

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
FACULDADE DE ODONTOLOGIA

CAÁYARI ZEFERINO AMÉRICO

**FRATURA DE UM INSTRUMENTO ROTATÓRIO DE NÍQUEL-TITÂNIO MTWO:
RELATO DE CASO**

Porto Alegre
2014

CAÁYARI ZEFERINO AMÉRICO

**FRATURA DE UM INSTRUMENTO ROTATÓRIO DE NÍQUEL-TITÂNIO MTWO:
RELATO DE CASO**

Artigo apresentado como Trabalho de Conclusão à Banca Examinadora como requisito para obtenção do grau de Especialista em Endodontia na Faculdade de Odontologia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Orientadora Fabiana Soares Grecca

Porto Alegre
2014

CAÁYARI ZEFERINO AMÉRICO

**FRATURA DE UM INSTRUMENTO ROTATÓRIO DE NÍQUEL-TITÂNIO MTWO:
RELATO DE CASO**

Artigo apresentado como Trabalho de Conclusão à Banca Examinadora como requisito para obtenção do grau de Especialista em Endodontia na Faculdade de Odontologia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Aprovado em: 11 de Abril de 2014.

Banca Examinadora

Prof.^a Dr.^a Fabiana Soares Grecca (Orientadora)

Mestre em Endodontia Daiana Bottcher

Mestre em Endodontia Carolina Hoppe

Porto Alegre
2014

AGRADECIMENTOS

À professora orientadora Fabiana Soares Grecca pelo seu empenho e dedicação nas diversas análises deste trabalho.

A todos os professores do curso de Especialização em Endodontia da Faculdade Federal do Rio Grande do Sul pela maneira com que incentivam a trilha por esse caminho repleto de diversos saberes.

Aos meus familiares e namorado que tanto me apoiaram nesta jornada em busca de novos horizontes.

FRATURA DE UM INSTRUMENTO ROTATÓRIO DE NÍQUEL TITÂNIO MTWO: RELATO DE CASO

FRACTURE OF NICKEL-TITANIUM ROTARY ENDODONTIC INSTRUMENTS MTWO: CASE REPORT

Caáyari Zeferino Américo¹

Fabiana Soares Grecca²

Autor para correspondência: Fabiana Soares Grecca. Rua Ramiro Barcelos, 2492–
Centro. Porto Alegre/RS - CEP 900350-003.
fabiana.grecca@ufrgs.com.br Telefone:(51)33085005.

RESUMO: Instrumentos de níquel-titânio rotatórios são ferramentas empregadas como agentes mecânicos na instrumentação dos canais radiculares. O conhecimento dos fatores relacionados à cinemática dos instrumentos endodônticos leva à otimização dos procedimentos terapêuticos. Isso ajuda a diminuir os riscos operacionais decorrentes do seu uso, tais como a fratura, que é uma complicação indesejada e frustrante. O segmento fraturado pode dificultar os procedimentos de limpeza e modelagem do canal radicular com grande impacto sobre o prognóstico do tratamento. Este instrumento pode ser removido ou mantido no canal radicular, dependendo das condições clínicas e da decisão do cirurgião-dentista. O presente relato de caso tem como objetivo fornecer informações ao clínico para a realização de um melhor uso desses instrumentos em busca da prevenção desses acidentes.

PALAVRAS-CHAVES: Instrumentos Rotatórios de Níquel-Titânio. Fratura. Endodontia. Tratamento do canal radicular.

¹Aluna do Curso de Pós - Graduação em Endodontia pela UFRGS.

² Professora do curso de Pós - Graduação de Endodontia pela UFRGS. Graduada em Odontologia pela Universidade de Marília (1991), especialista em endodontia pela Associação Paulista de Cirurgiões-Dentistas (1994), mestre em Endodontia pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (1999) e doutora em Endodontia (2003) pela Universidade de São Paulo (FOB/USP).

ABSTRACT: Nickel Titanium rotary instruments tools are employed as agents in mechanical instrumentation of root canals. Knowledge of factors related to the kinematics of the instruments leads to optimization of therapeutic procedures. This helps reduce the operational risks arising from its use, such as fracture of the instrument, which is an unwanted and frustrating complication. The fractured segment may hinder the cleaning procedures and modeling with great impact on the prognosis of treatment. The endodontic file may be removed or kept in the root canal, depending on the clinical conditions and the decision of the dentist. The objective is to provide information to the clinic to make a better use of these instruments in search of preventing these accidents.

