

ANÁLISE DE FALHAS NA SUPERFÍCIE ATIVA DE DIFERENTES INSTRUMENTOS DE NÍQUEL-TITÂNIO POR MEIO DA MICROSCOPIA ELETRÔNICA DE VARREDURA

ANALYSIS OF FAILURE IN THE ACTIVE SURFACE OF DIFFERENT NICKEL-TITANIUM INSTRUMENTS BY SCANNING ELECTRON MICROSCOPY

Júlia Martins ABRAHÃO¹; Angelita Santos MATOS¹; Mariana Silva XAVIER¹; Ana Elisa da Silva PAULA¹; Ismael Fernandes da SILVA-JÚNIOR²; Mônica Misae ENDO³; Helder Fernandes de OLIVEIRA⁴.

1 - Acadêmica do 7º período do curso de Odontologia da UniEvangélica, Centro Universitário de Anápolis.

2 – Aluno do Programa de Pós-graduação em Odontologia da UniEvangélica, Centro Universitário de Anápolis.

3 - Professora Adjunta da Disciplina de Endodontia do curso de Odontologia da UniEvangélica, Centro Universitário de Anápolis.

4 - Professor Adjunto da Disciplina de Endodontia do curso de Odontologia da UniEvangélica Centro Universitário de Anápolis.

RESUMO

Objetivo: Analisar falhas de fabricação na superfície ativa de diferentes instrumentos de níquel-titânio por meio da microscopia eletrônica de varredura. Material e método: Foram analisados um total de 33 instrumentos distribuídos em dois grupos de acordo com a procedência: G1 - Sistema Protaper Next[®] sendo analisados 03 kits de 05 instrumentos de NiTi cada (X1 – 17/0.04; X2 – 25/0.06; X3 – 30/0.07; X4 – 40/0.06; X5 – 50.0.06); G2 - Sistema Biorace[®], sendo analisados 03 kits constituído de 06 instrumentos cada (BR0 – 25/0.08; BR1 – 15/0.05; BR2 – 25/0.04; BR3 – 25/0.06; BR4 – 35/0.04; BR5 – 40/0.04); Os instrumentos foram retirados da embalagem e direcionados para a análise de falhas na superfície ativa em imagens de microscopia eletrônica de varredura. Para determinação das falhas na superfície do instrumento, dividiu-se a parte ativa de 16mm em 14 partes de 2,55mm cada (S1-S7), nominadas

seguimentos de 1 ao 7. Resultados: As frequências de defeitos encontradas para cada segmento dos instrumentos analisados foram cruzadas com os dados do número do instrumento por meio do teste do Qui-quadrado. Houve influência de uma variável sobre a outra apenas quando se analisou o segmento 1 do kit Protaper Next ($p=0,005$). O instrumento X4 mostrou um número maior de falhas que os demais instrumentos. A relação entre o número de defeitos observados nos diferentes sistemas de instrumentos foi avaliada pelo teste do Qui-quadrado. Não foram encontradas diferenças estatisticamente significantes entre Biorace e Protaper Next ($p>0,05$). Conclusão: Ambos os instrumentos dos grupos analisados apresentaram algum tipo de falha na superfície ativa.

Palavras-chave: Endodontia; Preparo de canal radicular; Microscopia eletrônica de varredura.

INTRODUÇÃO

A elasticidade e a capacidade de voltar à forma original são características importantes para um instrumento endodôntico. Devido à complexa anatomia do sistema de canais radiculares e a dificuldade para se alcançar o sucesso endodôntico, os instrumentos de níquel-titânio são fundamentais para o preparo, uma vez que acompanham o trajeto do canal radicular¹⁻³.

Dentro desse contexto é relevante que o profissional conheça as propriedades físicas e mecânicas dos instrumentos de níquel-titânio para identificar as vantagens do material em relação às outras ligas metálicas. Os instrumentos de níquel-titânio são fabricados por usinagem, a partir de uma haste cônica, com seção transversal e em forma de U, sendo o sentido da hélice à esquerda e os dentes de corte espaçados ao redor da haste. Após o processo de usinagem alguns defeitos superficiais podem ser observados, e estes podem concentrar tensões, que podem vir a fraturar durante o uso do instrumento.

