

Artigo de Revisão de Literatura
Literature Review Article

Endodontia mecanizada: a evolução dos sistemas rotatórios contínuos

Mechanized endodontic: the evolution of continuous rotary systems

Fabiana Salloum SEMAAN*
Flávia Sens FAGUNDES**
Gisele HARAGUSHIKU**
Denise Piotto LEONARDI***
Flares BARATTO FILHO****

Endereço para correspondência:
Address for correspondence:

Fabiana Salloum Semaan
Av. Brasília, 90 – Novo Mundo
CEP 81020-010 – Curitiba – PR
E-mail: fabianasalloum@up.edu.br

* Cirurgiã-dentista graduada pela Universidade Positivo. Especialista em Endodontia pela Universidade Positivo.

** Professoras da disciplina de Endodontia da Universidade Positivo. Especialistas e Mestres em Endodontia.

*** Professora da disciplina de Endodontia e do Mestrado em Odontologia da Universidade Positivo. Especialista, Mestre e Doutora em Endodontia.

**** Professor da disciplina de Endodontia e coordenador do Mestrado em Odontologia da Universidade Positivo. Especialista, Mestre e Doutor em Endodontia.

Recebido em 12/3/09. Aceito em 14/6/09.

Received on March 12, 2009. Accepted on June 14, 2009.

Palavras-chave:

preparo do canal radicular; Endodontia mecanizada; instrumentos rotatórios.

Resumo

Introdução: Nenhuma fase do tratamento endodôntico vivenciou significativa evolução como a instrumentação, graças ao desenvolvimento expressivo dos instrumentos rotatórios contínuos, o que justifica a necessidade de estudos a respeito do assunto. **Objetivo:** O objetivo deste trabalho foi realizar um levantamento bibliográfico sobre a evolução dos sistemas rotatórios contínuos, abordando as características individuais, o mecanismo de ação, a técnica de preparo, as vantagens e desvantagens de cada sistema, assim como as correções de possíveis falhas existentes. **Revisão de literatura:** Por meio de comparação, analisaram-se na revisão de literatura, de maneira geral, os principais fatores que envolvem a utilização dos sistemas rotatórios, como:

limpeza e modelagem, habilidade na remoção de smear layer e debris, transporte apical, extrusão apical de debris, perda de comprimento de trabalho, formação de zips, degraus e perfurações, taxa de deformações e fraturas de limas e tempo de preparo do canal radicular. **Conclusão:** Concluiu-se que os sistemas ProTaper Universal, K3, Hero, MTwo e Race são os mais representativos no momento atual, e os sistemas BioRace e Twisted Files, os mais promissores, pois estudos a seu respeito ainda precisam ser realizados.

Keywords:

root canal shaping;
mechanized
endodontics; rotary
instruments.

Abstract

Introduction: None phase of endodontic treatment has showed significant evolution as the instrumentation, due to the expressive development of the rotary files, what justifies the need of studies regarding this matter. **Objective:** The aim of this study was to carry a review about the evolution of continuous rotary systems, showing individuals features, action mechanism, shaping technique, advantages and disadvantages of each system and corrections of possible failures. **Literature review:** Through comparison, the main factors regarding the use of rotary systems were analyzed in general in the literature review, such as cleaning and shaping, ability to remove smear layer and debris, apical transportation, apical extrusion of debris, loss of working length, zips formation, stairs and perforations, file deformations and fractures' rate and working time for root canal shaping. **Conclusion:** It was concluded that the systems ProTaper Universal, K3, Hero, Race and MTwo are the most representative in the actual moment. The systems BioRace and Twisted File are the most promising because studies about them still need to be accomplished.

Introdução

Para o sucesso do tratamento endodôntico é indispensável uma perfeita limpeza, modelagem e desinfecção do canal radicular e a obtenção de um formato cônico afunilado, semelhante à sua forma original, viabilizando, dessa forma, as condições para que o sistema de canais radiculares possa ser obturado hermeticamente [9, 64].