KEY-WORDS: Endodontics. Root canal therapy. Root canal. Nickel-Titanium Rotary Instruments. Fracture.

SUMÁRIO

RESUMO.....	5
ABSTRACT.....	6
ANTECEDENTES E JUSTIFICATIVA.....	7
CASO CLÍNICO	11
DISCUSSÃO	15
REFERÊNCIAS.....	18

ANTECEDENTES E JUSTIFICATIVA

O preparo químico-mecânico do sistema de canais radiculares tem por objetivo sanear adequadamente e resultar na busca de uma melhor possibilidade de desinfecção bacteriana¹. Além disso, permite que a obturação evite a proliferação de novas bactérias e, por conseguinte, enclausure dentro dos túbulos dentinários aquelas que ainda assim sobreviveram ao tratamento¹. Tornou-se necessária, portanto, a realização de um aperfeiçoamento nas técnicas e na qualidade dos instrumentos para se alcançar uma eficiente modelagem², já que esta é um desafio até mesmo para endodontistas experientes.

A instrumentação rotatória, com o uso de instrumentos de níquel-titânio, significou um avanço na formatação e limpeza dos condutos, uma vez que possibilita a manutenção do comprimento de trabalho a um menor transporte de canais, associada a uma maior velocidade na confecção do preparo³. Walia, Brantley e Gerstein⁴ em 1988, comparando os instrumentos de níquel-titânio às limas de aço inoxidável de mesmo calibre, descrevem de duas a três vezes mais flexibilidade elástica à torção e à flexão, além de elevada resistência à fratura por torção.

No entanto, mesmo sendo oferecidos inúmeros tipos de instrumentos rotatórios e diferentes designs, é difícil evitar que, de forma notória, eles fraturem⁵.

A falta de cuidado na seleção da técnica ideal para o instrumento escolhido ou a falta de conhecimento das propriedades mecânicas do mesmo pode levar a acidentes e a danos irreversíveis. É necessário que haja, então, o conhecimento sobre o comportamento básico dos instrumentos de níquel-titânio⁶. Ademais, o aumento do raio e ângulo de curvatura do canal, sob o qual o instrumento rotaciona, reduz a expectativa de duração de uso do instrumento tanto clinicamente quanto em testes *in vitro*⁷.

As razões físicas do porquê ocorrem essas rupturas são categorizadas como multifatoriais⁸. Quando o instrumento gira no interior do canal radicular, há o aparecimento de dois tipos de estresse. O estresse por torção acontece quando a ponta do instrumento é presa nas paredes do conduto radicular devido à

incapacidade momentânea de realizar o corte da dentina. A ponta fica presa enquanto o instrumento está sendo submetido ao giro do motor. O limite elástico do metal é, então, vencido, ocorrendo uma deformação plástica e, em razão disso, a fratura^{9,10}. A falha por fadiga cíclica ou estresse por flexão se faz presente quando há ciclos alternados de tensão/compressão dentro de um canal curvo¹¹. O instrumento rotatório no canal radicular é forçado contra a curvatura e sofre um alto estresse, ocorrendo uma deformação da estrutura atômica da liga de Ni Ti¹².

Não há um consenso a respeito de quantas vezes o instrumento rotatório de níquel-titânio pode ser utilizado. Isso ocorre porque diversas variantes influenciam essa questão, como, por exemplo, a curvatura do canal, a complexidade da anatomia do dente e o tamanho do instrumento. Defeitos de fabricação também podem ser considerados como causas de fratura. O ideal seria que, após o uso, o clínico tivesse a possibilidade de investigar as limas em busca de possíveis deformações ou defeitos de fábrica. No entanto, a inspeção visual dos instrumentos não é fidedigna, já que muitos das imperfeições são tão ínfimas que não são identificáveis a olho nu, necessitando de um microscópio clínico com uma ampliação de pelo menos 10 vezes para poder localizar alguma falha^{5, 10}.

As variáveis correlacionadas à habilidade do profissional na utilização dos instrumentos e a decisão em relação ao número de uso dos mesmos são um adicional influente na prevalência de fratura dos instrumentos⁸.

