

Mestrado Integrado em Medicina Dentária
Faculdade de Medicina da Universidade de Coimbra



**Comparação entre Pontas Ultrassónicas Diamantadas com
Diferentes Métodos de Fabrico:
estudo *in vitro* de retropreparações apicais**

André Filipe Vaz Santos

Orientador: Prof. Doutor Paulo Jorge Rocha da Palma

Co-orientador: Mestre Dr. Rui Isidro Falacho

Coimbra, 2015

**Comparação entre Pontas Ultrassónicas Diamantadas com
Diferentes Métodos de Fabrico:
estudo *in vitro* de retropreparações apicais**

Santos A., Falacho RI., Palma PJ.

Afiliação dos autores:

Área de Medicina Dentária da Faculdade de Medicina da Universidade de Coimbra
Av. Bissaya Barreto, Bloco de Celas

3000-075 Coimbra

Portugal

Tel.: +351 239 484 183 Fax: +351 239 402 910

e-mail: vazsantos.andre@gmail.com

Agradecimentos

Quero agradecer:

Ao Professor Doutor Paulo Jorge Rocha da Palma e ao Mestre Dr. Rui Isidro Falacho, pela ajuda, paciência e disponibilidade que sempre mostraram durante a elaboração deste trabalho. Assim como ao Professor Doutor Francisco Caramelo pela sua colaboração, tendo sido uma ajuda fundamental na análise estatística.

Às marcas comerciais CVDentus® e NSK® pelo material disponibilizado que permitiram a realização deste trabalho.

Aos verdadeiros amigos e à Sara, por estarem sempre presentes nos bons e maus momentos e ajudarem-me a ultrapassar todos os obstáculos que foram surgindo.

Finalmente, à minha família que sempre me ajudou e apoiou, sem ela nada disto era possível.

Índice

Introdução.....	11
Material e Métodos.....	14
Resultados.....	18
Discussão.....	26
Conclusão.....	33
Bibliografia.....	34

Índice de figuras

1. Fotomicrografias de um dente do grupo 1 (CVDentus) sem fratura visível, em ampliação de 20x: a) logo após apicectomia; b) imediatamente após preparação apical; c) 24h; d) 7 dias.....19
2. Sequências de imagens onde é visível apenas uma fratura intracanal, localizada na zona mais ampla do canal (setas). As fotomicrografias com ampliação de 20x, são de um dente do grupo 2 (NSK): a) após apicectomia; b) imediatamente após preparação apical; c) 24h após; d) 7 dias após.....20
3. Imagens de microscopia eletrônica de varrimento (MEV) das superfícies apicais após preparação: a) amostra do grupo 1 (CVDentus) onde é visível 1 fratura intracanal (seta azul); b) amostra do grupo 2 (NSK) onde é visível uma fratura intracanal (seta azul) e além disso, as margens da preparação encontram-se irregulares verificando-se uma acumulação de material (ouro) resultante do tratamento de superfície para se proceder à análise por MEV (seta verde).....21
4. Imagens de microscopia eletrônica de varrimento (MEV) das pontas ultrassônicas do grupo 1(CVDentus) e grupo 2(NSK): a1) ponta CVDentus[®] nova (ampliação de 50x); b1) ponta NSK[®] nova (ampliação de 50x); a2) ponta CVDentus[®] nova (ampliação de 100x); b2) ponta NSK[®] nova(ampliação de 100x).....24
5. Imagens de microscopia eletrônica de varrimento (MEV) de uma ponta ultrassônicas do grupo 1(CVDentus): a) ponta CVDentus[®] usada fragmento 1 (ampliação de 35x), b) ponta CVDentus[®] usada fragmento 2(ampliação de 100x).....24
6. Imagens de microscopia eletrônica de varrimento (MEV) das pontas ultrassônicas do grupo 1(CVDentus) e grupo 2(NSK): a1) ponta CVDentus[®] usada (ampliação de 50x); a2) ponta CVDentus[®] usada (ampliação de 100x); b1) ponta NSK[®] usada (ampliação de 50x); b2) ponta NSK[®] usada (ampliação de 100x).....25

Índice de tabelas

I.	Classificação adaptada da nomenclatura de Rainwater <i>et al.</i> ³⁵ e De Bruyne & De Moor ¹⁴ para avaliar fraturas (tipo e localização).....	16
II.	Classificação adaptada de Taschieri <i>et al.</i> ²⁰ , para avaliar a qualidade das margens da preparação produzidas pelas pontas ultrassónicas.....	16
III.	Classificação adaptada de Khabbaz <i>et al.</i> ²¹ , para avaliar a presença ou ausência de detritos na cavidade.....	17
IV.	Dados recolhidos nos dois grupos, no que diz respeito ao número, tipo e localização de fraturas.....	18
V.	Frequência e percentagens calculadas no grupo 1 (CVDentus) e no grupo 2 (NSK), no que diz respeito à “integridade marginal”.....	22
VI.	Frequência e percentagens calculadas no grupo 1 (CVDentus) e no grupo 2 (NSK), no que diz respeito à “qualidade das paredes.....	22
VII.	Valores obtidos para os dois grupos relativamente ao tempo (segundos) de realização da preparação apical.....	23

Índice de gráficos

1. Distribuição de valores nos dois grupos respeitantes à integridade marginal (a) e à qualidade das paredes (b).....23

Resumo

Introdução

A preparação apical apresenta-se como uma das etapas da cirurgia endodôntica periapical, sendo esta determinante no prognóstico e sucesso do tratamento. Deste modo, com o principal objectivo de melhorar o tratamento, têm sido desenvolvidos novos instrumentos, materiais e técnicas que permitam uma endodontia mais previsível e com maior qualidade. O objetivo do presente estudo é avaliar o desempenho de duas pontas ultrassónicas presentes no mercado, uma da CVDentus[®] e outra da NSK[®], em preparações apicais de dentes extraídos.

Materiais e métodos

Quarenta dentes monorradiculares recém-extraídos foram selecionados, limpos, instrumentados mecanicamente e obturados. Depois da apicectomia realizada, os dentes foram analisados através de fotomicrografias e excluídos os que apresentavam fraturas, tendo sido apenas incluídos trinta e dois. Os dentes selecionados foram divididos em dois grupos por randomização estratificada. No grupo 1 os dentes foram preparados recorrendo a pontas CVDentus[®] e no grupo 2 a pontas NSK[®]. Foi registado o tempo de preparação. Após a preparação apical os dentes foram avaliados em 3 tempos distintos (imediatamente após, 24h após, 7dias após). As avaliações foram feitas por dois examinadores com base em fotomicrografias realizadas nos tempos descritos. Foram objecto de avaliação o número, o tipo e localização das fraturas assim como a integridade marginal e a presença de detritos. Os dados foram processados com software SPSS, além do teste binomial de Mann-Whitney ($p < 0,05$) foi também efetuada análise estatística descritiva.

Resultados

O número máximo de fraturas por amostra foi de um. Os dois grupos apresentaram o mesmo número de fraturas e além disso, apenas se observaram fraturas do tipo intracanal e na zona mais ampla da raiz, não havendo assim diferenças entre os dois grupos. Não foram também encontradas diferenças significativas em relação à integridade marginal ($p = 0.102$) e ao tempo médio de instrumentação entre os dois grupos ($p = 0.780$). Na qualidade das paredes o grupo 1 apresentou resultados significativamente melhores quando comparado com o grupo 2 ($p = 0.003$).

Conclusão

Existem diferenças entre as duas pontas para a qualidade de preparação das paredes apicais, sendo que as pontas CVDentus[®] apresentaram melhores resultados. Em relação ao número tipo e localização de fraturas, assim como o tempo médio de preparação e integridade marginal as pontas ultrassónicas testadas são semelhantes. O tempo decorrido após a preparação apical não parece influenciar a qualidade da preparação

PALAVRAS-CHAVE: cirurgia apical / preparação apical / avaliação da preparação apical / endodontia / retropreparação / ultrassons

Abstract

Introduction

The apical preparation is presented as one of the stages of periapical endodontic surgery, which is crucial in a successful prognosis and treatment. Thus, new tools, materials and techniques have been developed for a more predictable and improved outcome. The purpose of this study is to evaluate the performance of two ultrasonic tips on the market, the CVDentus® and the NSK® tips, in apical preparations of extracted teeth.

Materials and methods

Forty freshly extracted single-rooted teeth were selected, cleaned, mechanically instrumented and obturated. After apicoectomy, the teeth were analyzed using photomicrographs. Teeth with fractures were rejected, leaving only a total of thirty-two for the next stage. The selected teeth were divided into two groups by stratified randomization. In group 1, the teeth were prepared with CVDentus® tips and in group 2 with NSK®. The preparation time was recorded. After apical preparation, the teeth were evaluated in three different times (immediately after, 24 hours after, 7 days after). Two examiners assessed the number, type and location of fractures as well as the marginal integrity and the presence of debris, based on photomicrographs taken on the described time points. The data was analyzed using descriptive statistical analysis and also Mann-Whitney test ($p < 0,05$) using the SPSS software package.

Results

For the same sample the maximum number of cracks was one. Regarding the number of fractures, they were the same on the two groups. Only intracanal cracks were observed, always located on the wider zone of the root-end, with no significant differences between the two groups. No significant differences were found on marginal integrity and average time of instrumentation, between the two groups. In the quality of the walls, group 1 showed significantly better results when compared to group 2.

Conclusion

There are differences between the two ultrasonic tips on the preparation quality of the apical walls, and the CVDentus® tips presented better results. Regarding the number, type and location of cracks, as well as the medium preparation time and marginal integrity, these were similar for both ultrasonic tips.

