AVALIAÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS SUPERFICIAIS DOS INSTRUMENTOS RECIPROC, RECIPROC BLUE E XP-ENDO SHAPER

Fernanda Kac **Szmajser**[1], Gabriela Hernandez **Costa**[1], Letícia do Vale Campos **Simão**[1], Carolina Oliveira de **Lima**[2], Renata Antoun **Simão**[3], Celso Neiva **Campos**[4], Maíra **Prado**[1*]

[1]Faculdade de Odontologia, Universidade Veiga de Almeida, Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil.
[2]Faculdade de Odontologia, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil.
[3]Departamento de Odontologia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil.
[4]Departamento de Odontologia, Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, Minas Gerais, Brasil.

Palavras-chave: Instrumentos Odontológicos. Microscopia Eletrônica de Varredura. Superfície.

RESUMO

Introdução: o controle da qualidade no processo de fabricação dos instrumentos endodônticos é importante uma vez que defeitos e falhas superficiais podem comprometer o preparo dos canais. **Objetivo**: avaliar a presença de defeitos e falhas do processo de fabricação na superfície de instrumentos Reciproc (R25), Reciproc Blue (RB25) e XP-endo shaper (XP), por meio de microscopia eletrônica de varredura (MEV). **Materiais e Métodos**: Ao total, foram avaliados 60 instrumentos de níquel titânio, sendo 20 por grupo: R25, RB25 e XP, em três regiões: 0mm (ponta do instrumento), 4mm e 7mm da ponta, no MEV, com aumento de 100x. As imagens foram avaliadas quanto ao número de falhas de fabricação (bordo irregular, ranhura, microcavidade e rebarba) e por um sistema de escores de 1 a 4, sendo 1, nenhuma área com defeito e 4, mais de cinco áreas com defeitos na superfície. Os dados foram submetidos à análise estatística utilizando o teste de Dunn (p<0,05). **Resultados**: Sobre a análise por regiões, foram identificadas diferenças significativas em grande parte dos instrumentos. Comparando os diferentes instrumentos, não foi observada diferença significativa para microcavidade (p=0,76), bordo irregular (p=0,98) e rebarba (p=0,40). O instrumento R25 mostrou maior número de ranhuras em comparação aos demais (p=0,0000*). RB25 mostrou maiores valores de escores que os instrumentos R25 (p= 0,0002) e XP (p=0,01). **Conclusão**: Todos os instrumentos avaliados apresentaram defeitos/falhas superficiais do processo de fabricação.

Keywords: Dental Instruments. Scanning Electron Microscopy. Surface.

ABSTRACT

Introduction: The quality control of endodontic instruments is extremely important since defects and failures on their surface, during their manufacturing process, can compromise the preparation of root canal. **Objective**: this study evaluated the presence of defects and failures in the manufacturing process on the surface of Reciproc (R25), Reciproc Blue (RB25) and XP endo-shaper (XP) instruments by means of scanning electron microscopy (SEM). **Materials and Methods**: In total, sixty nickel titanium instruments (n=20): R25, RB25 and XP were evaluated in the scanning electron microscope in three regions: 0mm (tip of the instrument), 4mm and 7mm of the tip, with a magnification of 100x. The images were evaluated in relation to the number of manufacturing faults (irregular border, groove, microcavity and burr) and by a system of scores, from 1 to 4, where 1 is no defective area and 4, more than five areas with defects on the surface. The data were submitted to statistical analysis using Kruskal-Wallis and Mann-Whitney tests (p<0.05). **Results**: Regarding the analysis by regions, significant differences were identified in most of the instruments. Comparing the different instruments, no significant difference was observed for microcavity (p=0.76), irregular border (p=0.98) and burr (p=0.40). The R25 instrument showed a greater number of grooves compared to the others (p=0.0000*). RB25 showed higher scores than the R25 (p=0.0002) and XP (p=0.01) instruments. **Conclusion**: All evaluated instruments showed defects/failures in the manufacturing process.