Sem dúvida, a fase que apresentou maiores transformações nos últimos anos foi o preparo do canal radicular, tendo em vista a gradativa “substituição” do preparo manual pela automatização das técnicas de modelagem. A instrumentação rotatória ou a mecanização da etapa do preparo do canal radicular, como tem sido denominada na atualidade [23, 53], passa por um processo de adoção inevitável por parte dos especialistas e está em constante evolução [73]. A cada dia, novos motores e instrumentos são introduzidos no mercado [9] e novos profissionais adeptos são conquistados, uma vez que a instrumentação rotatória promove maior rapidez no preparo do canal radicular e menor

estresse para o profissional e seus pacientes durante a realização da terapia endodôntica [6, 7, 9, 48, 53].

Desde a introdução da liga de níquel-titânio na Endodontia e o posterior desenvolvimento dos instrumentos rotatórios, várias pesquisas vêm demonstrando a superioridade e a rapidez na conclusão dos preparos biomecânicos realizados pela instrumentação mecanizada. Diversos trabalhos científicos buscaram analisar a eficiência dos referidos instrumentos no preparo do canal radicular, no que diz respeito à limpeza promovida nas paredes dentinárias e à forma final obtida na modelagem, como mostram vários estudos [2, 4, 7, 9, 11, 14, 15, 16, 18, 22, 36, 37, 39, 40, 50, 60, 61, 66, 68, 75, 78, 81, 82]. Outro fator importante a ser considerado durante a limpeza e a modelagem é a anatomia interna do dente em questão, uma vez que canais radiculares achatados podem ser considerados verdadeiros obstáculos para o preparo rotatório adequado do canal radicular [7, 9, 10, 11, 82].

Com relação à limpeza do canal radicular pela ação da solução irrigante, várias pesquisas e experiências clínicas têm demonstrado que o hipoclorito de sódio (NaOCl) possui características físico-químicas compatíveis com os requisitos básicos de uma solução irrigadora ideal [7, 13].

O hipoclorito de sódio a 5% é relatado na literatura como a solução mais eficiente na limpeza dos canais radiculares, como mostram alguns estudos [7, 9, 13, 26, 29, 43, 69, 70, 76, 77]. Entretanto os mesmos autores são unânimes quanto à questão da biocompatibilidade da solução em tal concentração, e alguns sugerem diminuir o referido teor de cloro ativo para 2,5%, minimizando assim sua ação deletéria nos tecidos periapicais.

O preparo químico-mecânico do canal radicular é a etapa que demanda mais tempo no tratamento endodôntico. Por isso, há muito tempo os endodontistas e as indústrias de materiais odontológicos preocupam-se com a criação de sistemas que permitam a modelagem dos canais por meio de uma instrumentação automatizada, o que facilita e acelera o preparo químico-mecânico dos canais radiculares. Para alcançar esse objetivo, as últimas décadas foram e estão sendo marcadas pela criação e pelo aperfeiçoamento de inúmeros instrumentos e equipamentos. Assim, em virtude da busca constante pelo aprimoramento dos sistemas rotatórios, este estudo objetiva efetuar uma revisão de literatura sobre os mais recentes avanços na mecanização do preparo do canal radicular.

Revisão de literatura

Histórico

Há muitos anos, a prática endodôntica dispõe de contra-ângulos para instrumentação automatizada, entre os quais podem ser citados o Giromatic (Micro-Mega, Suíça) na década de 1960 e o Sistema Canal Finder no fim da década de 1980 [49]. Nesses aparelhos eram empregadas limas de aço inoxidável,

e sempre permanecia latente durante o seu uso o perigo da fratura do instrumento, da criação de falsas vias e, ainda, da perfuração radicular. Posteriormente a esses métodos de instrumentação, apresentaram notoriedade os aparelhos de ação vibratória. Assim, a partir da década de 80 surgiram no comércio odontológico diferentes sistemas de instrumentação sônica e ultrassônica.