KEYWORDS: apical surgery / root-end cavity preparation / root-end cavity evaluation/ endodontics / retropreparation / ultrasonics

Introdução

O poder dos ultrassons em endodontia é um tema contemporâneo e de suma importância, tendo nos últimos 60 anos sido registada uma grande evolução, com um aumento do leque de opções e possibilidades para a sua aplicação em Medicina Dentária, alterando em alguns aspetos a forma como esta é praticada nos dias de hoje ¹⁻⁴.

O princípio científico que permite a produção de vibrações mecânicas na faixa de frequência dos ultrassons é o efeito piezoelétrico, que foi descoberto em 1880 por Pierre e Jacques Curie ³. Tendo sido apenas em 1957, por intermédio de Richman, a primeira aplicação dos ultrassons em endodontia ³⁻⁶.

No que concerne especificamente ao tratamento endodôntico cirúrgico, este adotou novos materiais, novas técnicas e os benefícios do uso do microscópio cirúrgico ^{2,3,5,7-11}. Essas mudanças resultaram num tratamento mais previsível e com maiores taxas de sucesso passando dos 59% para os 94% ^{3,5,7,12,13}.

A cirurgia endodôntica periapical é um procedimento que está dividido em várias fases, entre as quais: a apicectomia, a preparação apical e a retro-obturação. O objectivo principal é selar o canal radicular impossibilitando a libertação de agentes patogénicos ¹⁴⁻¹⁶, sendo que o sucesso do tratamento está diretamente relacionado com a qualidade da preparação apical ⁵.

A preparação apical deve idealmente ser paralela ao longo eixo do dente, atingir 3mm de profundidade e estar centrada no interior da raiz, assemelhando-se a uma cavidade classe I ^{1,13,17,18}. No entanto, devido à complexidade da raiz e sistema de canais, da localização da raiz, e da indisponibilidade de osso apical ou estrutura radicular suficientes, alcançar estas metas é difícil, levando muitas vezes a preparações inadequadas ^{9,17,19}.

Devido à grande variedade de pontas ultrassónicas com diferentes formatos e angulações, foi possível melhorar alguns passos durante o procedimento cirúrgico ^{5,7,19}, apresentando-se estes instrumentos como uma alternativa ao tradicional uso dos micromotores. Estes instrumentos, além de reduzirem o risco de danificar os tecidos moles, possibilitam aos médicos a capacidade de efetuar procedimentos endodônticos de forma controlada e precisa ^{3-6,8,10,11,13,16,20}.

As pontas ultrassónicas quando comparadas com os micromotores neste tipo de procedimentos apresentam vantagens evidentes. A apicectomia pode ser realizada perpendicularmente ao longo eixo da raiz, reduzindo assim o número de

túbulos dentinários expostos e conseqüentemente a possibilidade de extravasamento apical ^{4,7,11,19}. O acesso à raiz após apicectomia também é melhor, devido às possíveis angulações e às dimensões menores do instrumento ^{4,5,8,9,14,16,20}. As cavidades são preparadas com maior profundidade, retenção e obtêm um alinhamento melhor com o longo eixo do canal radicular, além da ocorrência de perfurações ser menor ^{3-16,18-34}. É ainda de referir que perante dificuldades anatómicas, como é o caso de istmos, a sua utilização tem especial importância ^{5,10,11,14}.

As preparações apicais usando ultrassons atingem assim resultados superiores, conseguindo preparações conservadoras e com maior qualidade, contudo o seu uso não está isento de problemas, sendo relatado o surgimento de fraturas no ápice radicular ^{2,3,7,14,16-18,20-23,27,30,35-37}.

A influência destas fraturas no processo de cicatrização periapical e infiltração apical ainda não foi esclarecida, não estando claro o seu impacto clínico, sendo possível que estas fraturas promovam o extravasamento de material de retro-obturaçãõ, levando ao insucesso da cirurgia periapical ^{3,5,6,8,14,15,22,30,35,36,38-40}.

Os possíveis fatores relacionados com a promoção das fraturas pelos ultrassons são: o tipo de ponta utilizada (revestida a diamante ou de aço inoxidável), as configurações de potência da unidade (alta / média / baixa), a condição radicular inicial, a quantidade de tempo despendido na preparação, a presença ou ausência de fraturas iniciais e a espessura da dentina remanescente ^{7,17,20,24}. Apesar disto, há estudos que referem não ter encontrado qualquer fratura quando as preparações eram efetuadas por ultrassons ^{29,33,40,41}.

A iluminação e a ampliação apresentam-se como fatores cruciais no prognóstico cirúrgico, no entanto clinicamente o nível de experiência do operador, a hora do dia a que é feita a observação, o nível de fadiga e distrações podem influenciar a interpretação visual do clínico ^{38,39,42,43}.

Alguns autores ^{14,20,44}, referem que para obter resultados clinicamente mais relevantes, a investigação deve ser realizada preferencialmente *in situ*. Contudo a maioria dos estudos foi realizada em dentes extraídos (*in vitro*), o que originou algumas críticas, pondo em causa a validade dos resultados obtidos.

O objectivo do presente estudo é avaliar o desempenho de pontas ultrassónicas com diferentes métodos de fabrico, uma da CVDentus® (CVDentus; São Paulo, Brasil) e outra da NSK® (NSK; Madrid, Espanha), a efetuar preparações apicais em dentes extraídos, tendo como pontos de avaliação o tempo despendido

na preparação, o desgaste sofrido pelas pontas ultrassônicas e a existência ou não de fraturas radiculares, verificando também se estas se propagam durante os vários tempos de avaliação. Para tal foi colocada a seguinte hipótese nula: não existem diferenças entre as preparações apicais realizadas com os dois tipos de pontas nem do desgaste sofrido por estas.

Material e Métodos

No desenvolvimento deste trabalho experimental foram selecionados quarenta dentes recém-extraídos, monorradiculares e com ápices encerrado. Após a recolha e imersão dos dentes em hipoclorito de sódio a 1% por um período de tempo de cerca de 15 minutos, as suas superfícies radiculares foram limpas. Esta seleção recorreu a uma avaliação radicular utilizando um microscópio óptico dentário – MOD (Leica Microsystems M300[®] DENT) com uma ampliação de 16 vezes.

Após a secção coronária dos dentes ao nível da linha do colo com uma broca de diamante (broca tronco-cónica Infinity CVDentus[®]), foi estabelecido o comprimento de trabalho com uma lima K10. Consequentemente todos canais foram preparados com instrumentação mecanizada pela técnica de crown-down, até limas F2 do sistema Protaper (ProTaper[®] universal; Dentsply Maillefer, Baillaigues, Suíça). Ao longo da instrumentação os canais foram irrigados com 4 mL de hipoclorito de sódio a 1%, sendo finalizado com irrigação final de 2 mL de álcool a 70% e secagem cones de papel absorvente (Zipperer[®] cones de papel absorvente, Endo Easy Efficient[®], Munique, Alemanha). Posto isto, procedeu-se à fase de obturação, pela técnica do cone único com o cone guta-percha correspondente ProTaper[®] F2 (Dentsply Maillefer, Baillaigues, Suíça) e o cimento AH Plus[®] (Dentsply, DeTrey, Konstanz, Alemanha). Após avaliada a qualidade da obturação por intermedio de uma radiografia, procedeu-se à numeração e inclusão em silicone de alta viscosidade (Coltène[®] Lab-Putty, Coltène / Whaledent AG, Alstätten, Suíça) de dois terços coronais da raiz , sendo depois mantidos numa incubadora a 37 ° C e a 100% de humidade durante trabalho experimental.

A apicetomia foi realizada a cerca de 3 mm do ápice radicular com uma broca cilíndrica laminada de tungsténio (Maillefer, Baillaigues, Suíça), sendo posteriormente avaliada a presença de fraturas com o microscópio óptico dentário (MOD) a 16 x de ampliação e fotomicrografias efectuadas com uma câmara digital (Nikon[®] Digital Camera DXM-1200C, Tóquio, Japão) acoplada num estereomicroscópio (Nikon[®] SMZ 1500, Tóquio, Japão).

Analizadas as respectivas fotomicrografias, os dentes sem fraturas visíveis foram incluídos no trabalho experimental num total de 32 (n=32). A distribuição dos dentes selecionados foi realizada em dois grupos por randomização estratificada. Assim, dependente da ponta utilizada para preparação apical temos definidos os grupos:

- GRUPO 1 (n=16): ponta ultrassónica TOF-L, lote E7009 (CVDentus; São Paulo, Brasil);
- GRUPO 2 (n=16): ponta ultrassónica E32D, lote Z217211 (NSK; Madrid, Espanha).

A utilização das pontas ultrassónicas para a preparação apical de cada grupo, seguiu as indicações dos respectivos fabricantes, para a potência da unidade e irrigação simultânea de soro fisiológico. Durante toda a parte experimental as raízes foram mantidas em meio húmido.

Todas as preparações apicais foram efectuadas pelo mesmo operador, com magnificação 16x no MOD. Estas preparações classe I (segundo a classificação de Black) foram efetuadas de modo atingir os 3 mm de profundidade, sendo consideradas finalizadas quando a superfície apical estivesse livre de detritos. Foi ainda contabilizado o tempo em que ocorreu contacto entre a ponta ultrassónica ativada e a raiz. A substituição da ponta foi apenas realizada em caso de presença de fratura das mesma.

De modo a avaliar as preparações apicais, foram realizadas fotomicrografias, pela técnica anteriormente descrita, logo após a realização das mesmas, às 24h e aos 7 dias.