As falhas na superfície ativa de instrumentos de níquel-titânio podem contribuir para um maior risco de fratura durante a fase da modelagem do canal radicular. Assim, microfissuras, advindas desses defeitos de usinagem encontrados na superfície podem atuar como centros de propagação de trincas formando fissuras maiores com conseqüente ruptura do metal⁴⁻⁶. Os estudos com microscopia eletrônica de varredura são fundamentais para avaliar os instrumentos após repetidos usos, podendo caracterizar possíveis defeitos de fabricação, desgaste, áreas propensas à fratura, diminuição da capacidade de corte, e assim tentar estabelecer um momento mais próximo do ideal para se fazer o descarte desses instrumentos e conseqüentemente evitar a fratura dos mesmos⁷.

A fratura de instrumentos endodônticos de níquel-titânio (NiTi) mecanizados ocorre por torção ou por flexão rotativa. A maior preocupação na utilização desses instrumentos, independentemente da marca comercial, é a fratura por fadiga

de baixo ciclo, que ocorre quando o instrumento é submetido a um carregamento por flexão rotativa no interior de um canal curvo⁸.

Outro fator importante da liga de níquel-titânio muito questionado por pesquisadores e clínicos é a quantidade de utilização desses instrumentos, que se for usado por repetidas vezes provoca a fadiga dos mesmos. Ela é importante, pois é considerada a maior causa individual de falhas em metais, sendo estimado aproximadamente 90% de todas as falhas metálicas. A fratura por fadiga é imprevisível e acontece sem que haja qualquer aviso prévio e não depende do torque aplicado ao instrumento endodôntico, mas do número de ciclos e da intensidade das tensões trativas e compressivas aplicadas na área flexionada de um instrumento endodôntico.

O propósito do presente estudo foi o de analisar as falhas oriundas do processo de fabricação da superfície ativa de diferentes instrumentos de níquel-titânio por meio da microscopia eletrônica de varredura.

MATERIAL E MÉTODO

No presente estudo foram analisados um total de 33 instrumentos rotatórios de níquel-titânio, distribuídos em dois grupos experimentais de acordo com a procedência:

G1 - Sistema Protaper Next[®] (Dentsply Tulsa Dental, Oklahoma, USA), sendo analisados 03 kits de 05 instrumentos de NiTi cada (X1 – 17/0.04; X2 – 25/0.06; X3 – 30/0.07; X4 – 40/0.06; X5 – 50/0.06); G2 - Sistema Biorace[®] (FKG Dentaire, Switzerland), sendo analisados 03 kits constituído de 06 instrumentos cada (BR0 – 25/0.08; BR1 – 15/0.05; BR2 – 25/0.04; BR3 – 25/0.06; BR4 – 35/0.04; BR5 – 40/0.04);

Posterior à remoção do instrumento da caixa (instrumentos novos), foram direcionados para a análise de falhas na superfície ativa em imagens de microscopia eletrônica de varredura (MEV) Jeol, JSM – 6610, equipado com EDS (Thermo scientific NSS Spectral Imaging), com detector de elétron secundário, tensão de 10 Kv, distância de trabalho WD 10mm, e diâmetro do feixe 40; Laboratório de Microscopia – LabMic, Instituto de Física, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, Brasil.

Para aquisição das imagens, cada instrumento foi analisado em lados A e B, sendo o lado A formado pela face convexa da haste de fixação (mandril) e o B pela face plana (Figura 1). Para determinação de falhas na superfície do instrumento, dividiu-se a parte ativa de 16 mm em 7 partes de 2,55mm cada (S1-S7), nominadas seguimentos de 1 ao 7 (Figura 2).

Um total de 456 imagens de MEV (210 do Sistema Protaper Next e 246 do Sistema Biorace) foram adquiridas em 50X de aumento para a identificação de falhas na superfície dos



Figura 1 - Imagem em 50x (MEV) da haste de fixação do instrumento de NiTi (lados A e B)

instrumentos endodônticos. Nos casos de dúvida aumentos de 500X foram obtidas para melhor visualização e detalhamento de falhas. Para cada instrumento, considerando os lados A e B (7 partes, 2 lados) foram obtidas 14 imagens.