A superfície dos instrumentos de níquel – titânio podem apresentar defeitos de fabricação durante a usinagem através do acúmulo de precipitados criados durante a fundição e durante o tratamento mecânico da liga metálica. Por tal motivo, além da busca de uma qualidade alta na metalurgia dessas ligas, houve um avanço na descoberta de técnicas que melhoram a resistência à fratura dos instrumentos rotatórios¹³.

Algumas dessas técnicas incluem o tratamento criogênico¹⁴, que consiste num processo térmico lento onde a liga é resfriada até uma temperatura em torno de -190°C e aquecida até a temperatura ambiente. A deposição física de vapor metálico e de vapor termo - químico de partículas de nitreto de titânio mostrou-se outro

método para o aumento da resistência. Utilizando esta técnica, é possível depositar uma película de grãos finos sobre os instrumentos a temperaturas relativamente baixas¹⁵.

A implantação de boro (numa proporção de 30%) incorporada à temperatura ambiente à superfície da liga gerou uma melhor resistência das lâminas de corte¹⁶. O eletropolimento consiste em um método que utiliza um processamento químico para dar acabamento nas superfícies dos metais dos instrumentos de NiTi¹⁷. A liga é imersa em uma solução eletrolítica de ácidos combinados e uma corrente baixa passa através do líquido promovendo a remoção de defeitos da superfície¹⁸. Esses instrumentos eletropolidos resistem a um maior número de ciclos antes de fraturarem¹⁹.

Alguns estudiosos verificaram ainda, a influência do irrigante hipoclorito de sódio correlacionada com possíveis fraturas. Darabara et al.²⁰ e O'Hoy, Messer e Palamara²¹ acham pouco provável a produção de corrosão do instrumento com a utilização mínima de hipoclorito de sódio presente na câmara pulpar. Entretanto, se os dentes que estão sendo tratados endodonticamente tiverem restaurações de metal, poderá surgir uma corrente galvânica produzindo leves fissuras nas superfícies dos instrumentos. Com isso, haveria uma diminuição da resistência à fratura flexural²².

Ainda, a esterilização dos instrumentais usados no preparo químico – mecânico parece não servir como argumento sobre o rompimento dos instrumentos mecanizados rotatórios, como observado no estudo de Vianna et al.²³ após ser realizado cinco ciclos de esterilização sobre esses.

Contudo, as maiores dificuldades da instrumentação estão relacionadas aos canais radiculares estreitos e curvos que geram uma maior tensão ao instrumento endodôntico. Quando um fragmento fraturado se encontra no interior do canal radicular, a manipulação do mesmo é dificultada e, quando não se consegue o transpasse, há um impedimento em relação à desinfecção do mesmo, aumentando, assim, a incidência de insucesso no tratamento endodôntico²⁴.

Com relação ao exposto, o seguinte relato de caso descreve a realização de

um transpasse de um fragmento de instrumento rotatório fraturado no canal mésio-vestibular do segundo molar superior e posterior preservação.

CASO CLÍNICO

Em 02 de agosto de 2013, paciente do gênero feminino, 56 anos de idade, foi encaminhada à Especialização em Endodontia da Faculdade de Odontologia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, queixando-se do aparecimento esporádico de uma fístula na região gengival próximo ao segundo molar superior esquerdo (27), com ausência de sintomatologia dolorosa.

No prontuário da paciente, havia sido registrado no dia 22 de maio de 2013, uma fratura do instrumento no dente em questão. Dentre as informações que constavam, especificava uma ruptura de um instrumento 30 do sistema Mtwo (VDW, Munich, Germany) no terço médio do canal méso-vestibular (MV) durante o preparo químico-mecânico. Após a fratura, o dente foi preenchido com curativo à base de hidróxido de cálcio com paramonoclorofenolcanforado (Calen PMCC, S. S.White, Rio de Janeiro, Brasil) e selado com cimento de Ionômero de vidro.

Ao exame clínico, o dente 27 apresentava coroa parcialmente íntegra, teste de sensibilidade pulpar ao frio negativo, percussão horizontal negativa, teste de percussão vertical positivo, digitação apical positiva, ausência de mobilidade, ausência de fístula e inexistência de edema intrabucal ou extrabucal. No exame radiográfico, observaram-se a presença de um fragmento fraturado de instrumento endodôntico no terço médio do canal MV e a ausência de lesão periapical (Figura 1).