A recolha de dados nas fotomicrografias foi codificada para o grupo e período de avaliação para os dois examinadores. Deste modo os examinadores avaliaram as fotomicrografias com ampliações de 20x e 40x, tendo por base os seguintes parâmetros, já utilizados por Casau et al.⁴⁵ num estudo anterior:

- número, tipo e localização (em relação às paredes dentárias) de fraturas na superfície radicular;
- qualidade das margens (“integridade marginal”) da preparação apical produzidas pelas pelo contacto das pontas ultrassónicas.

A presença de detritos (dentinários e/ou remanescentes de guta-percha) nas preparações apicais foi verificada através da análise direta das amostras recorrendo a um estereomicroscópio numa ampliação de 40x.

As tabelas I, II e III descrevem as classificações usadas pelos dois examinadores na sua avaliação às superfícies apicais após respetiva preparação apical.

Tabela I - Classificação adaptada da nomenclatura de Rainwater *et al.*³⁵ e De Bruyne & De Moor¹⁴ para avaliar fraturas (tipo e localização).

Fratura (tipo e localização)		Pontuações	Descrição
	Fraturas incompletas	intracanal	proveniente do canal radicular com irradiação para a dentina
		extracanal	proveniente da superfície radicular com irradiação para a dentina
		intradentinária	confinada à dentina
	Fraturas completas	completa	proveniente do canal até à superfície radicular
	Localização da fratura	estreita	fratura localizadas na zona mais estreita do remanescente dentário
ampla		fratura localizadas na zona mais ampla do remanescente dentário	

Tabela II - Classificação adaptada de Taschieri *et al.*²⁰, para avaliar a qualidade das margens da preparação produzidas pelas pontas ultrassónicas.

Qualidade das margens da preparação apical	Pontuações	Descrição
	0	preparação ideal (0 defeitos)
	1	um único defeito visível, produzido pelo contacto entre o ângulo da ponta e a margem da preparação
	2	preparação irregular com margens fragmentadas
3	preparação irregular com margens fragmentadas, além de defeitos devido a ressaltos das pontas ultrassónicas durante a preparação apical	

Tabela III - Classificação adaptada de Khabbaz *et al.*²¹, para avaliar a presença ou ausência de detritos na cavidade.

	Pontuações	Descrição
Detritos	0	paredes limpas
	1	detritos numa parede
	2	detritos em 2 paredes
	3	detritos em 3 paredes
	4	detritos em 4 paredes.

Os avaliadores registaram as respetivas classificações e número de fraturas em cada raiz, primeiro de modo independente e depois realizaram uma nova avaliação em conjunto das imagens discrepantes até que um consenso fosse alcançado.

A análise dos dados foi efetuada em ambiente Windows 7, com recurso ao programa estatístico IBM *Statistical Package for the Social Sciences* (SPSS) Statistics Standards 19 (IBM Corporation, NY, USA) para avaliar as diferenças entre os dois grupos experimentais.

A fim de avaliar a incidência de fraturas assim como o seu tipo e localização, antes e após a preparação apical nos tempos estipulados, os resultados obtidos para cada grupo foram analisados por estatística descritiva.

O teste de Mann-Whitney foi realizado para verificar a diferença de fraturas, integridade marginal e qualidade das paredes entre os grupos, para um nível de significância de 95% ($p < 0,05$). Para avaliar se a diferença no tempo de preparação entre os grupos foi estatisticamente significativa, foi utilizado o teste de Mann-Whitney, após se ter observado a violação do pressuposto de normalidade por intermédio do teste de Shapiro-Wilk.

As pontas ultrassónicas foram analisadas por microscopia eletrónica de varrimento (MEV), antes e depois de serem utilizadas, a fim de se verificar o desgaste sofrido pelas mesmas.

Foram ainda, analisadas algumas superfícies apicais radiculares por MEV, contudo não se procedeu à extrapolação de resultados a partir destas imagens.

Resultados

Os dados recolhidos relativamente ao número, tipo e localização de fraturas encontram-se descritos na tabela IV, que serviu de base à análise estatística calculada para os dois grupos.

De referir que o número máximo de fraturas registado para a mesma amostra foi de um. Sendo também que, em todos os períodos de avaliação, houve a detecção de duas fraturas em cada grupo, sendo estas do tipo intracanal. Não foram encontradas fraturas intradentina e extracanal assim como fraturas completas.

Tabela IV – Dados recolhidos nos dois grupos, no que diz respeito ao número, tipo e localização de fraturas.

		Após apicectomia		Após preparação		Após preparação (24h)		Após preparação (7dias)	
		CVD	NSK	CVD	NSK	CVD	NSK	CVD	NSK
Número de fraturas		0	0	2	2	2	2	2	2
Tipo De fraturas	intracanal	0	0	2	2	2	2	2	2
	extracanal	0	0	0	0	0	0	0	0
	intradentina	0	0	0	0	0	0	0	0
	completa	0	0	0	0	0	0	0	0
Localização das fraturas	estreita	0	0	0	0	0	0	0	0
	ampla	0	0	2	2	2	2	2	2

Na análise estatística dos dados não se verificaram diferenças entre os dois grupos (CVDentus e NSK) para os diferentes períodos de avaliação. Foi registada uma incidência de 12.5 % para a ocorrência de fraturas em ambos os grupos. Quanto ao tipo de fraturas, estas foram todas classificadas como “intracanal” levando a uma incidência de 100% para esta classificação. As fraturas localizaram-

se sempre na parte mais ampla do canal, registrando assim uma incidência de 100% para o valor “ampla”.

As figuras 1 e 2, dizem respeito a algumas das fotomicrografias usadas para avaliar o número, o tipo e localização de fraturas nos vários tempos de análise (após apicectomia, imediatamente após preparação, às 24h e aos 7 dias).

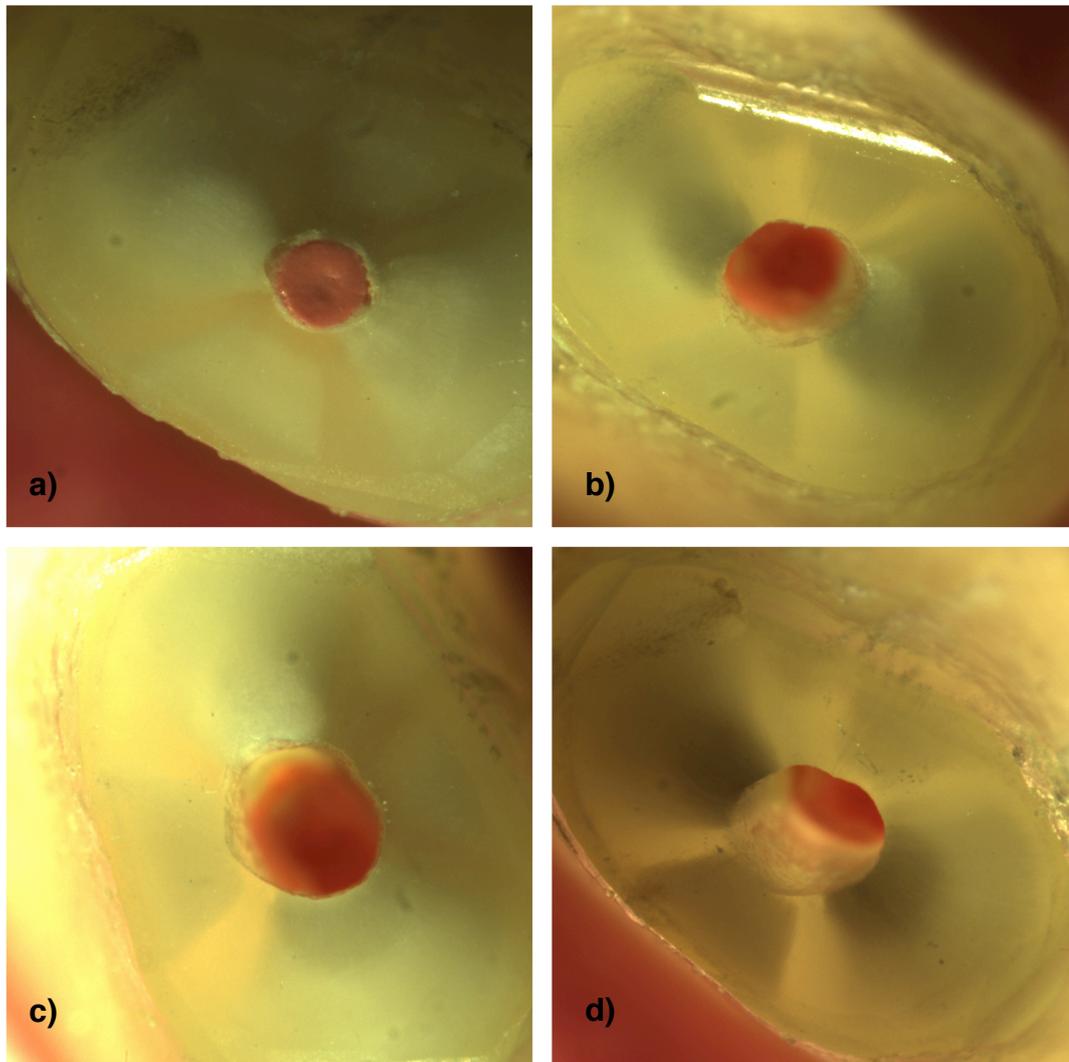


Figura 1 – Fotomicrografias de um dente do grupo 1 (CVDentus) sem fratura visível, em ampliação de 20x: a) logo após apicectomia; b) imediatamente após preparação apical; c) 24h; d) 7 dias.