Nos anos 60, a liga de níquel-titânio (NiTi) foi desenvolvida por Buehler, um investigador do Programa Espacial do Laboratório de Artilharia Naval em Silver Springs, Maryland – EUA. Tratava-se de um metalurgista, pesquisador de ligas não-magnéticas que fossem à prova d'água e resistentes ao sal. As propriedades termodinâmicas apresentadas por essa liga intermetálica foram verificadas por meio da capacidade de produzir um efeito memória de forma quando se empregava especificamente o tratamento térmico controlado [18]. A liga foi denominada de nitinol, em virtude dos elementos pelos quais o material é composto: ni de níquel (56%), ti de titânio (44%) e nol como referência ao local no qual foi pesquisada, Naval Ordnance Laboratory. Nitinol é, então, o nome dado à família de ligas intermetálicas de níquel-titânio que têm sido utilizadas por apresentarem propriedades únicas de efeito memória de forma e superelasticidade. A superelasticidade dos fios de nitinol significa que estes retornam à sua forma original após uma deformação. Foram descritos uma grande resistência e um baixo módulo de elasticidade para a citada liga quando comparada ao aço inoxidável, sendo essa uma vantagem no uso de instrumentos endodônticos para o preparo de canais curvos.

Principais sistemas rotatórios contínuos

As principais características dos sistemas rotatórios contínuos podem ser observadas no quadro I.

| Sistema / fabricante | Conicidade | Secção transversal | Desenho da ponta | Banda radial | Ângulo de corte | Velocidade de rotação |
|---|------------|--|------------------|--------------------|-----------------------|-----------------------|
| Quantec (Kerr Analytic/Sybron) | .02 a .06 | Dois dentes de corte opostos / Sentido hélice à esquerda | Ativa e inativa | Dupla banda radial | Ligeiramente positivo | 340 rpm |
| Lightspeed (Lightspeed Technology) | .02 e .04 | “U” | Inativa | Apoios radiais | Biselado | 750 a 2.000 rpm |

continua...

Continuação do quadro I

| | | | | | | |
|---|--------------------------------|---|---------|------------------------|--------------------------|----------------|
| Profile (Dentsply) | .02, .04 e .06 | “U” | Inativa | 3 bandas radiais | Negativo | 150-350 rpm |
| NiTi – Files (Sybron) | .02 a .06 | Dois dentes de corte opostos / Sentido hélice à esquerda | Inativa | Banda radial | Positivo | 340 rpm |
| Profile Series 29 (Dentsply) | .02, .04 e .06 | “U” | Inativa | Banda radial | Negativo | 150-350 rpm |
| GT (Dentsply) | .06, .08, .10 e .12 | “U” | Inativa | Banda radial | Negativo | 150-350 rpm |
| POW-R (Moyco Union Broach) | .02 e .04 | .02 Quadrangular .04 Triangular | Inativa | Banda radial | Positivo | 150-350 rpm |
| ProTaper Universal (Dentsply) | Progressiva .02 a .19 | Triangular convexa | Inativa | Sem banda radial | Negativo | 200-350 rpm |
| K3 (Sybron) | .02, .04 e .06 | Lâmina complexa | Inativa | Banda radial | Ligeiramente positivo | 150-350 rpm |
| Hero (Micro-Mega) | .02, .04 e .06 | Triangular convexa | Inativa | Sem banda radial | Positivo | 300-600 rpm |
| RT-NiTi (Lohcus) | .02, .04 e .06 | “S” | Inativa | Sem banda radial | Positivo | 150-300 rpm |
| MTwo (VDW) | .04, .05, .06 e .07 | “S” | Inativa | Sem Banda radial | Negativo | 150-300 rpm |
| FlexMaster (VDW) | .02, .04 e .06 | Triangular convexa | Inativa | Sem banda radial | Negativo | 150-300 rpm |
| Race (FKG) | .02, .04 e .06 | Triangular | Inativa | Sem banda radial | Negativo | 300-600 rpm |
| BioRace (FKG) | .02, .04, .05, .06 e .08 | Triangular | Inativa | Sem banda radial | Negativo | 500-600 rpm |
| Twisted Files (Sybron) | .04, .06, .08, .10 e .12 | Triangular | Inativa | Sem banda radial | Positivo | 500 rpm |