Submitted: October 6, 2020
Modification: June 04, 2021
Accepted: June 12, 2021

***Correspondence to:**
Maíra do Prado
Address: Praça da Bandeira, 149, Rio de Janeiro – RJ, Brazil. Zip code 20270-150
Telephone number: +55 (21) 97104-1717
E-mail: mairapr@hotmail.com

INTRODUÇÃO

O controle da qualidade dos instrumentos endodônticos é de extrema importância uma vez que durante o processo de fabricação podem ocorrer defeitos e falhas superficiais, que podem comprometer a qualidade da instrumentação dos canais e com isso, o sucesso do tratamento endodôntico a longo prazo.[1-3] Visto que não é possível observar estes defeitos e falhas a olho nu, o cirurgião-dentista, ao adquirir estes instrumentos, confia na qualidade indicada pelo fabricante. Entretanto, os instrumentos de níquel titânio (NiTi), de modo geral, são produzidos por usinagem, apresentando grande flexibilidade e propriedade de memória de forma da liga, o que pode resultar em uma superfície irregular, tensionada, plasticamente deformada ou contaminada.[1-3]

A complexa anatomia e morfologia do sistema de canais radiculares (SCR), como paredes irregulares, de diferentes formatos, e curvaturas, podem influenciar no sucesso do tratamento. Dessa forma, novos instrumentos vêm sendo desenvolvidos para suprir esta demanda, a fim de diminuir a chance de falhas durante a intervenção endodôntica.[4-5]

Tratando-se dos recentes avanços na Endodontia, ressalta-se o surgimento do instrumento Reciproc que opera em movimento recíproco ou reciprocante. Este instrumento apresenta uma maior resistência à fadiga cíclica e maior flexibilidade quando comparado aos instrumentos de NiTi operados em movimento contínuo.[6-8] Somado a isso, também merecem destaque os instrumentos Reciproc Blue, a nova geração de instrumentos Reciproc, que apresenta maior flexibilidade e menor risco de fratura do que o instrumento Reciproc, devido ao tratamento térmico da liga, que permite um melhor acesso a canais curvos.[9] Ainda, em relação a modificações no design e na liga, foram desenvolvidos os instrumentos XP-endo shaper, que alteram de forma em temperatura de 35^{0}C ou mais, possibilitando, de acordo com o fabricante, maior flexibilidade e preparo de áreas de difícil acesso no canal.[10-11]

A partir destes avanços, os instrumentos têm sido amplamente estudados e empregados na rotina odontológica.[12-13] Um estudo anterior verificou que todos os instrumentos analisados apresentaram defeitos, porém os instrumentos Reciproc demonstraram menor quantidade de defeitos e deformações ao serem comparados com o instrumento reciprocante WaveOne®[13]. No entanto, até o momento, não foi localizado na literatura, nenhum estudo que avaliou a superfície dos instrumentos XP - endo shaper.

Diante da importância em manter a qualidade dos instrumentos endodônticos durante o seu processo de fabricação e com o surgimento de novos instrumentos no mercado, o objetivo deste estudo foi avaliar a presença de defeitos e falhas do processo de fabricação na superfície dos instrumentos Reciproc (R25), Reciproc Blue (RB25) e XP-endo shaper, por meio da microscopia eletrônica de varredura.

MATERIAIS E MÉTODOS

Preparo das amostras

Ao total foram avaliados 60 instrumentos de NiTi novos, sendo 20 instrumentos por grupo: Reciproc R25 (diâmetro na ponta de 0,25 mm e conicidade .08) (VDW, Munique, Alemanha), Reciproc Blue RB25 (diâmetro na ponta de 0,25 mm e conicidade .08) (VDW, Munique, Alemanha), e XP - endo Shaper (diâmetro na ponta de 0,30 mm e conicidade .04) (FKG Dentaire, La Chaux-de-Fonds, Suiça).