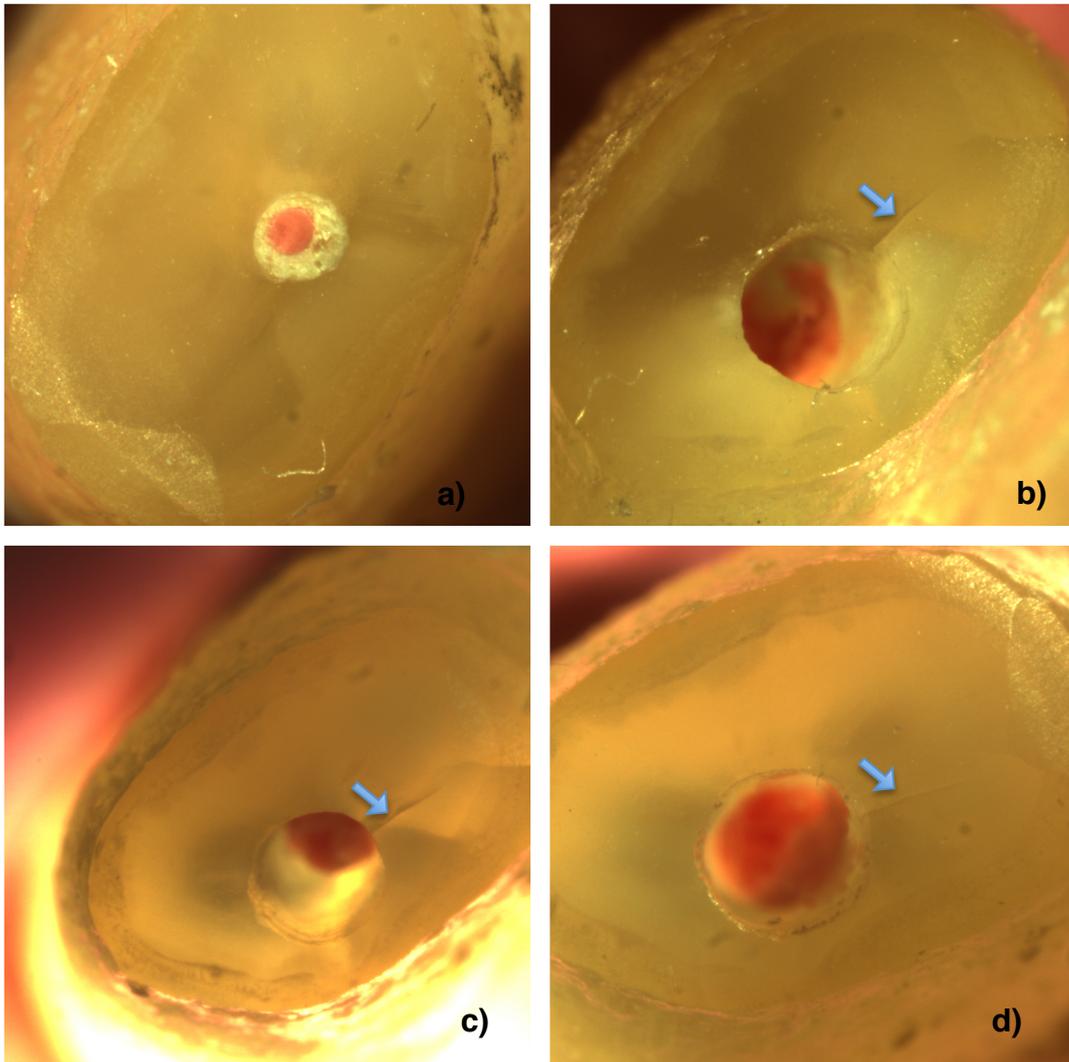


Figura 2 – Sequências de imagens onde é visível apenas uma fratura intracanal, localizada na zona mais ampla do canal (setas). As fotomicrografias com ampliação de 20x, são de um dente do grupo 2 (NSK): a) após apicectomia; b) imediatamente após preparação apical; c) 24h após; d) 7 dias após.

Algumas superfícies apicais radiculares foram ainda analisadas por MEV (Figura 3), afim de se exemplificar as possíveis discrepâncias entre este método de avaliação e o utilizado neste estudo experimental (aumento visual por estereomicroscopia e trasiluminação)

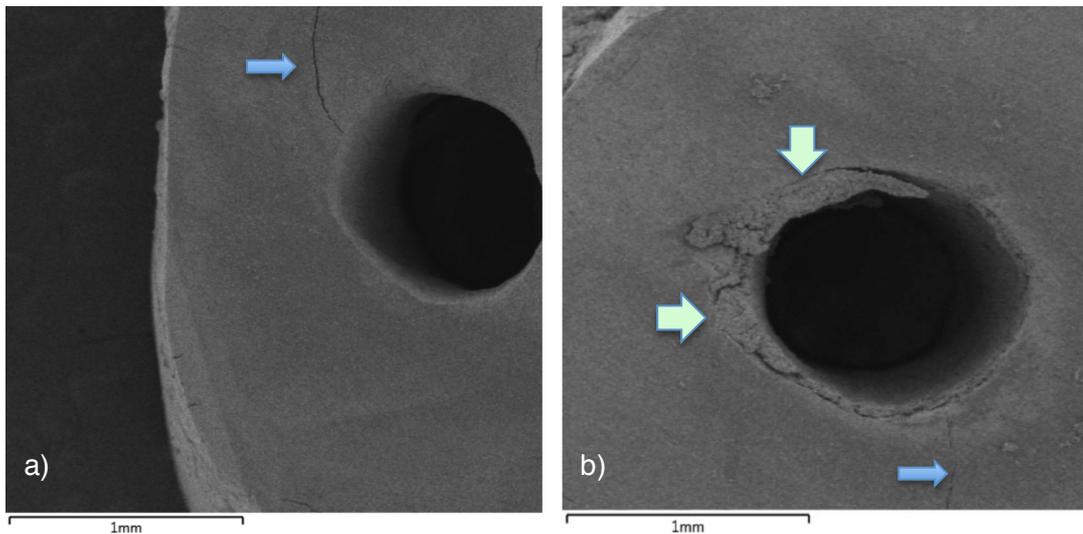


Figura 3 - Imagens de microscopia eletrônica de varrimento (MEV) das superfícies apicais após preparação: a) amostra do grupo 1 (CVDentus) onde é visível uma fratura intracanal (seta azul); b) amostra do grupo 2 (NSK) onde é visível uma fratura intracanal (seta azul) e além disso, as margens da preparação encontram-se irregulares, apresentando uma acumulação de detritos resultante da preparação apical (seta verde).

Para os dados registados relativamente à “integridade marginal” (Tabela V), verificou-se que a classificação máxima foi de “3”, sendo apenas atingida pelo grupo 2 (NSK) numa amostra, 6,2% das amostras. O número mínimo foi de “0” sendo que o grupo 1 (CVDentus) apresentou uma percentagem mais elevada (25 %). O valor “1” foi o que obteve maior incidência no grupo 1 (CVDentus) com uma percentagem de 62,5%, enquanto que no grupo 2 (NSK) o valor que obteve maior incidência foi o “2” com uma percentagem de 43,8%.

Tabela V – Frequência e percentagens calculadas no grupo 1 (CVDentus) e no grupo 2 (NSK), no que diz respeito à “integridade marginal”.

		Frequência		%	
		CVDentus	NSK	CVDentus	NSK
Integridade Marginal	0	4	3	25,0%	18,8%
	1	10	5	62,5%	31,2%
	2	2	7	12,5%	43,8%
	3	0	1		6,2%

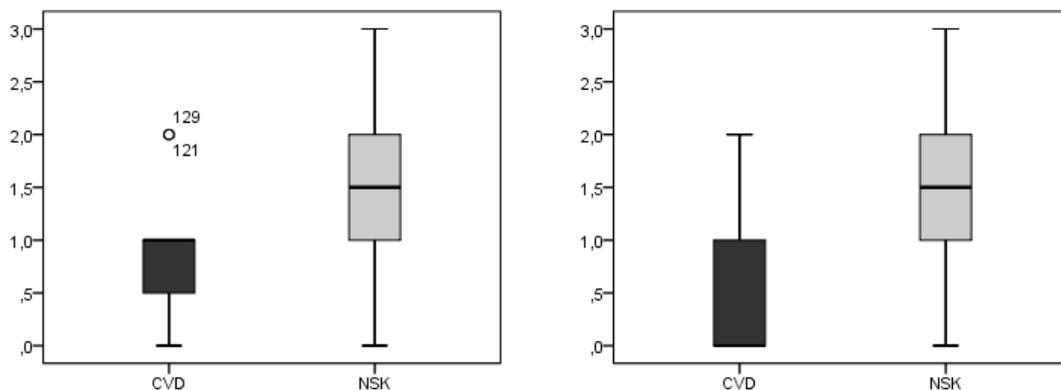
No parâmetro da qualidade das paredes (Tabela VI), observou-se que o valor máximo foi de “3”, sendo apenas atingido pelo grupo 2 (NSK) numa amostra, 6,2% das amostras. O valor mínimo foi “0” sendo que o grupo 1 (CVDentus) apresentou uma percentagem mais elevada (56,2 %), sendo também o valor “0” a apresentar a maior incidência no grupo 1 (CVDentus). No grupo 2 (NSK) o valor que apresentou maior incidência foi o “2” com uma percentagem de 43,8%.

Tabela VI - Frequência e percentagens calculadas no grupo 1 (CVDentus) e no grupo 2 (NSK), no que diz respeito à “qualidade das paredes”.