Dentre os critérios para análise das superfícies dos instrumentos foi levado em consideração: Ausência (A) – ausência de falhas; Trinca (T) – descontinuidade aberta na superfície ou interna, originadas de tensões localizadas, cujos valores excedem o limite de ruptura do material; Embotamento (E) – perda de parte cortante (dobramento de uma lâmina); Farpa (F) – ponta penetrante formando ângulo agudo, saliência aguda penetrante de parte cortante. As imagens foram examinadas por três avaliadores, previamente calibrados.

Análise estatística

A frequência dos diferentes defeitos observados em diferentes marcas de instrumentos foi obtida. A relação entre o número de defeitos observados nas diferentes marcas de instrumentos foi avaliada pelo Teste do Qui-quadrado. Foram considerados significativos valores de $p < 0,05$. A análise estatística dos dados foi realizada utilizando o software Statistical Package for the Social Sciences, versão 20 (SPSS, Chicago, IL).

RESULTADOS

Os dados de frequência de defeitos para cada kit de instrumentos rotatórios, número do instrumento, lado e seção avaliados para os grupos analisados estão descritos na tabela 1 e 2. Os resultados mostraram que houve influência de uma variável sobre a outra apenas quando se analisou o segmento 1 do Kit Biorace ($p=0,005$). Os instrumentos BR1 e o BR4 mostraram um número maior de falhas que os demais instrumentos do grupo. Estes resultados podem ser vistos na tabela 1. Para o grupo do Protaper Next, os resultados mostraram que houve influência de uma variável sobre a outra apenas quando se analisou o segmento 1 do sistema Protaper Next ($p=0,005$). O instrumento X4 mostrou um número maior de falhas que os demais instrumentos. Por fim, as frequências de defeitos encontradas para os dois grupos analisados foram comparadas entre si, isso em cada segmento, por meio do teste do Qui-quadrado (segmentos 1 e 2) ou pelo teste Exato de Fisher (segmentos 3, 4, 5 6 e 7) e não foram encontradas diferenças estatisticamente significantes entre Biorace e Protaper Next ($p>0,05$) (Tabela 3).

DISCUSSÃO

A qualidade do acabamento superficial dos instrumentos de níquel titânio utilizados na modelagem do canal radicular é fundamental para o seu desempenho clínico no interior do

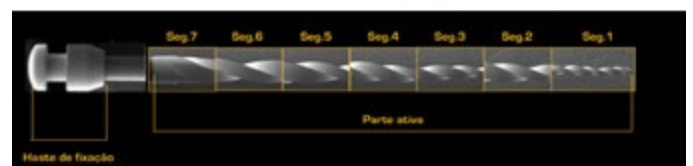


Figura 2 - Ilustração em imagem de MEV do lado A do instrumento Protaper Next[®] caracterizando as áreas de análises de falhas (50x)

complexo sistema de canais radiculares. Durante a aquisição e utilização desses instrumentos no primeiro uso, espera-se uma ausência de defeitos na superfície metálica de sua parte ativa, uma vez que não é possível detectá-los a olho nu⁹.

O propósito do estudo foi o de testar a hipótese de que existem os defeitos de fabricação previamente ao uso desses instrumentos, uma vez que durante o processo de usinagem, o disco de diamante que realiza o corte, dando a forma e o desenho ao instrumento gera um estresse no metal e estrias podem aparecer decorrentes do disco de frisagem. Assim, microtrincas, embotamento, farpas, rachaduras são falhas consequentes desse processo de usinagem o que resulta em uma superfície irregular, estressada e plasticamente deformada resultando em tensões que permanecem na superfície do metal^{10,11}. A detecção desses defeitos de acabamento superficial de instrumentos novos pode contribuir para se evitar uma possível fratura do instrumento principalmente se utilizados por inúmeras vezes^{12,13}.

Há de se entender que houve uma melhora considerável tanto na qualidade da usinagem quanto no polimento eletroquímico antes do acabamento ao se comparar os atuais sistemas de níquel titânio utilizados no estudo (Biorace e Protaper Next) com os primeiros instrumentos introduzidos no mercado, o que possibilitou uma redução das irregularidades produzidas nas lâminas de corte diminuindo o índice de fratura desses instrumentos¹⁴.