Quadro I – Resumo das principais características dos sistemas rotatórios contínuos

Hülsmann et al. (2001) [37] compararam dois sistemas rotatórios (Hero 642 X Quantec) em relação a presença de iatrogenias, limpeza do canal, tempo de preparo e diâmetro do canal radicular. Os autores concluíram que ambos os sistemas são eficientes no preparo do canal radicular, entretanto o Quantec perde em segurança para o Hero.

Hülsmann et al. (2003) [38] realizaram um estudo sobre o preparo do canal radicular utilizando Lightspeed e Quantec SC para comparar diversos parâmetros. Observou-se que ambos os sistemas mantiveram bem os graus de curvatura. Incidentes como fratura, entupimento apical e perda de comprimento de trabalho apresentaram resultados semelhantes para ambos os sistemas.

Quanto à forma final do canal e aos debris, ambos também obtiveram resultados semelhantes. Os dois sistemas apresentaram limpeza e segurança deficientes.

Guelzow et al. (2005) [31] efetuaram uma pesquisa comparativa de seis sistemas rotatórios (FlexMaster, GT, Hero 642, K3, ProTaper e Race) e instrumentação manual para o preparo do canal radicular, na qual diversos parâmetros foram analisados. Os autores concluíram que todos os sistemas rotatórios mantiveram a curvatura do canal, poucos instrumentos fraturaram e o preparo mecanizado foi mais rápido do que a técnica manual. O ProTaper foi o sistema que gerou o preparo mais regular.

Paqué et al. (2005) [58] compararam o preparo do canal radicular utilizando os sistemas ProTaper e Race. Os autores verificaram que ambos mantiveram a curvatura original dos canais testados, entretanto nenhum deles promoveu uma satisfatória limpeza dos canais radiculares.

Schäfer et al. (2006) [65], em estudo comparativo entre MTwo, K3 e Race, concluíram que os instrumentos MTwo prepararam os canais curvos rapidamente, respeitando a curvatura original do canal, e se apresentaram seguros. Além disso, os instrumentos MTwo obtiveram um resultado de limpeza e manutenção da curvatura do canal significativamente melhor que K3 e Race.

Di-Fiore et al. (2006) [19] buscaram determinar a incidência de fratura de instrumentos rotatórios de NiTi por meio de um acesso de prática clínica. Os autores observaram que a baixa incidência de fratura dos instrumentos rotatórios de níquel-titânio sustenta o seu uso contínuo no tratamento dos canais radiculares.

Spanaki-Voreadi et al. (2006) [72] realizaram um trabalho com o objetivo de avaliar 46 instrumentos ProTaper descartados (fraturados e/ou plasticamente deformados) pelo uso clínico, os quais foram coletados de diversas clínicas. Os resultados encontrados sugeriram que uma única sobrecarga gera a fratura do instrumento ProTaper no interior do canal e que essa é a causa mais comum de fratura.

Zarrabi et al. (2006) [85] efetuaram uma pesquisa comparativa, *in vitro*, da quantidade de debris extruídos apicalmente resultantes da instrumentação convencional e do emprego de três sistemas rotatórios (ProFile, Race e FlexMaster). O sistema Race foi o que menos extruiu debris apicalmente.

Zand et al. (2007) [83] realizaram um estudo comparativo com microscópio eletrônico para avaliar a quantidade de smear layer formada após

o preparo do canal radicular com instrumentos manuais NiTi e rotatórios FlexMaster e Race. Os autores concluíram que os instrumentos FlexMaster deixaram quantidade bem menor de debris e smear layer. O instrumento manual foi o que mais deixou debris e smear layer.