		Frequência		%	
		CVDentus	NSK	CVDentus	NSK
Qualidade das Paredes	0	9	2	56,2%	12,5%
	1	6	6	37,5%	37,5%
	2	1	7	6,2%	43,8%
	3	0	1		6,2%
	4	0	0		

Em termos estatísticos no que concerne à integridade marginal não se observam diferenças estatisticamente significativas ($U = 84.00$; $Z = -1.783$; $p = 0.102$), por outro lado para a qualidade das paredes observam-se diferenças estatisticamente significativas ($U = 50.50$; $Z = -3.093$; $p = 0.003$), como ilustrado no Gráfico 1.

Gráfico 1 - Distribuição de valores nos dois grupos respeitantes à integridade marginal (a) e à qualidade das paredes (b)



a) Integridade marginal

b) Qualidade das paredes

No que diz respeito ao tempo de preparação dos 3 mm apicais a Tabela VII apresenta alguns dados estatísticos. No entanto, não foram encontradas diferenças estatisticamente significativas ($U = 120.00$; $Z = -0.302$; $p = 0.780$) entre os dois grupos.

Tabela VII - Valores obtidos para os dois grupos relativamente ao tempo (segundos) de realização da preparação apical.

		CVDentus	NSK
Tempo de Preparação (s)	Média	60.56	55.56
	Desvio Padrão	33.18	20.41
	Mínimo	30	34
	Máximo	160	96

Nas Figuras 4, 5 e 6, estão representadas imagens das pontas ultrassónicas do grupo 1 (CVDentus) e grupo 2 (NSK) obtidas com microscopia electrónica de varrimento (MEV), antes e depois de efetuarem as preparações apicais.

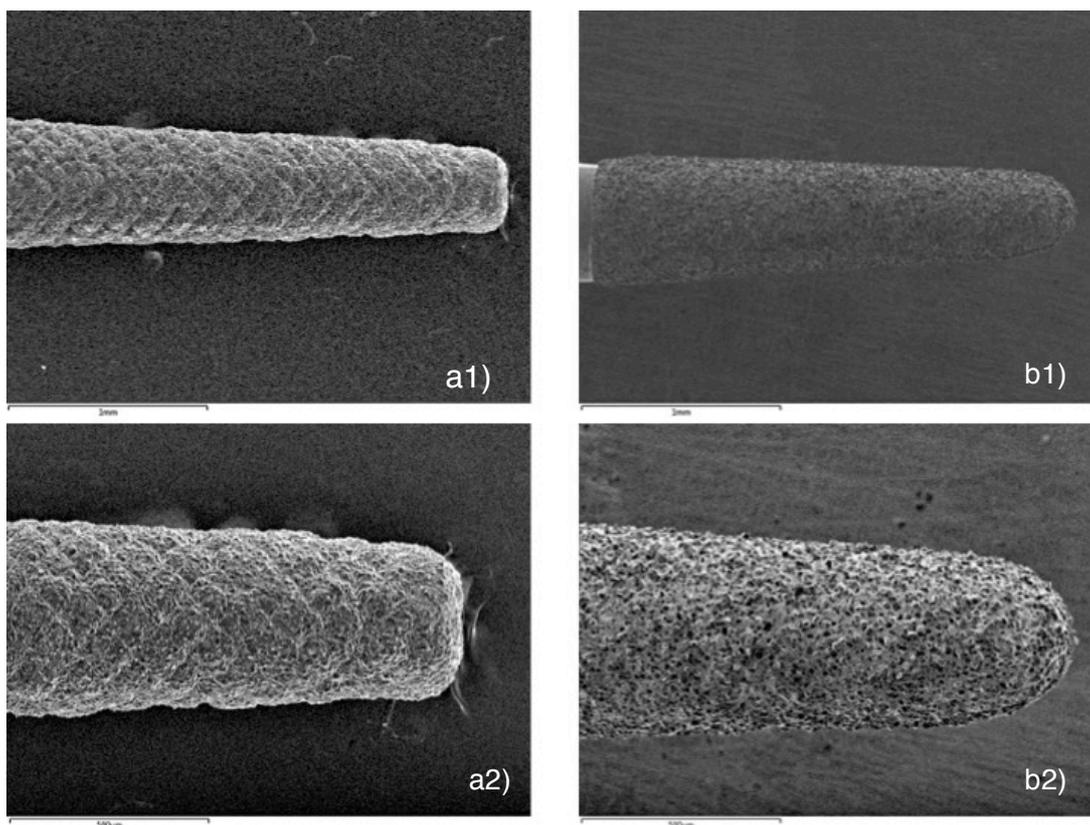


Figura 4 – Imagens de microscopia eletrônica de varrimento (MEV) das pontas ultrassônicas do grupo 1(CVDentus) e grupo 2(NSK): a1) ponta CVDentus[®] nova (ampliação de 50x); b1) ponta NSK[®] nova (ampliação de 50x); a2) ponta CVDentus[®] nova (ampliação de 100x); b2) ponta NSK[®] nova(ampliação de 100x).

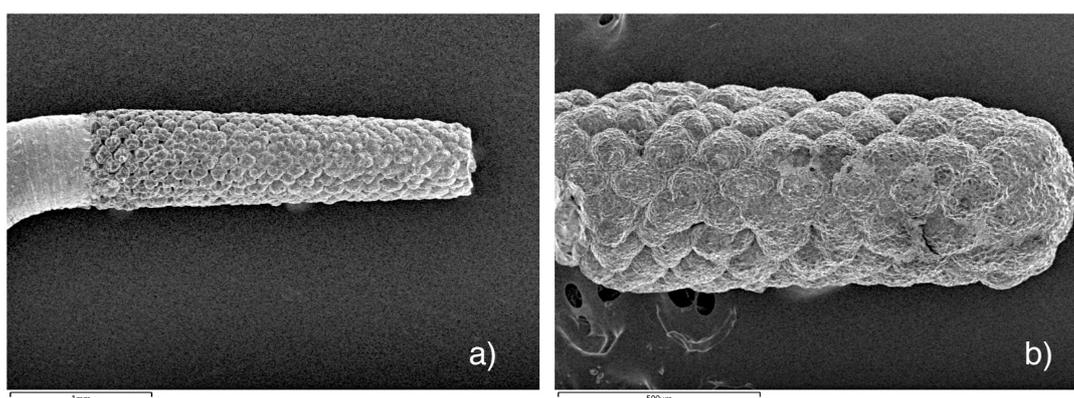


Figura 5 – Imagens de microscopia eletrônica de varrimento (MEV) de uma ponta ultrassônicas do grupo 1(CVDentus): a) ponta CVDentus[®] usada fragmento 1 (ampliação de 35x), b) ponta CVDentus[®] usada fragmento 2(ampliação de 100x).

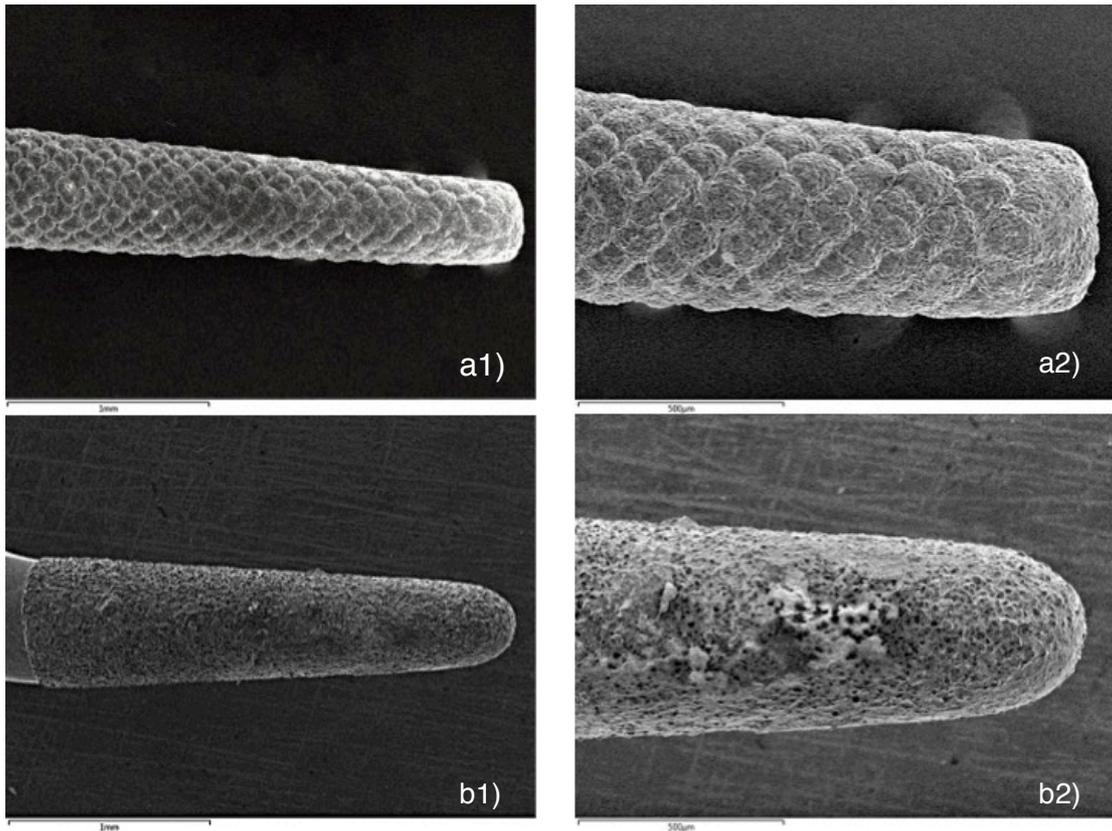


Figura 6 – Imagens de microscopia eletrônica de varrimento (MEV) das pontas ultrassônicas do grupo 1(CVDentus) e grupo 2(NSK): a1) ponta CVDentus[®] usada (ampliação de 50x); a2) ponta CVDentus[®] usada (ampliação de 100x); b1) ponta NSK[®] usada (ampliação de 50x); b2) ponta NSK[®] usada (ampliação de 100x).