O tratamento específico realizado na superfície dos instrumentos Biorace (FKG Dentaire, Switzerland) durante o processo de fabricação, permite uma melhora nas projeções e irregularidades como farpas e embotamento sendo eficiente na eliminação de camadas superficiais defeituosas através da oxidação de superfície. O polimento eletrolítico pode prolongar a vida útil do instrumento, uma vez que reduz as irregularidades de superfície que serve como pontos para a concentração de tensões e ruptura do material^{9,13,15,16}.

A liga M-Wire, que é usada para produzir os instrumentos Protaper Next (Dentsply Tulsa Dental, Oklahoma, USA), se fundamenta em um tratamento termomecânico da liga, que tem como resultado o aumento das temperaturas de transformação, com consequente presença da fase martensita na microestrutura em temperatura ambiente. Este tratamento térmico permitiu uma melhora na flexibilidade e na resistência à fadiga do instrumento de modo a permitir um resultado mais previsível na instrumentação de canais radiculares curvos^{17,19}.

A presença de defeitos antes do uso dos instrumentos é uma realidade, assim como a presença de sujidades ou incrustações na superfície da parte ativa dos instrumentos endodônticos. Em um estudo realizado por Anderson *et al.*¹³ (2007) no qual foram avaliados os instrumentos das marcas EndoWave®, Race® e Profile® todos padronizados no tamanho 30 e taper 0,04 utilizando-se a torção e a fadiga por flexão tendo as imagens do MEV como referência, observou-se que os instrumentos que não receberam polimento eletroquímico apresentaram maior número de defeitos de fabricação como sulcos, fissuras e cavitações e, consequentemente, não tiveram desempenho tão bom quanto os instrumentos que receberam tal polimento eletroquímico.

Apesar desses avanços, os resultados do estudo, mostraram que ambos os grupos experimentais testados apresentaram falhas de acabamento superficial (irregularidades de superfície, embotamento e farpas) nas imagens detectadas pela microscopia

Tabela 1 - Frequências absolutas dos defeitos encontrados no instrumento Biorace, de acordo com o número do instrumento, lado e segmento avaliados

Nº Instrumento	Lado	Defeito	Segmento							Total
			1	2	3	4	5	6	7	
BR0	A	Sim	2	0	1	1	0	0	0	4
		Não	1	3	2	2	3	3	0	14
	B	Sim	0	0	2	0	1	0	0	3
		Não	3	3	1	3	2	3	1	16
BR1	A	Sim	0	1	0	0	0	0	0	1
		Não	3	2	3	3	3	3	3	20
	B	Sim	0	1	0	0	0	1	0	2
		Não	3	2	3	3	3	2	3	19
BR2	A	Sim	1	1	0	0	0	0	0	2
		Não	2	2	3	3	3	3	3	19
	B	Sim	1	0	0	0	0	1	0	2
		Não	2	3	3	3	3	2	3	19
BR3	A	Sim	0	0	0	0	1	1	0	2
		Não	3	3	3	3	2	2	3	19
	B	Sim	0	0	0	0	0	0	1	1
		Não	3	3	3	3	3	3	2	20
BR4	A	Sim	0	0	1	0	0	1	0	2
		Não	3	3	2	3	3	2	3	19
	B	Sim	0	0	1	1	1	0	1	4
		Não	3	3	2	2	2	3	2	17
BR5	A	Sim	0	0	0	1	1	0	0	2
		Não	3	3	3	2	2	3	3	19
	B	Sim	0	1	0	0	0	1	0	2
		Não	3	2	3	3	3	2	3	19
Total			36	36	36	36	36	36	31	246

Tabela 2 - Frequências absolutas dos defeitos encontrados no instrumento Protaper Next, de acordo com o número do instrumento, lado e segmento avaliados

Nº Instrumento	Lado	Defeito	Segmento							Total
			1	2	3	4	5	6	7	
X1	A	Sim	1	0	0	0	0	0	0	1
		Não	2	3	3	3	3	3	3	20
	B	Sim	1	0	0	0	0	0	0	1
		Não	2	3	3	3	3	3	3	20
X2	A	Sim	0	0	0	0	0	0	0	0
		Não	3	3	3	3	3	3	3	21
	B	Sim	1	0	0	0	0	1	0	2
		Não	2	3	3	3	3	2	3	19
X3	A	Sim	0	0	0	0	0	0	0	0
		Não	3	3	3	3	3	3	3	21
	B	Sim	0	0	0	0	0	0	0	0
		Não	3	3	3	3	3	3	3	21
X4	A	Sim	3	1	0	0	0	0	0	4
		Não	0	2	3	3	3	3	3	17
	B	Sim	2	0	0	0	0	0	0	2
		Não	1	3	3	3	3	3	3	19
X5	A	Sim	0	0	0	0	0	0	0	0
		Não	3	3	3	3	3	3	3	21
	B	Sim	0	0	0	0	0	0	0	0
		Não	3	3	3	3	3	3	3	21
Total			30	30	30	30	30	30	30	210