Inicialmente, realizou-se a anestesia infiltrativa, isolamento absoluto e remoção do selamento coronário. A medicação intra-canal foi removida com auxílio do hipoclorito de sódio 2,5% como solução irrigadora e instrumentos manuais # 15 e 20 (DentsplyMaillefer, Tulsa, OK, USA). Subseqüente, foi realizada uma radiografia (Eastman Kodak Corp., Rochester, NY, USA) para confirmação das medidas de trabalho. No canal MV, foi realizada a tentativa de transpor a porção quebrada com uma lima manual pré-curvada tipo K# 10 em 14 mm com movimento de exploração. A introdução do instrumento foi entre a parede distal do canal méso-vestibular e o fragmento fraturado com o objetivo de não desviar da curvatura do canal. A tentativa dessa cinemática busca obter uma interface em que a lima manual pudesse ultrapassar o instrumento rotatório. No entanto, não houve êxito. Foi utilizado o

tricrosol-formalina (Biodinâmica Ltda., Ibiporã, Paraná) como curativo de demora.

Numa segunda tentativa, e com auxílio do microscópio clínico (MC-M12, DFV, Rio de Janeiro, Brasil) o transpasse foi realizado com êxito, sendo o comprimento de trabalho estabelecido em 16 mm (Figura 2).

O preparo dos canais foi realizado pela técnica escalonada. O diâmetro apical final foi estabelecido em #30 para os vestibulares e #50 para o palatino. Durante a modelagem, foi utilizado hipoclorito de sódio 2,5% como irrigante. Apesar de se conseguir a ultrapassagem do instrumento fraturado, não se conseguiu a remoção desse.

Utilizou-se ácido etileno diamino tetra-acético, EDTA 17% (Biodinâmica Ltda., Ibiporã, Paraná) para remoção da smear layer e o mesmo foi removido com o auxílio de água destilada. A secagem dos canais foi realizada com cones de papel. Foi colocado curativo à base de hidróxido de cálcio associado ao paramonoclorofenolcanforado (Calen, S. S.White, Rio de Janeiro, Brasil) como medicação intra-canal.

A obturação foi realizada na sessão seguinte através da técnica de condensação lateral ativa com o cimento AH Plus (DentsplyDeTrey GmbH, Konstanz, Germany), e cones de guta-percha (Dentsply Ind. e Com. Ltda., Petrópolis, RJ). O dente foi restaurado provisoriamente com resina composta (Figura 3a e b). A paciente foi encaminhada para o Departamento de Dentística para a restauração final.

Após 90 dias, a paciente foi convidada a retornar para ser realizado o atendimento de proervação do caso (Figura 4). Foram realizados os exames clínico e radiográfico onde pode-se confirmar o sucesso do tratamento realizado. Não havia a presença de fístula, sem sintomatologia dolorosa e sem perda de função. Ao exame radiográfico não se constatou reabsorção apical e nem espessamento da lâmina dura.



Figura 1 – Radiografia inicial do dente 27.

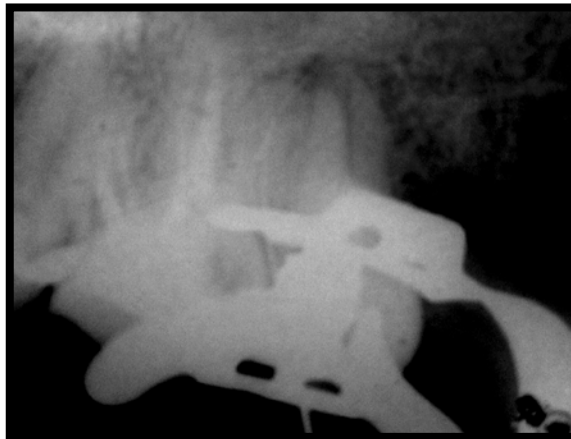


Figura 2 –Radiografia onde se observa o transpasse do instrumento fraturado no canal mésio-vestibular do dente 27.