Inicialmente, os instrumentos foram removidos das caixas, com o auxílio de uma pinça clínica limpa e estéril, e lavados em ultrassom por 10 minutos para a remoção de sujidades. Em seguida, foram removidos da água, com o auxílio da pinça clínica, secos com jatos de ar e fixados em base metálica.[14]

Avaliação, processamento e análise dos dados

Os instrumentos foram examinados no microscópio eletrônico de varredura (MEV) (JSM 5800LV, Jeol, Tóquio, Japão) em três regiões: 0mm (ponta do instrumento), 4mm da ponta e 7mm da ponta, com aumento de 100x.Terminada a captura das imagens, estas foram importadas para o programa Power Point (Microsoft Corporation).

As análises foram realizadas por dois avaliadores, alunos de graduação em Odontologia do último período, cegados. Para calibração dos avaliadores, 20 imagens com diferentes tipos de defeitos foram analisadas em conjunto. Após a calibração, todas as imagens foram avaliadas. O teste Kappa foi utilizado para análise interexaminadores, demonstrando boa concordância entre os mesmos com valor de 0,97. Em caso de discordância, as imagens foram reavaliadas a fim de obter um consenso entre os examinadores.

As imagens foram avaliadas em relação ao número de falhas de fabricação: bordo irregular, ranhura, microcavidade e rebarba. Ainda, utilizou-se um sistema de escores nas diferentes imagens avaliadas: 1 – instrumento sem nenhuma área de defeito na superfície examinada; 2 - instrumento com cerca de uma a três áreas com defeitos na superfície examinada; 3 - instrumento com cerca de quatro a cinco áreas com defeitos na superfície examinada; 4 -

instrumento com mais de cinco áreas com defeitos na superfície examinada[14].

Análise estatística

Os dados foram submetidos à análise estatística utilizando-se o teste de Kappa, para análise interexaminadores. Para comparação entre os diferentes instrumentos e nas diferentes regiões dos instrumentos foram utilizados os testes de Kruskal-Wallis e Dunn, com nível de significância de 5%.

RESULTADOS

Todos os sistemas avaliados apresentaram defeito ou falha no seu processo de fabricação (Figuras 1 a 3). Os dados de microcavidades, bordo irregular, ranhura e rebarba estão descritos na Tabela 1, em cada região avaliada (0, e 4 e 7mm da ponta).

Com relação à microcavidade, no instrumento R25, as regiões de 4 e 7mm aquém da ponta do instrumento apresentaram maior número de defeitos quando comparadas a região 0mm (ponta do instrumento) (p=0,02). Nos instrumentos RB25 (p=0,94) e XP-endo Shaper (p=0,64) não houve diferença estatisticamente significativa em relação às regiões avaliadas. Além disso, não houve diferença em relação ao número de microcavidades entre os instrumentos avaliados (p=0,76).

Tratando-se de bordo irregular, no instrumento R25, na região 7mm, houve maior presença de bordos irregulares quando comparado a região 0mm (p=0,03), sem diferenças em relação a região 4mm (p=0,20). No instrumento RB25, não foram identificadas diferenças entre as regiões do instrumento (p=0,35). No entanto, no instrumento XP, a região 0mm (ponta do instrumento) apresentou maior número de defeitos do que as regiões 4mm (p=0,02) e 7mm (p=0,03). Com relação aos diferentes instrumentos, não houve diferença em relação ao número de bordo irregular em relação ao total (p=0,98). No entanto, o instrumento XP demonstrou maior número de bordos irregulares quando comparado ao R25, na região 7mm (p=0,03).

No que concerne a presença de ranhura, não houve diferença entre os instrumentos, em relação as regiões avaliadas. Entretanto, ao se comparar os diferentes instrumentos, R25 demonstrou maiores valores de ranhura em comparação aos demais (p=0,0000*).

No que diz respeito a rebarba, no instrumento R25 não foram identificadas diferenças com relação as regiões avaliadas (p=0,51). No RB25, a região 0mm demonstrou menor número de defeitos quando comparada as demais (p=0,013). Já nos instrumentos XP, a região 7mm apresentou menor número de rebarbas do que as regiões 0mm (p=0,02) e 4mm (p=0,0004). No total, não houve diferença entre os instrumentos avaliados em relação ao número de rebarbas (p=0,40).