Tabela 3 - Comparação, por meio dos testes do Qui-quadrado ou Exato de Fisher, das frequências de defeitos observadas entre os dois instrumentos investigados e considerando cada segmento separadamente.

Defeitos Segmento	Instrumento						Valor de p
	Biorace			Protaper-Next			
	Sim	Não	Total	Sim	Não	Total	
1	32	4	36	22	8	30	0,190
2	32	4	36	29	1	30	0,190
3	31	5	36	30	0	30	0,058
4	32	4	36	30	0	30	0,120
5	31	5	36	30	0	30	0,058
6	30	6	36	29	1	30	0,116
7	31	1	32	30	0	30	1,000
Total	219	29	248	200	10	210	

* Estatisticamente significante considerando $p < 0,05$

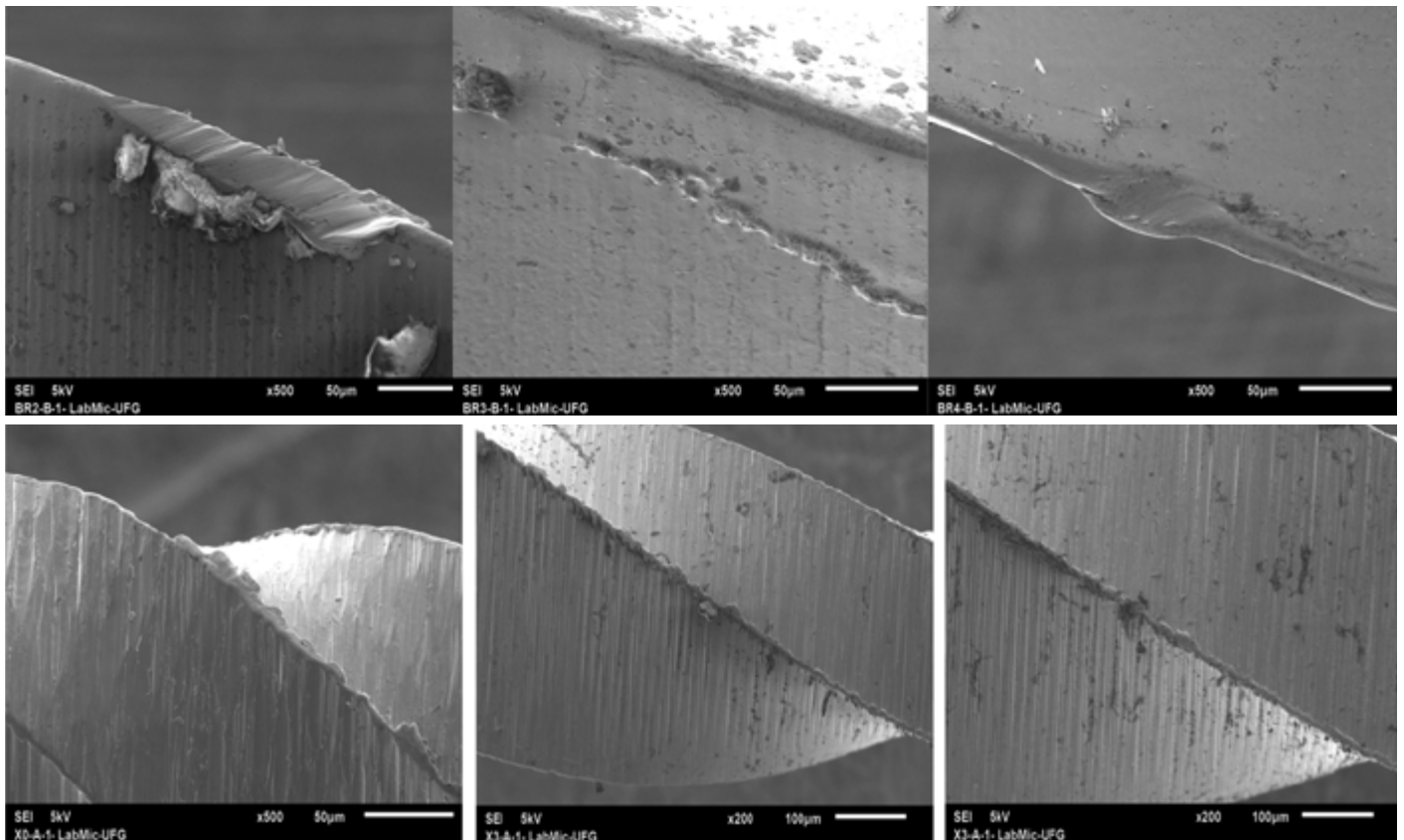


Figura 3 - Exemplificação das falhas encontradas na superfície ativa dos instrumentos em ambos os grupos experimentais analisados; Sistema Biorace® e Sistema Protaper Next®

eletrônica de varredura (Figura 3). Em ambos os grupos o segmento 1 foi o que apresentou o maior número de falhas, sendo que o BR1 e o BR4 foram os que apresentaram a maior ocorrência para grupo do Biorace e o X4 para o grupo do Protaper Next. Porém, não houve diferenças na comparação entre os grupos para os segmentos analisados ($p > 0,05$).

A qualidade do acabamento superficial de diferentes instrumentos rotatórios no momento da compra foi avaliada Chianello *et al.*²⁰ (2008) por microscopia eletrônica de varredura. Instrumentos Profile®, Protaper®, Race®, Hero® e K3® foram examinados através de uma amostra de cinquenta instrumentos escolhidos aleatoriamente, sendo os 3 mm finais das respectivas pontas fotomicrografadas em um aumento de 190x. Os autores concluíram que todos os instrumentos apresentaram defeitos de fabricação no acabamento superficial, e que nenhum se apresentou livre de defeitos.

CONCLUSÕES

Baseado na metodologia empregada pode-se concluir que nenhum dos grupos analisados foram livres de falhas na superfície ativa. O instrumento BR1 foi o que mostrou um número maior de falhas que os demais instrumentos do grupo Biorace e o instrumento X4 mostrou um número maior de falhas que os demais instrumentos do grupo Protaper Next.

REFERÊNCIAS