Figura 3 a

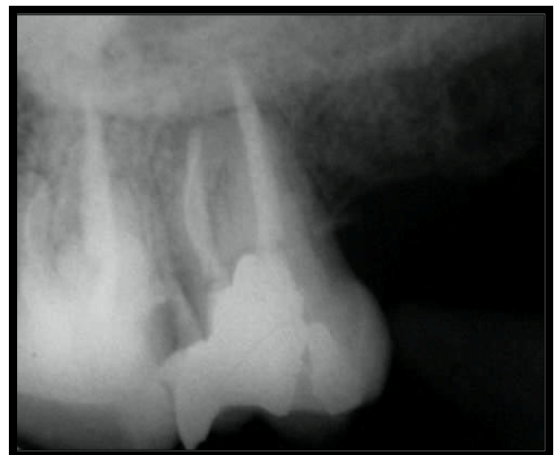


Figura 3 b

Figura 3 - a) Radiografia cêntrica onde se observa a obturação final do dente 27; b) Radiografia distalizada observando o obturação do canal MV.



Figura 4 – Radiografia de preservação realizada após 90 dias do tratamento.

DISCUSSÃO

Erros processuais podem ocorrer durante o tratamento endodôntico e muitas vezes o profissional não possui controle de todos os fatores influentes. Para evitar acidentes como fratura de instrumentos, algumas medidas podem ser tomadas para minimizar o estresse de torção e flexão.

Para a prevenção de fraturas por torção, é aconselhável a realização da prévia exploração do canal radicular, a conservação da lubrificação e a abundante irrigação durante o preparo e a manutenção livre da ponta do instrumento²⁵.

Outras providências devem ser ponderadas para impedir a fratura do instrumento por flexão: seguir a velocidade aconselhada pelo fabricante, dependendo do desenho e conicidade do instrumento; não permitir que o instrumento gire no mesmo comprimento, bem como empregar menores conicidades e diâmetros no canal de menor raio de curvatura; regular a velocidade a fim de que ela seja maior em canais retos e o tempo de retirada do instrumento esteja de acordo com a produção do corte, evitando o acúmulo de raspas de dentina⁹.

Medidas de procedimentos clínicos também podem ser usadas para evitar a fratura, como por exemplo, a realização da dilatação prévia do canal e o posterior cateterismo. Limas manuais tipo K de aço inoxidável de pequenos calibres são utilizadas para facilitar a ação dos instrumentos rotatórios. A aplicação desse procedimento serve para igualar a diferença entre o diâmetro da ponta do canal e do instrumento, impedindo que o mesmo seja forçado e acabe por fraturar²⁶. Outra atenção clínica necessária é a dilatação do terço cervical com o intuito de diminuir o esforço de corte e reduzir a possibilidade de tensão por torção, pois elimina a dupla curvatura²⁷.

O sistema mecanizado de instrumentos rotatórios MTwo possui características peculiares. Constitui instrumentos de tamanhos # 10 a 40 com tapers de 4% e 7%. Há duas arestas laterais de corte, o ângulo variável de inclinação de suas hélices e a ponta de segurança não é cortante. A secção transversal é um 'S'

itálico com duas superfícies de lâmina de corte. Além disso, um crescente aumento do comprimento de passo ocorre da ponta a base. A intenção da empresa fabricante é que os instrumentos ofereçam uma modelagem e limpeza com facilidade e agilidade^{28,29}.

Molares costumam ter canais delgados e curvos, tornando um desafio preparar estes canais³⁰. No presente caso clínico, a ruptura do instrumento número 30 ocorreu no terço médio do canal radicular do dente 27. O raio de curvatura do canal, o ângulo de curvatura e o tamanho do instrumento são fatores importantes na fratura de instrumentos por fadiga cíclica¹⁰. Instrumentos com grandes calibres são mais suscetíveis ao desgaste e tendem a elevar as chances de fratura quando há uma maior utilização clínica dos mesmos³¹. Além disso, a resistência à fadiga cíclica reduz conforme o calibre do instrumento aumenta³².

Quando um fragmento fraturado está dentro do canal radicular há um impedimento em relação à desinfecção do mesmo, aumentando assim a incidência de insucesso no tratamento endodôntico²⁴. Na literatura, existem alguns protocolos de técnicas para a remoção de instrumentos fraturados. No entanto, alguns autores descrevem que essa tentativa de retirada já é suficiente para resultar em uma possível perda da estrutura dentinária e seqüentes complicações clínicas como, por exemplo, uma perfuração da raiz³³.