Quanto à análise por escores, em todos os instrumentos avaliados, não houve diferença estatística com relação às regiões avaliadas. Comparando os diferentes instrumentos, RB25 mostrou maiores valores em detrimento ao instrumento R25 (p=0,0002) e XP (p=0,01) (Tabela 2).

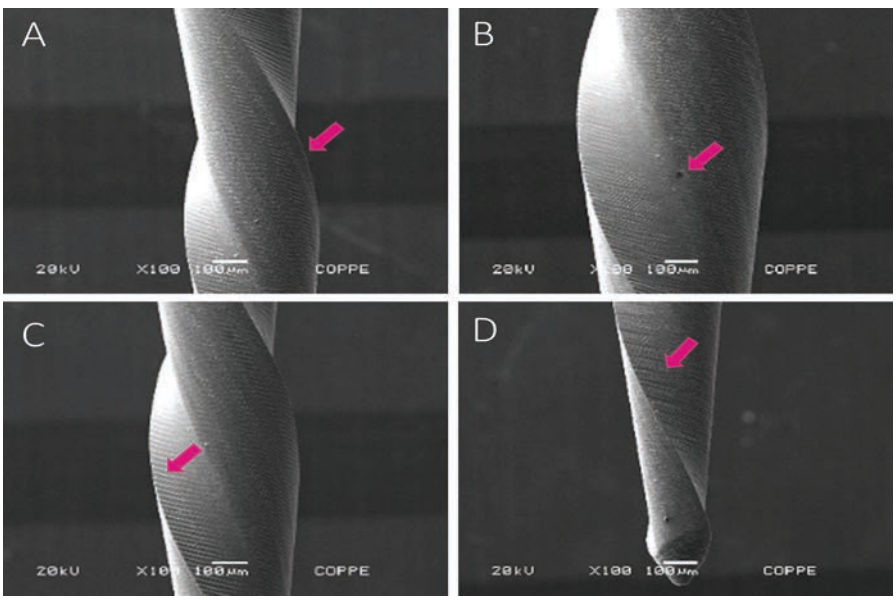

Figura 1: Fotomicrografias ilustrando bordo irregular A), microcavidade B), ranhura C) e rebarba D) no instrumento Reciproc - (seta rosa).

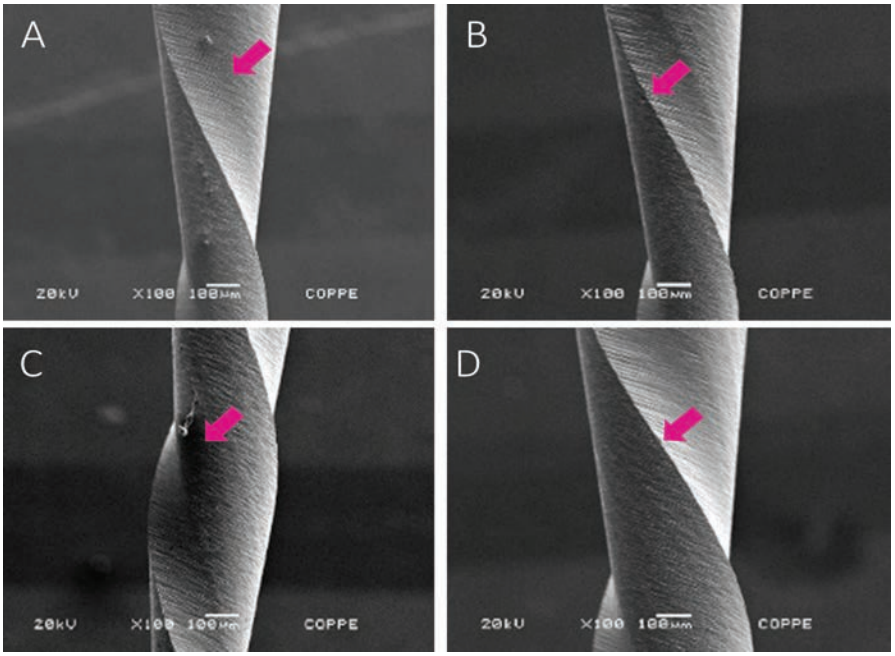

Figura 2: *Fotomicrografias ilustrando bordo irregular A), microcavidade B), ranhura C) e rebarba D) no instrumento Reciproc Blue - (seta rosa).*