- Schäfer E. Effect of physical vapor deposition on cutting efficiency of nickel-titanium files. *J Endod.* 2002; 28(12): 800-2.
- Alapati S, Brantley W, Svec T, Powers J, Nusstein J, Daehn G. SEM observations of nickel-titanium rotary endodontic instruments that fractured during clinical use. *J Endod.* 2005; 31(1): 40-3.
- Lopes HP, Elias CN, Vieira VT, Moreira EJ, Marques RV, de Oliveira JC, Debelian G, Siqueira JF, Jr. Effects of electropolishing surface treatment on the cyclic fatigue resistance of BioRace nickel titanium rotary instruments. *J Endod.* 2010; 36(10): 1653-7.
- Walia H, Brantley WA, Gerstein H (1988). An initial investigation of the bending and torsional properties of nitinol root canal files. *Journal of Endodontic.* 14(7): 346-51.
- Herold KS, Johnson BR, Wenckus CS. A scanning electron microscopy evaluation of microfractures, deformation and separation in EndoSequence and Profile nickel titanium rotary files using an extracted molar tooth model. *J Endod.* 2007; 33(6): 712-4.
- Thompson SA. An overview of nickel-titanium alloys used in dentistry. *Int Endod J.* 2000; 33(4): 297-310.
- Kuhn G, Tavernier B, Jordan L. Influence of structure on nickel-titanium endodontic instruments failure. *J Endod.* 2001; 27(8): 516-20.
- Troian Ch, So MV, Figueiredo JA, Oliveira EP. Deformation and fracture of RaCe and K3 endodontic instruments according to the number of uses. *Int Endod J.* 2006; 39(8): 616-25.
- Silva LRM. Detecção de falhas na superfície ativa de instrumentos de níquel-titânio [Dissertação de Mestrado]. Goiânia: Faculdade de Odontologia da UFG; 2015.
- Eggert C, Peters O, Barbakow F. Wear of nickel – titanium lightspeed instruments evaluated by electron microscopic. *J Endod.* 1999; 25(7): 494-7.
- Alapati S, Brantley W, Svec T, Powers J, Nusstein J, Daehn G. SEM observations of nickel-titanium rotary endodontic instruments that fractured during clinical use. *J Endod.* 2005; 31(1): 40-3.
- Rapisarda E, Bonaccorso A, Tripi TR, Condorelli G, Torrisi L. Wear of nickel-titanium endodontic instruments evaluated by scanning electron

