5): p. 1109-118.
28. Ayad, M.F., *Lactic acid root canal irrigation for dowel and core treatment: a pilot study*. J Prosthet Dent, 2004. **92**(6): p. 540-5.
29. Erdemir, A., et al., *Effect of medications for root canal treatment on bonding to root canal dentin*. J Endod, 2004. **30**(2): p. 113-6.
30. Calt, S. and A. Serper, *Time-dependent effects of EDTA on dentin structures*. J Endod, 2002. **28**(1): p. 17-9.
31. Garberoglio, R. and C. Becce, *Smear layer removal by root canal irrigants. A comparative scanning electron microscopic study*. Oral Surg Oral Med Oral Pathol, 1994. **78**(3): p. 359-67.
32. Sen, B.H., P.R. Wesselink, and M. Turkun, *The smear layer: a phenomenon in root canal therapy*. Int Endod J, 1995. **28**(3): p. 141-8.
33. Fedorowicz, Z., et al., *Irrigants for non-surgical root canal treatment in mature permanent teeth*. Cochrane Database Syst Rev, 2012. **9**: p. CD008948.
34. T., M., *Stimulated optical radiation in ruby*. Nature, 1960. **187**: p. 493-4.
35. Altundasar, E., et al., *Ultramorphological and histochemical changes after ER,Cr:YSGG laser irradiation and two different irrigation regimes*. J Endod, 2006. **32**(5): p. 465-8.
36. Mohammadi, N., et al., *Effect of Er,Cr:YSGG pretreatment on bond strength of fiber posts to root canal dentin using a self-adhesive resin cement*. Lasers Med Sci, 2013. **28**(1): p. 65-9.
37. Franzen, R., et al., *Decontamination of deep dentin by means of erbium, chromium:yttrium-scandium-gallium-garnet laser irradiation*. Lasers Med Sci, 2009. **24**(1): p. 75-80.
38. Blanken, J.W. and R.M. Verdaasdonk, [*Laser treatment in root canals. Effective by explosive vapour bubbles*]. Ned Tijdschr Tandheelkd, 2009. **116**(7): p. 355-60.
39. Varella, C.H. and R. Pileggi, *Obturation of root canal system treated by Cr, Er: YSGG laser irradiation*. J Endod, 2007. **33**(9): p. 1091-3.
40. Özer, S.Y. and E. Basaran, *Evaluation of microleakage of root canal fillings irradiated with different output powers of erbium, chromium:yttrium-scandium-gallium-garnet laser*. Australian Endodontic Journal, 2010: p. no-no.
41. Schoop, U., et al., *The impact of an erbium, chromium:yttrium-scandium-gallium-garnet laser with radial-firing tips on endodontic treatment*. Lasers Med Sci, 2009. **24**(1): p. 59-65.
42. Ungor, M., E.O. Onay, and H. Orucoglu, *Push-out bond strengths: the Epiphany-Resilon endodontic obturation system compared with different pairings of Epiphany, Resilon, AH Plus and gutta-percha*. Int Endod J, 2006. **39**(8): p. 643-7.
43. Dimitriu, B., et al., *Current considerations concerning endodontically treated teeth: alteration of hard dental tissues and biomechanical properties following endodontic therapy*. J Med Life, 2009. **2**(1): p. 60-5.
44. Qing, H., et al., *In vitro evaluation of the fracture resistance of anterior endodontically treated teeth restored with glass fiber and zircon posts*. J Prosthet Dent, 2007. **97**(2): p. 93-8.
45. Akgungor, G. and B. Akkayan, *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): p. 368-78.

46. Monticelli, F., et al., *Clinical behavior of translucent-fiber posts: a 2-year prospective study*. Int J Prosthodont, 2003. **16**(6): p. 593-6.
47. Koskinen, K.P., H. Stenvall, and V.J. Uitto, *Dissolution of bovine pulp tissue by endodontic solutions*. Scand J Dent Res, 1980. **88**(5): p. 406-11.
48. Senia, E.S., F.J. Marshall, and S. Rosen, *The solvent action of sodium hypochlorite on pulp tissue of extracted teeth*. Oral Surg Oral Med Oral Pathol, 1971. **31**(1): p. 96-103.
49. Beltz, R.E., M. Torabinejad, and M. Pouresmail, *Quantitative analysis of the solubilizing action of MTAD, sodium hypochlorite, and EDTA on bovine pulp and dentin*. J Endod, 2003. **29**(5): p. 334-7.
50. Zehnder, M., et al., *Tissue-dissolving capacity and antibacterial effect of buffered and unbuffered hypochlorite solutions*. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod, 2002. **94**(6): p. 756-62.
51. Siqueira, J.F., Jr., et al., *Chemomechanical reduction of the bacterial population in the root canal after instrumentation and irrigation with 1%, 2.5%, and 5.25% sodium hypochlorite*. J Endod, 2000. **26**(6): p. 331-4.
52. Virtej, A., et al., *Determination of the performance of various root canal disinfection methods after in situ carriage*. J Endod, 2007. **33**(8): p. 926-9.
53. Ishizuka, T., et al., *Effect of NaClO treatment on bonding to root canal dentin using a new evaluation method*. Dent Mater J, 2001. **20**(1): p. 24-33.
54. Santos, J.N., et al., *Effect of chemical irrigants on the bond strength of a self-etching adhesive to pulp chamber dentin*. J Endod, 2006. **32**(11): p. 1088-90.
55. Prati, C., S. Chersoni, and D.H. Pashley, *Effect of removal of surface collagen fibrils on resin-dentin bonding*. Dent Mater, 1999. **15**(5): p. 323-31.
56. Mareending, M., et al., *Impact of irrigant sequence on mechanical properties of human root dentin*. J Endod, 2007. **33**(11): p. 1325-8.
57. Slutzky-Goldberg, I., et al., *Effect of sodium hypochlorite on dentin microhardness*. J Endod, 2004. **30**(12): p. 880-2.
58. Endal, U., et al., *A high-resolution computed tomographic study of changes in root canal isthmus area by instrumentation and root filling*. J Endod, 2011. **37**(2): p. 223-7.
59. Gurbuz, T., et al., *Evaluation of root canal dentin after Nd:YAG laser irradiation and treatment with five different irrigation solutions: a preliminary study*. J Endod, 2008. **34**(3): p. 318-21.
60. Yamada, M.K., et al., *Three-dimensional topographic scanning electron microscope and Raman spectroscopic analyses of the irradiation effect on teeth by Nd:YAG, Er: YAG, and CO(2) lasers*. J Biomed Mater Res B Appl Biomater, 2004. **71**(1): p. 7-15.
61. Ghiggi, P.C., et al., *Effect of the Nd:YAG and the Er:YAG laser on the adhesive-dentin interface: a scanning electron microscopy study*. Photomed Laser Surg, 2010. **28**(2): p. 195-200.