Discussão

O uso de pontas ultrassónicas para realização de preparações apicais em cirurgia endodôntica, surge como um tema de elevada importância e vários estudos foram surgindo para verificar a sua eficiência assim como outros que comparam os ultrassons com os instrumentos rotatórios. Contudo, devido a uma grande variabilidade de resultados entre os vários estudos ainda não é possível afirmar com certeza o verdadeiro impacto dos ultrassons.

Alguns estudos ^{17,29,41}, em que se compararam preparações apicais realizadas por duas técnicas diferentes, ultrassons e instrumentos rotatórios, concluíram que os instrumentos rotatórios (brocas) alcançavam melhores resultados, sendo que os ultrassons produziram mais cavidades com margens irregulares, além de o número de fraturas registado e o tempo médio de preparação ser maior. Contudo, outros estudos mais recentes ^{30,46,47}, relataram que a técnica com recurso a ultrassons apresenta melhores resultados quando comparada com a convencional. Sendo as taxas de sucesso clínico mais elevadas para os ultrassons. Uma possível explicação para este facto reside na maior facilidade de acesso, principalmente em molares, quando utilizados ultrassons ³⁰.

A literatura ^{14,20,25,36,44,48}, sugere que para obter resultados clinicamente relevantes, a investigação deve ser preferencialmente realizada *in situ*, porque aos estudos *in vitro* são atribuídas algumas condicionantes, como as forças exercidas durante a extração das peças dentárias, a possível desidratação do dente durante os procedimentos assim como um inadequado armazenamento, além da ausência de ligamento periodontal ^{8,14,18,20,33,44,49}. O uso de cadáveres surge assim como uma tentativa de criar condições que se assemelhem a um estudo *in situ* ^{14,25,48}.

No presente estudo, apenas se incluíram dentes recém-extraídos e a manutenção das amostras em meio húmido foi assegurada durante as várias etapas, recorremos a blocos de silicone para minimizar a problemática da ausência de ligamento periodontal e fixar a peça dentária nos procedimentos de instrumentação apesar de num estudo de Gondin *et al.*²², o uso de métodos que permitam fixar as peças dentárias não prevenir o aparecimento de fraturas após preparação apical. Perante estas condicionantes características de um estudo *in vitro*, é possível que no presente estudo tenhamos obtido uma superestimação de fraturas.

Khabbaz *et al.*²¹ relatou que o desenvolvimento de fraturas não está relacionado com a espessura de dentina remanescente, mas sim com a ponta de ultrassons, contudo Abedi *et al.*¹⁷, afirma que a espessura da dentina circundante é um factor de relevo, sugerindo que o uso do ultrassons não é aconselhado a paredes com menos de 1mm de espessura.

Na busca de melhores resultados, verificou-se um aperfeiçoamento e introdução de novos materiais, como é o caso das pontas ultrassónicas revestidas a diamante, que foram introduzidas na esperança de minimizar as fraturas dentárias devido à sua maior capacidade de corte, reduzindo assim o tempo de preparação^{6,50}^{19,34}. Ainda como resultado desta atualização constante de materiais, surgiu um novo processo de fabrico de pontas ultrassónicas, que consiste numa deposição química em fase vapor (CVD) de diamante numa haste de molibdénio, permitindo assim a deposição de uma camada espessa de diamante puro que cobre toda a superfície da ponta, formando assim uma peça única^{19,24,51}.

Neste trabalho experimental, os dentes foram instrumentados e obturados, para que além de avaliarmos as fraturas pudéssemos também avaliar a presença de detritos (remanescentes de guta-percha) nas paredes da cavidade, reproduzindo assim de forma mais fidedigna uma situação clínica. Apesar de algumas investigações terem sido realizadas com dentes instrumentados e obturados^{20,21,23,35,37} o mesmo não aconteceu noutras investigações, como por exemplo a de Gondim *et al.*²² onde tais procedimentos não foram empregues. É relatado num estudo *in vitro* de Beling *et al.*⁴, não existir diferença significativa entre dentes não instrumentados e dentes instrumentados e obturados, quanto ao número ou tipo de fraturas após apicectomia ou preparação apical. Por outro lado Onnink *et al.*⁵² relatou diferenças significativas entre canais instrumentados e canais não instrumentados, neste sentido foram excluídos os dentes com fraturas após apicetomia, para evitar possíveis fraturas inerentes à instrumentação canalar^{53,54}.

Segundo um estudo realizado por Khabbaz *et al.*²¹ e outro por Waplinton *et al.*⁴⁰, a preparação efetuada com instrumentos rotatórios é mais rápida que a ultrassónica, porém um outro estudo realizado por Engel & Steiman³³ descreveu que o tempo de preparação é semelhante. Sabemos, todavia, que na prática clínica os instrumentos ultrassónicos podem ser mais rápidos por permitirem uma melhor acessibilidade ao ápice radicular e exigirem assim uma menor remoção óssea (osteotomia). É sugerido por Gunes & Aydinbelge¹⁶ que para alcançarmos uma boa cooperação entre o médico dentista e o doente é importante que tempo de

preparação seja reduzido. Apresentando-se assim como um parâmetro clínico importante ^{21,23,27,33,37,40}. Todavia, Peters *et al.*³⁷ e Tobon-Arroyave *et al.*⁵⁵, encontraram uma correlação entre a incidência de fraturas e o tempo necessário para realizar a preparação apical, estando um maior tempo de instrumentação associado a fraturas. Além disso Taschieri *et al.*²⁰ e Liu *et al.*⁷, referiram que a qualidade das preparações está diretamente relacionada com o tempo destas, sendo que as preparações efetuadas em menos tempo apresentam resultados superiores.

No presente estudo, não houve diferenças significativas entre ambos os grupos para o tempo médio de instrumentação, tendo o grupo 1 (CVDentus) um tempo médio de 60,56 (s) e o grupo 2 (NSK) 55,56 (s). Estes resultados são melhores que os de Ishikawa *et al.*²³ que numa ponta diamantada relatou um tempo médio de 69,10s, contudo em relação ao estudo de Bernardes *et al.*¹⁹ obtivemos resultados piores, dado que segundo este autor as pontas ultrassónicas CVD conseguem efetuar uma preparação num tempo medio de 17,94s e as outras pontas ultrassónicas diamantadas testadas (Satelec / Trinity) demoraram aproximadamente 45 segundos. Bernardes *et al.*¹⁹ refere também que as pontas ultrassónicas CVD apresentam uma maior eficiência de corte, característica que não verificamos no presente estudo. Nesta investigação não conseguimos correlacionar o tempo de instrumentação com a incidência de fraturas, no entanto apesar de ainda ter sido definido um tempo de trabalho “ideal” cogitamos que o tempo de preparação possa ter contribuído para o número de fraturas.

Nos estudos de Gondim *et al.*²² e Khabbaz *et al.*²¹ não se encontraram fraturas na análise pré-operatória, no entanto nos estudos de Layton *et al.*¹⁸ e de Beling *et al.*⁴ houve registo de fraturas após apicectomia. No presente estudo, houve registo de fraturas após apicectomia, contudo as amostras que apresentaram fraturas não foram usadas, metodologia semelhante à já empregue num estudo de Liu *et al.*⁷.

Com o objectivo de detectar possíveis fraturas após preparação apical, foram tiradas fotomicrografias em três tempos distintos (imediatamente após a preparação, 24h após, 7dias após), de modo a verificar a possível propagação de fraturas já existentes e identificadas na primeira observação (“imediatamente após a preparação”), como também o possível surgimento de novas fraturas. As fotomicrografias foram tiradas com ampliações 20x e 40x (ampliações baixas) o que segundo alguns estudos ^{22,40,48,49}, pode ter impossibilitado a detecção de fraturas,

sugerindo assim que a incidência de fraturas possa variar em função da ampliação usada. A ampliação surge assim como um fator a ser considerado na detecção de fraturas, contudo achamos necessário a realização de mais estudos.

Gray *et al.*³⁶ e Ishikawa *et al.*²³, concluíram que a variação de potência na unidade de ultrassons não é significativa no resultado final das preparações apicais, no entanto outros estudos^{2,18,20} mostram o contrário, relatando que houve um aumento da ocorrência de fraturas quando os ultrassons foram usados na configuração de alta potência. De Bruyne & De Moor¹⁴, por sua vez relataram que ocorreu um número maior de fraturas quando os ultrassons estavam configurados em baixa potência, sendo os melhores resultados atingidos com uma configuração de alta potência.

No presente estudo, as configurações de potência usadas foram as recomendadas pelos fabricantes, 30% da potência máxima, no entanto são necessárias mais investigações no sentido de determinar a potência ideal.