- microscopy: effect of ion implantation. *J Endod.* 2001; 27(9): 588-92.
13. Anderson ME, Price JW, Parashos P. Fracture resistance of electropolished rotary nickel-titanium endodontic instruments. *J Endod.* 2007; 33(10): 1212-6.
 14. Arantes WB, Silva CM, Lage-Marques JL, Habitante S, da Rosa LC, Medeiros JM. SEM analysis of defects and wear on Ni-Ti rotary instruments. *Scanning.* 2014; 36(4): 411-8.
 15. Cheung GS, Shen Y, Darvell BW. Does electropolishing improve the low-cycle fatigue behavior of a nickel-titanium rotary instrument in hypochlorite? *J Endod.* 2007; 33(10): 1217-21.
 16. Kuhn G, Tavernier B, Jordan L. Influence of structure on nickel-titanium endodontic instruments failure. *J Endod.* 2001; 27(8): 516-20.
 17. Ruddle CJ, Machtou P, West JD. The shaping movement: fifth-generation technology. *Dent Today.* 2013; 32(4): 94, 96-9.
 18. Peixoto IFC, Pereira ESJ, Aun DP, Buono VTL, Bahia MGA. Constant insertion rate methodology for measuring torque and apical force in three nickel-titanium instruments with different cross-sectional designs. *J Endod.* 2015; 41(9): 1540-44.
 19. Pereira ESJ, Rupinderpal S, Arias A, Peters OA. In Vitro Assessment of torque and force generated by novel ProTaper Next instruments during simulated canal preparation. *J Endod.* 2013; 39(12): 1615-19.
 20. Chianello G, Specian V, Hardt L, et al. 2008. Surface finishing of unused rotary endodontic instruments: a SEM study. *Braz Dent J.* 19(2): 109-113.

ABSTRACT

Aim: To analyze manufacturing failures in the active surface of different nickel-titanium instruments by scanning electron microscopy. **Material and method:** A total of 33 instruments distributed in two groups according to the provenance were analyzed: G1 - Protaper Next® System and 03 kits of 05 NiTi instruments were analyzed (X1 - 17 / 0.04; X2 - 25 / 0.06; X3-30 / 0.07; X4-40 / 0.06; X5-50.0.06); G2 - Biorace® system, with three kits consisting of 06 instruments each (BR0 - 25 / 0.08; BR1 - 15 / 0.05; BR2 - 25 / 0.04; BR3 - 25 / 0.06; BR4 - 35 / 0.04); The instruments were removed and analysis of active surface defects in scanning electron microscopy images. In order to determine the defects on the instrument surface, the active part of 16mm was divided into 14 parts of 2,55mm each (S1-S7), named sequences

from 1 to 7. **Results:** The frequencies of defects found for each segment of instruments were cross-checked with the instrument number data using the chi-square test. There was influence of one variable on the other only when analyzing Segment 1 of the Protaper Next Kit ($p = 0.005$). Instrument X4 showed more failures than other instruments. The relationship between the number of defects observed in the different instrument systems was evaluated by the chi-square test. No statistically significant differences were found between Biorace and Protaper Next ($p > 0.05$). **Conclusion:** Both instruments of the analyzed groups presented some type of fault on the active surface.

Keywords: Scanning electron microscopy; Root canal preparation; Endodontics.

AUTOR PARA CORRESPONDÊNCIA

Helder Fernandes de Oliveira
 Faculdade de Odontologia – UniEvangélica, Centro
 Universitário de Anápolis
 Av. Universitária Km 3,5 Bloco C – Sala 408, CEP. 75083-515
 Cidade Universitária – Anápolis-Goiás, Brasil