Outros sugerem que o instrumento deve ser removido cirurgicamente ou então removido juntamente com parte da raiz, quando este se encontra na porção apical^{34,35}. Há aqueles que indicam a possibilidade do fragmento ser deixado no interior do canal radicular quando as tentativas de remoção forem falhas. Sendo assim, a parte coronal acima do instrumento deve ser tratada normalmente, ou seja, obturada até o limite da ruptura³⁶. Alguns estudiosos defendem o transpasse do instrumento, o preparo do canal e posterior inclusão do fragmento na obturação³⁷, o que foi realizado neste caso clínico.

O prognóstico é duvidoso quando um fragmento de instrumento fraturado é deixado no interior de um canal. Caso a patologia periapical esteja presente no momento do tratamento e a desinfecção de canal estiver comprometida, a resultante

será a redução de um bom prognóstico³⁸. Portanto, a infecção ainda permanente na ocorrência da fratura do instrumento, a presença ou ausência de lesão periapical, a anatomia do canal, o tipo de instrumento fraturado e a posição no qual ele se encontra, influenciam de forma significativa o prognóstico do dente em questão²⁴. Neste caso clínico, como ocorreu o transpasse do fragmento, conseguiu-se através do preparo e da colocação do curativo de demora, uma desinfecção importante o que favoreceu o sucesso do caso na preservação.

REFERÊNCIAS

1. Vivacqua-Gomes N, Gurgel-Filho ED, Gomes BP, Ferraz CCR, Zaia AA, Souza-Filho FJ. Recovery of *Enterococcus faecalis* after single- or multiple-visit root canal treatments carried out in infected teeth ex vivo. *IntEndod J*. 2005 Oct;38(10):697-704.
2. Ingle JI. The need for endodontic instrument standartization. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol*. 1995 Nov;8(11):1211-3.
3. Schafer E. Shaping ability of Hero 642 rotary nickel-titanium instruments and stainless steel hand K-Flexofiles in simulated curved root canals. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral RadiolEndod*. 2001 Aug;92(2):215-20.
4. Walia HM, Brantley WA, Gerstein H. An initial investigation of the bending and torsional properties of Nitinol root canal files. *J Endod*. 1988 Jul;14(7):346-51.
5. Sattapan B, Nervo GJ, Palamara JE, Messer HH. Defects in rotary nickel–titanium files after clinical use. *J Endod*. 2000 Mar;26(3):161-5.
6. Lopes HP, Elias CN, Siqueira JF. Mecanismo de fratura dos instrumentos endodônticos. *Rev Paul Odontol*. 2000 Jul;22(4):4-9.
7. Shen Y, Cheung GS, Bian Z, Peng B. Comparison of defects in ProFile and ProTaper systems after clinical use. *J Endod*. 2006 Jan;32(1):61-5.
8. Parashos P, Gordon I, Messer HH. Factors influencing defects of rotary nickel titanium endodontic instruments after clinical use. *J Endod*. 2004 Oct;30(10):722-5.
9. Leonardo MR, Leonardo RT. *Endodontia: conceitos biológicos e recursos tecnológicos*. São Paulo: Artes Medicas; 2009.
10. Pruett JP, Clement DJ, Carnes DL Jr. Cyclic fatigue testing of nickeltitanium endodontic instruments. *J Endod*. 1997 Fev;23(2):77-85.
11. Gambarini G. Cyclic fatigue of profile Rotary instruments after prolonged clinical use. *IntEndod J*. 2001 Jul;34(5):386-9.
12. Soares IJ, Goldberg F. Preparo do canal radicular: esvaziamento e modelagem. In: *Endodontia: técnica e fundamentos*. Porto Alegre: ARTMED; 2001. p. 103-154.
13. Alapati SB, Brantley WA, Svec TA, Powers JM, Nusstein JM, Daehn GS. SEM observations of nickel-titanium rotary endodontic instruments that fractured during clinical use. *J Endod*. 2005 Jan;31(1):40-3.
14. Gobbi, S.J. *Influência do tratamento criogênico na resistência ao desgaste do aço para Trabalho a frio AISI D2 [dissertação]*. Brasília (DF): Universidade de Brasília; 2009.