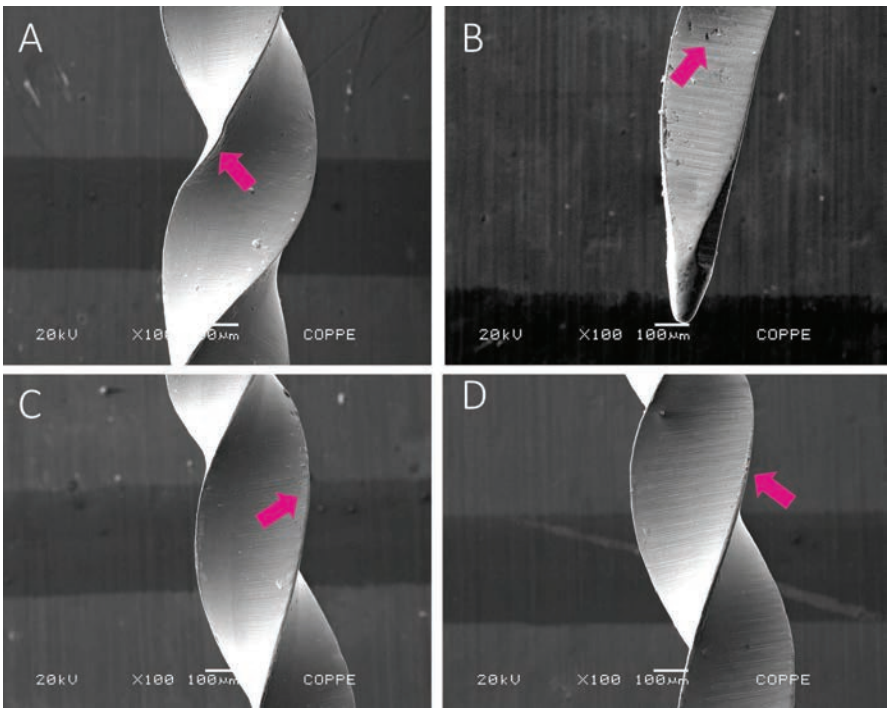

Figura 3: *Fotomicrografias ilustrando bordo irregular A), microcavidade B), ranhura C) e rebarba D) no instrumento XP endo shaper - (seta rosa).*

***Tabela 1**: Análise da presença de microcavidade, bordo irregular, ranhura e rebarba do processo de* fabricação nas diferentes regiões dos instrumentos.

Defeito/Região do instrumento	R25	RB25	XP - endo shaper
Microcavidade			
0 mm	3/0/5Aa	5/3/5Aa	5/0/5Aa
4 mm	5/0/5Ba	5/2/5Aa	5/0/5Aa
7 mm	5/1/5Ba	5/1/5Aa	5/0/5Aa
Total	5/0/5a	5/0/5a	5/0/5a
Bordo irregular			
0 mm	0/0/4Aa	1/0/5Aa	1/0/5Ba
4 mm	0/0/5ABa	0/0/5Aa	0/0/3Aa
7 mm	1/0/5Bb	0/0/3Ab	0/0/2Aa
Total	1/0/5a	0/0/5a	1/0/5a
Ranhura			
0 mm	1/1/2Ab	1/1/2Aab	1/1/2Aa
4 mm	1,5/1/2Ab	1/1/2Aa	1/1/2Aa
7 mm	1,5/1/2Ab	1/1/1Aa	1/1/1Aa
Total	1/1/2b (54,5*)	1/1/2a (40,9*)	1/1/2a (36,5*)
Rebarba			
0 mm	1/0/2Aa	1/0/2Aa	1/0/3Ba
4 mm	1/0/5Ab	1/0/2Bab	2/0/4Ba
7 mm	1/1/2Ab	1/0/2Ba	0/0/2Aa
Total	1/0/5a	1/0/2a	1/0/4a

Note: Letras minúsculas diferentes indicam diferenças entre os grupos (no mesmo tipo de defeito); letras maiúsculas indicam diferenças significativas entre as regiões avaliadas dos instrumentos (0, 4 e 7mm) (Teste de Dunn, p<0,05). Med- mediana; min- mínimo; máx- máximo; (*) valor do ranking médio.