Nos estudos de Bernardes *et al.*¹⁹ e Batista de Faria-Junior *et al.*²⁴ não houve ocorrência de fraturas nos grupos preparados por ultrassons, contudo Peters *et al.*³⁷ e Ishikawa *et al.*²³ relataram nos seus estudos uma incidência de fraturas de 2,1% e 4,7% respectivamente. No presente estudo, com uma amostra de 32 dentes registámos a ocorrência de quatro fraturas, sendo a incidência igual nos dois grupos, 12,5% (2 fraturas) no grupo 1(CVDentus) e 12,5% (2 fraturas) no grupo 2 (NSK), não existindo assim diferenças significativas entre as duas pontas testadas. Os resultados mais próximos dos obtidos neste estudo experimental são os de Liu *et al.*⁷, em que não se encontraram diferenças significativas entre os grupos para o número de fraturas, sendo que o grupo preparado com pontas ultrassônicas diamantadas (AS3D) apresentava três fraturas.

Tendo em conta as condições específicas do presente estudo, após a análise das fotomicrografias (24h após, 7dias após), verificamos que não há propagação de fraturas nem surgimento de novas quando as amostras não estão sujeitas ao impacto dos ultrassons. Contudo numa situação *in vivo* há outras variáveis a considerar, como por exemplo o efeito das forças mastigatórias na raiz da peça dentária, já sugerido por Onnink *et al.*⁵². O tempo de “follow-up” neste estudo pode ter sido reduzido para avaliar o efeito de propagação da fratura, o que pode ter influenciado os resultados. Sentimos, no entanto, que são necessários mais estudos para formular uma conclusão.

Num estudo de Layton *et al.*¹⁸, após preparação apical da raiz surgiram três tipos de fraturas: fratura no canal (completa / incompleta); fraturas intradentina e fraturas no cimento. Relatou também uma incidência significativamente maior para fraturas do tipo canal. Num estudo posterior, Rainwater *et al.*³⁵, relatou ter encontrado três tipos diferentes de fraturas no seu estudo, sendo elas do tipo intracanal, extracanal e fraturas completas.

No presente estudo, após a análise das fotomicrografias das preparações apicais, verificámos que apenas se registaram fraturas do tipo intracanal. Não se registaram, fraturas intradentina, extracanal, ou fraturas completas. Deste modo, verificamos que não existiam diferenças significativas entre os grupos quanto ao tipo de fraturas, estando este resultado em concordância com os estudos de Rainwater *et al.*³⁵ e Taschieri *et al.*²⁰. As fraturas foram encontradas nas paredes de dentina mais amplas, o que está de acordo com os resultados obtidos por De Bruyne & De Moor¹⁴, em que apenas algumas fraturas eram situadas na zona mais estreita da superfície radicular. Outros estudos^{2,17} por sua vez relatam o inverso, havendo maior incidência de fraturas nas paredes com uma menor espessura de dentina.

Uma possível explicação para os resultados obtidos neste trabalho experimental, é o facto do número de fraturas encontrado ser reduzido, tendo sido contabilizadas apenas quatro fraturas para ambos os grupos.

A existência de irregularidades nas margens das cavidades preparadas por ultrassons é frequente^{14,21,22,36,40,41}, não sendo ainda clara a importância da integridade marginal, contudo pensa-se que esta possa prejudicar o selamento apical proporcionado pelos materiais retro-obturadores.

Tem sido sugerido com o objectivo de melhorar a qualidade das preparações apicais, que estas devam ser iniciadas com uma ponta ultrassónica diamantada, devido à sua capacidade de corte ser maior, conseguindo por isso remover melhor os materiais de obturação do canal radicular, sendo esta de seguida substituída por uma ponta ultrassónica suave para alisar e limpar as paredes da cavidade⁵.

Waplinton *et al.*⁴⁰, observaram que todas as margens da preparação apical apresentavam-se irregulares no grupo preparado por ultrassons. No presente estudo, ambos os grupos apresentaram cavidades com margens irregulares (“integridade marginal”) após a preparação apical, sendo que a maioria das preparações apresentava pelo menos um defeito, o que está em concordância com os resultados de Khabbaz *et al.*²¹, além disso não existiram diferenças significativas entre os grupos o que está em concordância com um estudo de Bernardes *et al.*¹⁹.

A “qualidade das paredes” também se apresenta como um parâmetro importante na preparação apical, sendo esta no presente estudo quantificada tendo em conta o número de detritos (raspas de dentina e/ou restos remanescentes de guta-percha) presentes no interior da preparação. O grupo 1 (CVDentus) foi significativamente melhor quando comparado com o grupo 2 (NSK), apresentando um número menor de detritos nas paredes da preparação. Contudo os efeitos destes detritos no resultado final do tratamento são ainda desconhecidos e requerem mais estudos clínicos.

Com o objectivo de verificar o desgaste sofrido pelas pontas ultrassónicas no decorrer do estudo, foi efectuada uma análise de microscopia eletrónica de varrimento à superfície das pontas. Esta análise foi feita por comparação direta de imagens MEV de pontas novas com imagens MEV das pontas usadas.

Para o grupo 1 (CVDentus), não se verificaram grandes alterações na superfície. A perda de partículas não é visível, inclusive o ponto ativo ainda apresenta uma morfologia semelhante à morfologia inicial, o que segundo Bernardes *et al.*¹⁹ é atribuído ao processo de fabrico CVD característico destas pontas. Por outro lado no grupo 2 (NSK), verificámos um extenso desgaste na superfície com grandes alterações na sua morfologia e uma perda acentuada de partículas por toda a superfície, não estando o desgaste localizado à parte mais ativa. O que está de acordo com Liu *et al.*⁷, que verificaram um desgaste acentuado nas pontas ultrassónicas diamantadas após cerca de dez utilizações.

Walmsley *et al.*⁵⁶ e Paz *et al.*²⁶, descreveram que pontas ultrassónicas com menor diâmetro (finas) eram mais propensas à fratura. Contudo, no presente estudo houve registo de uma fratura de uma ponta ultrassónica do grupo 1(CVDentus) apesar de o diâmetro das pontas ser idêntico em ambos os grupos.

Bernardes *et al.*¹⁹ descreveu que as pontas ultrassónicas CVD são mais robustas que as restantes, no entanto, o mesmo não se verificou neste trabalho experimental, porque apesar destas apresentarem menos desgaste na análise feita através de MEV, a única fratura registada neste estudo sucedeu neste tipo de pontas (grupo 1), podendo no entanto ser uma ocorrência isolada e ao acaso .

Apesar dos resultados apresentados, é importante referir que o delineamento experimental entre os vários estudos é diferente, deixando assim que possíveis comparações de resultados sejam difíceis de alcançar.

Apresentam-se como possíveis variáveis o tipo de desenho das pontas ultrassónicas, os materiais e métodos de avaliação e o diâmetro apical dos espécimes utilizados, entre outros ²⁰.

Até uma padronização no desenho do estudo experimental ser alcançada, a comparação entre os diferentes estudos poderá levar a conclusões de validade limitada quando transponíveis para a realidade clínica.

Conclusão

Com base no presente estudo e tendo em conta as condições em que este se realizou, podemos afirmar que existem diferenças significativas entre as duas pontas ultrassónicas para a qualidade de preparação das paredes apicais, sendo que as pontas CVDentus apresentaram melhores resultados. Em relação ao número tipo e localização de fraturas, assim como o tempo médio de preparação e integridade marginal as pontas ultrassónicas testadas apresentaram resultados similares. O tempo decorrido após a preparação apical por si só, não mostrou ser um factor capaz de influenciar o surgimento de novas fraturas assim como a propagação de fraturas já existentes.

Bibliografia

1. Ayrancı F, Ayrancı LB, Arslan H, Omezlı MM, Topcu MÇ. Assessment of root surfaces of apicected teeth : A scanning electron microscopy evaluation. *Ningerian J Clin Pract.* 2015;18(2):198-202.
2. Frank RJ, Antrim DD, Bakland LK. Effect of retrograde cavity preparations on root apexes. *Endod Dent Traumatol.* 1996;12(2):100-103.
3. Park E. Ultrasonics in endodontics. *Endod Top.* 2013;29:125-159. doi:10.1111/etp.12044.
4. Beling KL, Marshall JG, Morgan L a, Baumgartner JC. Evaluation for cracks associated with ultrasonic root-end preparation of gutta-percha filled canals. *J Endod.* 1997;23(5):323-326.
5. Plotino G, Pameijer CH, Maria Grande N, Somma F. Ultrasonics in Endodontics: A Review of the Literature. *J Endod.* 2007;33(2):81-95.
6. Navarre SW, Steiman HR. Root-end fracture during retropreparation: a comparison between zirconium nitride-coated and stainless steel microsurgical ultrasonic instruments. *J Endod.* 2002;28(4):330-332.
7. Liu Z, Zhang D, Li Q, Xu Q. Evaluation of root-end preparation with a new ultrasonic tip. *J Endod.* 2013;39(6):820-823.
8. Del Fabbro M, Tsesis I, Rosano G, Bortolin M, Taschieri S. Scanning electron microscopic analysis of the integrity of the root-end surface after root-end management using a piezoelectric device: A cadaveric study. *J Endod.* 2010;36(10):1693-1697.
9. Aydemir S, Cimilli H, Hazar Yoruç A, Kartal N. Evaluation of two different root-end cavity preparation techniques: A scanning electron microscope study. *Eur J Dent.* 2013;7(2):186.
10. Gutmann JL. Surgical endodontics : past , present , and future. *Endod Top.* 2014;30:29-43.
11. Brent PD, Morgan L a, Marshall JG, Baumgartner JC. Evaluation of diamond-coated ultrasonic instruments for root-end preparation. *J Endod.* 1999;25(10):672-675.
12. Von Arx T, Kunz R, Schneider AC, Bürgin W, Lussi A. Detection of dentinal cracks after root-end resection: An ex vivo study comparing microscopy and endoscopy with scanning electron microscopy. *J Endod.* 2010;36(9):1563-1568.
13. Tomson PLM, Lea SC, Lumley PJ, Walmsley a. D. Performance of Ultrasonic Retrograde Systems. *J Endod.* 2007;33(5):574-577.
14. De Bruyne MAA, De Moor RJG. SEM analysis of the integrity of resected root apices of cadaver and extracted teeth after ultrasonic root-end preparation at different intensities. *Int Endod J.* 2005;38(5):310-319.
15. Rodríguez-Martos R, Torres-Lagares D, Castellanos-Cosano L, Serrera-Figallo MA, Segura-Egea JJ, Gutierrez-Perez JL. Evaluation of apical preparations performed with ultrasonic diamond and stainless steel tips at different intensities using a scanning