15. Schäfer E. Effect of physical vapor deposition on cutting efficiency of nickel-titanium files. *J Endod.* 2002 Dec;28(12):800-2.
16. Lee DH, Park B, Saxena A, Serene TP. Enhanced surface hardness by boron implantation in nitinol alloy. *J Endod.* 1996 Oct;22(10):543-6.
17. Lausmaa J. Mechanical, thermal, chemical and electrochemical surface treatment of titanium. In: Brunette DM, Tengvall P, Textor M, Thomsen P, editors. *Titanium in medicine*. Berlin: Springer; 2001. p. 247– 8.
18. Pohl M, HeBing C, Frenzel J. Electrolytic processing of NiTi shape memory alloys. *Mater Sci Engineer.* 2004 Jul;378(1-2):191–9.
19. Borgula L. Rotary nickel-titanium instrument fracture: an experimental and SEM based analysis. Melbourne: University of Melbourne; 2005.
20. Darabara M, Bourithis L, Zinelis S, Papadimitriou GD. Susceptibility to localized corrosion of stainless steel and NiTi endodontic instruments in irrigating solutions. *IntEndod J.* 2004 Oct;37(10):705-10.
21. O'Hoy PY, Messer HH, Palamara JE. The effect of cleaning procedures on fracture properties and corrosion of NiTi files. *IntEndod J.* 2003 Nov;36(11):724-32.
22. Berutti E, Angelini E, Rigolone M, Migliaretti G, Pasqualini D. Influence of sodium hypochlorite on fracture properties and corrosion of ProTaper Rotary instruments. *IntEndod J.* 2006 Sep;39(9):693-9.
23. Viana AC, Gonzalez BM, Bueno VT, Bahia MG. Influence of sterilization on mechanical properties and fatigue resistance of nickel-titanium rotary endodontic instruments. *IntEndod J.* 2006 Sep;39(9):709-15.
24. Parashos P, Messer HH. Rotary NiTi instrument fracture and its consequences. *J Endod.* 2006 Nov;32(11):1031-43.
25. Leonardo MR. *Endodontia*. São Paulo: Artes Medicas; 2008.
26. Berutti E, Negro AR, Lendini M, Pasqualini D. Influence of manual preflaring and torque on the failure rate of ProTaper rotary. *J Endod.* 2004 Apr;30(4):228-39.
27. Contretas MA, Zinman EH, Kaplan Sk. Comparison of the first file that fits at the apex, before and after earl flaring. *J Endod.* 2001 Feb;27(2):113-6.
28. Plotino G, Grande NM, Sorci E, Malagnino VA, Somma FA. A comparison of cyclic fatigue between used and new MTWO NiTi rotatory instruments. *Int Endod J.* 2006 Sep;39(9):716-23.
29. Shafer E, Erler M, Dammaschke T. Comparative study on the shaping ability and cleaning efficiency of rotary Mtwo instruments. Part I. Shaping ability in simulated curved canals. *Int Endod J.* 2006 Mar;39(3):196-202.

30. Shen Y, Bian Z, Cheung GS, Peng B. Analysis of defects in ProTaper hand-operated instruments after clinical use. *J Endod.* 2007 Mar;33(3):287-90.
31. Tripi TR, Bonaccorso A, Tripi V, Condorelli GG, Rapisarda E. Defects in GT rotary instruments after use: an SEM study. *J Endod.* 2001 Dec;27(12):782-5.
32. Grande NM, Plotino G, Pecci R, Bedini R, Malagnino VA, Somma F. Cyclic fatigue resistance and three-dimensional analysis of instruments from two nickel-titanium rotary systems. *IntEndod J.* 2006 Oct;39(10):755–63.
33. Souter NJ, Messer HH. Complications associated with fractured file removal using an ultrasonic technique. *J Endod.* 2005 Jun;31(6):450-2.
34. Ingle J, Glick D. The Washington study. In: Ingle J, editor. *Endodontics.* Philadelphia: Lea &Febiger; 1965. p. 54–77.
35. Sommer RF, Ostrander FD, Crowley MC. *Clinical endodontics.* 3rd ed. Philadelphia: W.B. Saunders Co; 1966.
36. Crump MC, Natkin E. Relationship of broken root canal instruments to endodontic case prognosis: a clinical investigation. *J Am Dent Assoc.* 1970 Jun;80(6):1341-7.
37. Zeigler PE, Serene TE. Failures in therapy. In: Cohen S, Burns RC, editors. *Pathways of the pulp.* 3rd ed. St Louis: C.V. Mosby; 1984. p. 805–6.
38. Spili P, Parashos P, Messer HH. The impact of instrument fracture on outcome of endodontic treatment. *J Endod.* 2005 Dec;31(12):845-50.