Tabela 2: *Variação dos escores dos defeitos do processo de fabricação dos diferentes instrumentos.*

Região do instrumento	R25	RB25	XP-endo shaper
0 mm	4/2/4Aab	4/4/4Ab	4/2/4Aa
4 mm	4/2/4Aa	4/4/4Aa	4/2/4Ab
7 mm	4/2/4Aa	4/4/4Ab	4/2/4Aa
Total	4/2/4a	4/2/4a	4/2/4a

Note: Letras minúsculas diferentes indicam diferenças entre os grupos; letras maiúsculas indicam diferenças significativas entre as áreas dos instrumentos (Teste de Dunn, p<0,05). Med- mediana; min- mínimo; máx- máximo.

DISCUSSÃO

Os instrumentos endodônticos vêm sendo continuamente aperfeiçoados em relação à qualidade da usinagem e no polimento eletroquímico, a fim de minimizar falhas e irregularidades nas lâminas de corte.[14] Tais defeitos, na presença de fadiga, podem agir como zonas de concentração de tensão e desencadear a fratura do instrumento, podendo comprometer a instrumentação dos canais e com isso, o sucesso do tratamento. Torna-se evidente, portanto, a necessidade de garantir a qualidade desses instrumentos no momento de sua fabricação.[1,14] Apesar disso, a presença de falhas e defeitos na parte ativa dos instrumentos, antes mesmo de sua utilização, ainda é recorrente.[14]

No presente estudo, foram avaliados isoladamente, na parte ativa do instrumento, diferentes tipos de defeitos: microcavidade, bordo irregular, rebarba e ranhura. Com

relação a análise por regiões, o presente estudo verificou diferenças significativas nos instrumentos, principalmente no R25. No entanto, Arantes *et al*.[12] avaliaram diversos instrumentos (Twisted File, BioR[1]Ce, Mtwo, and EndoWave) e não observaram diferença estatisticamente significantiva entre as partes ativas analisadas. Esta distinção nos resultados possivelmente ocorreu pelos diferentes instrumentos avaliados em cada estudo.

Os instrumentos examinados apresentaram índices semelhantes para microcavidade, bordo irregular e rebarba. Com relação a ranhuras, o instrumento Reciproc mostrou um número maior quando comparado aos instrumentos Reciproc Blue e XP-endo shaper, o que pode ser justificado pelo diferentes tratamentos térmicos empregados nos instrumentos Reciproc Blue, no qual há a formação de uma camada de óxido na cor azul na superfície do instrumento, que o caracteriza, e XP-endo Shaper, que é produzido pela liga MaxWire®, que é responsável pela alteração de formato do instrumento quando em contato com a temperatura coroporal.[15] Embora tais ranhuras estejam presentes, estas podem não ser significativas para a fratura dos instrumentos. No estudo de Caballero-Flores *et al*.[16], o índice de fratura do sistema Reciproc, ao serem instrumentados 1.226 canais radiculares, foi de 0,93%, sendo considerado um valor extremamente baixo.

No segundo momento deste estudo, os defeitos foram classificados em um sistema de escores, no qual foi contabilizada a soma de todas as falhas de fabricação. Nesta pesquisa, o instrumento Reciproc Blue evidenciou mais de cinco áreas com defeitos na superfície examinada, apresentando um maior valor ao ser comparado com os demais instrumentos. Contudo, segundo o estudo de Keskin *et al*.[17], no qual os instrumentos avaliados foram operados até ocorrer sua fratura, o instrumento Reciproc Blue apresentou uma maior resistência à fadiga cíclica do que o instrumento Reciproc (p<0,05), mostrando que o processo de fratura não pode ser associado a um fator isolado, mas sim a uma combinação de fatores. Além disso, de acordo com Silva *et al*.[18], o instrumento Reciproc Blue mostrou necessidade de um maior ângulo de rotação para fratura, mas um torque menor para falha do que o sistema Reciproc.