- electron microscope in endodontic surgery. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal*. 2012;17(6):988-993.
16. Gunes B, Aydinbelge H. Effects of ultrasonic root-end cavity preparation with different surgical-tips and at different power-settings on glucose-leakage of root-end filling material. *J Conserv Dent*. 2014;17(5):476.
 17. Abedi HR, Van Mierlo BL, Wilder-Smith P, Torabinejad M. Effects of ultrasonic root-end cavity preparation on the root apex. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*. 1995;80(2):207-213.
 18. Layton CA, Marshall JG, Morgan L a, Baumgartner JC. Evaluation of Cracks Associated with Ultrasonic Root-End Preparation. *J Endod*. 1996;22(4):157-160.
 19. Bernardes R a., de Moraes IG, Garcia RB, et al. Evaluation of Apical Cavity Preparation With a New Type of Ultrasonic Diamond Tip. *J Endod*. 2007;33(4):484-487.
 20. Taschieri S, Testori T, Francetti L, Del Fabbro M. Effects of ultrasonic root end preparation on resected root surfaces: SEM evaluation. *Oral Surgery, Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endodontology*. 2004;98(5):611-618.
 21. Khabbaz MG, Kerezoudis NP, Aroni E, Tsatsas V. Evaluation of different methods for the root-end cavity preparation. *Oral Surgery, Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endodontology*. 2004;98(2):237-242.
 22. Gondim E, Gomes BPFDA, Ferraz CCR, Teixeira FB, Souza-Filho FJ De. Effect of sonic and ultrasonic retrograde cavity preparation on the integrity of root apices of freshly extracted human teeth: scanning electron microscopy analysis. *J Endod*. 2002;28(9):646-650.
 23. Ishikawa H, Sawada N, Kobayashi C, Suda H. Evaluation of root-end cavity preparation using ultrasonic retrotips. *Int Endod J*. 2003;36(9):586-590.
 24. Batista de Faria-Junior N, Tanomaru-Filho M, Guerreiro-Tanomaru JM, de Toledo Leonardo R, Camargo Villela Berbert FL. Evaluation of Ultrasonic and ErCr:YSGG Laser Retrograde Cavity Preparation. *J Endod*. 2009;35(5):741-744.
 25. Mehlhaff DS, Marshall JG, Baumgartner JC. Comparison of ultrasonic and high-speed-bur root-end preparations using bilaterally matched teeth. *J Endod*. 1997;23(7):448-452.
 26. Paz E, Satovsky J, Moldauer I. Comparison of the cutting efficiency of two ultrasonic units utilizing two different tips at two different power settings. *J Endod*. 2005;31(11):824-826.
 27. Saunders WP, Saunders EM, Gutmann JL. Ultrasonic root-end preparation, Part 2. Microleakage of EBA root-end fillings. *Int Endod J*. 1994;27(6):325-329.
 28. Wuchenich G, Meadows D, Torabinejad M. A comparison between two root end preparation techniques in human cadavers. *J Endod*. 1994;20(6):279-282.
 29. Chou HG, Lin CP, Kuo JC, Lan WH. Scanning electron microscopic evaluation of the cleanliness of a new ultrasonic root end preparation. *J Formos Med Assoc*. 1997;96(9):727-733.

30. De Lange J, Putters T, Baas EM, van Ingen JM. Ultrasonic root-end preparation in apical surgery: a prospective randomized study. *Oral Surgery, Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endodontology*. 2007;104(6):841-845.
31. Abella F, De Ribot J, Doria G, Duran-Sindreu F, Roig M. Applications of piezoelectric surgery in endodontic surgery: A literature review. *J Endod*. 2014;40(3):325-332.
32. Lin CP, Chou HG, Kuo JC, Lan WH. The quality of ultrasonic root-end preparation: a quantitative study. *J Endod*. 1998;24(10):666-670.
33. Engel TK, Steiman HR. Preliminary investigation of ultrasonic root end preparation. *J Endod*. 1995;21(9):443-445.
34. Bernardes RA, de Souza Junior JV, Duarte M a H, de Moraes IG, Bramante CM. Ultrasonic Chemical Vapor Deposition-coated Tip versus High- and Low-speed Carbide Burs for Apicoectomy: Time Required for Resection and Scanning Electron Microscopy Analysis of the Root-end Surfaces. *J Endod*. 2009;35(2):265-268.
35. Rainwater A, Jeansonne BG, Sarkar N. Effects of ultrasonic root-end preparation on microcrack formation and leakage. *J Endod*. 2000;26(2):72-75.
36. Gray GJ, Hatton JF, Holtzmann DJ, Jenkins DB, Nielsen CJ. Quality of root-end preparations using ultrasonic and rotary instrumentation in cadavers. *J Endod*. 2000;26(5):281-283.
37. Peters CI, Peters O a., Barbakow F. An in vitro study comparing root-end cavities prepared by diamond-coated and stainless steel ultrasonic retrotips. *Int Endod J*. 2001;34(2):142-148.
38. Wright HM, Loushine RJ, Weller RN, Kimbrough WF, Waller J, Pashley DH. Identification of resected root-end dentinal cracks: a comparative study of transillumination and dyes. *J Endod*. 2004;30(10):712-715.
39. Slaton CC, Loushine RJ, Weller N, M. Harry Parker, Kimbrough F, Pashley DH. Identification of Resected Root-end Dentinal Cracks: A Comparative Study of Visual Magnification. *J Endod*. 2003;29(8):519-522.
40. Waplinton M, Lumley PJ, Walmsley AD. Incidence of root face alteration after ultrasonic retrograde cavity preparation. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*. 1997;83(3):387-392.
41. Lloyd A, Jaunberzins A, Dummer PM, Bryant S. Root-end cavity preparation using the MicroMega Sonic Retro-prep Tip. SEM analysis. *Int Endod J*. 1996;29(5):295-301.
42. Von Arx T. Apical surgery: A review of current techniques and outcome. *Saudi Dent J*. 2011;23(1):9-15.
43. Tsisis I, Faivishevsky V, Kfir A, Rosen E. Outcome of Surgical Endodontic Treatment Performed by a Modern Technique: A Meta-analysis of Literature. *J Endod*. 2009;35(11):1505-1511.
44. Calzonetti KJ, Iwanowski T, Komorowski R, Friedman S. Ultrasonic root end cavity preparation assessed by an in situ impression technique. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*. 1998;85(2):210-215.

45. Casau M, Palma P, Santos JM. Evaluation of root-end preparation with two different ultrasonic tips. 2013:1-32.
46. Testori T, Capelli M, Milani S, Weinstein RL. Success and failure in periradicular surgery: a longitudinal retrospective analysis. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 1999;87(4):493-498.
47. Vallecillo Capilla M, Muñoz Soto E, Reyes Botella C, Prados Sánchez E, Olmedo Gaya MV. Periapical surgery of 29 teeth. A comparison of conventional technique, microsaw and ultrasound. *Med Oral.* 2002;7(1):46-49, 50-53.
48. Min MM, Brown CE, Legan JJ, Kafrawy a H. In vitro evaluation of effects of ultrasonic root-end preparation on resected root surfaces. *J Endod.* 1997;23(10):624-628.
49. Morgan L a, Marshall JG. A scanning electron microscopic study of in vivo ultrasonic root-end preparations. *J Endod.* 1999;25(8):567-570.
50. Godfrey MP, Kulild JC, Walker MP. A Comparison of the Dentin Cutting Efficiency of 4 Pointed Ultrasonic Tips. *J Endod.* 2013;39(7):897-900.
51. Lima LM. Cutting characteristics of dental diamond burs made with CVD technology. *Braz Oral Res.* 2006;20(2):155-161.
52. Onnink PA, Davis RD, Wayman BE. An in vitro comparison of incomplete root fractures associated with three obturation techniques. *J Endod.* 1994;20(1):32-37.
53. Liu R, Kaiwar A, Shemesh H, Wesselink PR, Hou B, Wu MK. Incidence of apical root cracks and apical dentinal detachments after canal preparation with hand and rotary files at different instrumentation lengths. *J Endod.* 2013;39(1):129-132.
54. Liu R, Hou BX, Wesselink PR, Wu MK, Shemesh H. The incidence of root microcracks caused by 3 different single-file systems versus the protaper system. *J Endod.* 2013;39(8):1054-1056.
55. Tobon-Aroyave SI, Restrepo-Perez MM, Arismendi-Echavarría JA, Velasquez-Restrepo Z, Marin-Botero ML, Garcia-Dorado EC. Ex vivo microscopic assessment of factors affecting the quality of apical seal created by root-end fillings. *Int Endod J.* 2007;40(8):590-602.
56. Walmsley AD, Lumley PJ, Johnson WT, Walton RE. Breakage of ultrasonic root-end preparation tips. *J Endod.* 1996;22(6):287-289.