Embora tais defeitos estejam presentes, quando utilizados uma única vez, como preconizado pelo fabricante, o risco de fratura dos instrumentos é baixo.[16,19] No entanto, o uso repetido dos mesmos pode acarretar a fratura. Nesse sentido, Karamifar *et al*.[20] avaliaram as alterações superficiais de instrumentos após o uso único e múltiplos usos no preparo do canal radicular, e verificaram que a partir do segundo uso, o instrumento XP-endo shaper mostrou microtrincas que se propagaram e levaram à fratura do instrumento no quarto uso. Ainda, observou-se que o movimento reciprocante não demonstrou resultados superiores ao movimento de rotação contínua em relação aos defeitos na superfície do instrumento.

A literatura mostra que os instrumentos avaliados no presente estudo apresentam uma habilidade semelhante na formatação dos canais radiculares.[19,21] Assim cabe ao profissional a escolha do instrumento, baseada não apenas neste, mas em diferentes fatores, entre eles o acabamento superficial. Neste contexto, é essencial que o cirurgião-dentista atente para a possibilidade de fratura do instrumento utilizado, assim como os motivos para o seu acometimento. Embora este estudo apresente resultados relevantes para o risco de fratura e desempenho quanto ao preparo químico mecânico, também é prudente que haja uma análise de tais instrumentos após o preparo dos canais radiculares. Apesar das melhorias dos instrumentos durante os últimos anos, como modificações no design e no tratamento das ligas metálicas, defeitos e falhas no processo de fabricação ainda são uma realidade que exige atenção.

CONCLUSÃO

Todos os instrumentos avaliados mostraram defeitos e/ou falhas no processo de fabricação.

AGRADECIMENTOS

À Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro (Faperj E-26/202.784/2019) pelo apoio financeiro.

REFERÊNCIAS

1. Anderson ME, Price JW, Parashos P. Fracture resistance of electropolished rotary nickel-titanium endodontic instruments. J Endod. 2007 Oct;33(10):1212-1216. doi: 10.1016/j.joen.2007.07.007.

2. McGuigan MB, Louca C, Duncan HF. Endodontic instrument fracture: causes and prevention. Braz Dent J. 2013 Apr;214(7):341-348. doi: 10.1038/sj.bdj.2013.324.

3. Siqueira JF; Lopes HP. Endodontia Biologia & Técnica. In: Lopes HP, Elias CN, Siqueira JF, Vieira MVB. Instrumentos Endodônticos. 4ª ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2015: 517-519,522,533.

4. de Almeida AP, Souza MA, Miyagaki DC, Dal Bello Y, Cecchin D, Farina AP. Comparative evaluation of calcium hypochlorite and sodium hypochlorite associated with passive ultrasonic irrigation on antimicrobial activity of a root canal system infected with Enterococcus faecalis: an in vitro study. J Endod. 2014 Dec;40(12):1953-1957. doi: 10.1016/j.joen.2014.08.025.

5. de Siqueira Zuolo A, Zuolo ML, da Silveira Bueno CE, Chu R, Cunha RS. Evaluation of the Efficacy of TRUShape and Reciproc File Systems in the Removal of Root Filling Material: An Ex Vivo Micro-Computed Tomographic Study. J Endod. 2016 Feb;42(2):315-319. doi: 10.1016/j.joen.2015.11.005.

6. Vilas-Boas RC, Alcalde MP, Guimarães BM, Ordinola-Zapata R, Bueno CR, Duarte MA. RECIPROC: Comparativo entre a cinemática reciprocante e rotatória em canais curvos. Rev. Odontol. Bras. Central 2013;22(63):1981-3708. https://doi.org/10.36065/robrac.v22i63.835.
7. VDW. <http://www.vdw-dental.com/en/,2019 />. Página consultada em: 10 de março de 2019.
8. De-Deus G, Silva EJ, Vieira VT, Belladonna FG, Elias CN, Plotino G, Grande NM. Blue Thermomechanical Treatment Optimizes Fatigue Resistance and Flexibility of the Reciproc Files. J Endod. 2017 Mar;43(3):462-466. doi: 10.1016/j.joen.2016.10.039.
9. Topçuo□lu HS, Topçuo□lu G. Cyclic Fatigue Resistance of Reciproc Blue and Reciproc Files in an S-shaped Canal. J Endod. 2017 Oct;43(10):1679-1682. doi: 10.1016/j.joen.2017.04.009.
10. Azim AA, Piasecki L, da Silva NUX, Cruz ATG, Azim KA. XP Shaper, A Novel Adaptive Core Rotary Instrument: Micro-computed Tomographic Analysis of Its Shaping Abilities. J Endod. 2017 Sep;43(9):1532-1538. doi: 10.1016/j.joen.2017.04.022.
11. De-Deus G, Belladonna FG, Simões-Carvalho M, Cavalcante DM, Ramalho CNMJ, Souza EM, Lopes RT, Silva EJNL. Shaping efficiency as a function of time of a new heat-treated instrument. Int Endod J. 2019 Mar;52(3):337-342. doi: 10.1111/iej.13000.
12. Arantes WB, da Silva CM, Lage-Marques JL, Habitante S, da Rosa LCL, de Medeiros JMF. SEM Analysis of Defects and Wear on Ni–Ti Rotary Instruments. Scanning. Jul-Aug 2014;36(4):411-8. doi: 10.1002/sca.21134.
13. Hanan AR, Meireles DA, Sponchiado Júnior EC, Hanan S, Kuga MC, Bonetti Filho I. Surface characteristics of reciprocating instruments before and after use—a SEM analysis. Braz Dent J. 2015 Mar-Apr;26(2):121-7. https://doi.org/10.1590/0103-6440201300208.
14. Pires MVMP. Avaliação do desempenho e alteração de superfície das limas Wave One e One Shape no decorrer do número de usos. [tese]. Universidade de São Paulo, 2014. doi: 10.11606/D.23.2015.tde-17062015-124846
15. FKG. Disponível em: <http://www.fkg.ch/>. Acesso em: 25/04/2021.
16. Caballero-Flores H, Nabeshima CK, Machado MEL. Fracture incidence of instruments from a single-file reciprocating system by students in an endodontic graduate programme: a cross-sectional retrospective study. Int Endod J. 2019 Jan;52(1):13-18. doi: 10.1111/iej.12982.
17. Keskin C, Inan U, Demiral M, Kele_□A. Cyclic Fatigue Resistance of Reciproc Blue, Reciproc, and WaveOne Gold Reciprocating Instruments. J Endod. 2017 Aug;43(8):1360-1363. doi: 10.1016/j.joen.2017.03.036.
18. Silva EJNL, Hecksher F, Antunes HDS, De-Deus G, Elias CN, Vieira VTL. Torsional Fatigue Resistance of Blue-treated Reciprocating Instruments. J Endod. 2018 Jun;44(6):1038-1041. doi: 10.1016/j.joen.2018.03.005.
19. Kabil E, Kati□M, Ani□I, Bago I. Micro-computed evaluation of canal transportation and centering ability of 5 rotary and reciprocating systems with different metallurgical properties and surface treatments in curved root canals. J Endod. 2021 Mar;47(3):477-484. doi: 10.1016/j.joen.2020.11.003.
20. Karamifar K, Samavi S, Saghiri MA. Topographic changes in NiTi rotary instruments after the clinical use. Aust Endod J. 2020 Dec;46(3):315-322. doi: 10.1111/aej.12427.
21. Pérez Morales MLN, González Sánchez JA, Olivieri JG, Elmsmari F, Salmon P, Jaramillo DE, Duran-Sindreu F. Micro-computed tomographic assessment and comparative study of the shaping ability in six NiTi files- an in vitro study. J Endod. 2021 Feb 4:S0099-2399(21)00070-4. doi: 10.1016/j.joen.2020.12.021.