Sonntag et al. (2007) [71] examinaram o preparo do canal radicular realizado com os sistemas K3, ProTaper e MTwo. Os autores concluíram que os três sistemas obtiveram bons resultados no preparo do canal radicular.

Gergi e Sabbagh (2007) [28] avaliaram a efetividade de limas manuais Hedström, ProTaper e R-Endo na remoção de guta-percha de canais radiculares severamente curvos. Eles observaram que todos os instrumentos deixaram material no interior do canal radicular e que os sistemas ProTaper e R-Endo são inadequados para a completa remoção de material obturador. Diferentemente, outros trabalhos comprovaram a efetividade dos sistemas rotatórios no retratamento endodôntico, porém jamais produzindo canais radiculares completamente livres de material obturador [5, 8, 24, 45].

Huang et al. (2007) [35] analisaram o montante de debris extruídos apicalmente durante retratamento endodôntico utilizando o sistema ProTaper Universal. Embora todas as técnicas de retratamento resultem em extrusão apical de debris, o ProTaper Universal produziu significativamente menor quantidade de debris extruídos. Os autores concluíram que o ProTaper Universal provou ser uma técnica rotatória viável para o retratamento.

Javaheri e Javaheri (2007) [41] compararam o transporte apical e as mudanças na curvatura do canal proporcionada por três instrumentos rotatórios de níquel-titânio: Hero 642, Race e ProTaper. Uma diferença estatística expressiva no transporte apical foi encontrada para o sistema ProTaper. Os resultados sugeriram que este deve ser utilizado em combinação com outros sistemas de menor conicidade e maior flexibilidade, como o Race, no preparo de canais radiculares curvos.

Loizides et al. (2007) [51] objetivaram avaliar, utilizando tomografia microcomputadorizada, e comparar os efeitos do novo sistema Hero (Endoflare, Hero Shaper e Hero Apical) e do sistema ProTaper quando empregados em canais radiculares de dentes humanos extraídos. De acordo com as condições do estudo, os autores concluíram que a hibridização deveria ser avaliada a fim de gerar melhores resultados na modelagem dos canais radiculares.

Ounsi et al. (2007) [57] examinaram, *in vivo*, a fadiga cíclica de instrumentos rotatórios ProTaper

após seu uso inicial em canais radiculares retos e curvos. Os instrumentos F3 foram altamente suscetíveis a fratura por fadiga cíclica e deveriam ser reutilizados com atenção, considerando se foram utilizados inicialmente no preparo de canais radiculares retos ou curvos.

Saad et al. (2007) [63] realizaram um estudo com o intuito de analisar a eficácia dos sistemas ProTaper e K3 na remoção de guta-percha durante o retratamento do canal radicular, em comparação com as limas manuais Hedström. Os autores averiguaram que ProTaper e K3 se mostraram efetivos e mais rápidos na remoção de guta-percha.

Yang et al. (2007) [79] compararam a capacidade de modelagem de instrumentos com conicidades progressivas (ProTaper) e constantes (Hero Shaper). Os canais radiculares preparados com Hero Shaper apresentaram menos transporte e mantiveram-se mais centrados na região apical, possivelmente em virtude da sua menor conicidade, o que diminui a rigidez do instrumento.

Kustarci et al. (2008) [46] realizaram uma pesquisa a fim de avaliar o número de bactérias extruídas apicalmente durante o preparo manual e rotatório de canais radiculares de dentes humanos extraídos. Foram empregadas três técnicas rotatórias: K3, Race e FlexMaster. Os autores constataram que todas as técnicas de instrumentação extruíram bactérias apicalmente. Não houve diferença significativa no número de CFU (colony-forming units) entre os grupos rotatórios; a técnica manual extruiu significativamente mais microrganismos.

Aguiar e Câmara (2008) [1] buscaram avaliar radiograficamente a ocorrência de desvios apicais em canais radiculares preparados com instrumentos manuais e rotatórios. Os preparos com ProTaper manual e rotatório obtiveram a mesma taxa de desvio apical (25%), enquanto o preparo com Race resultou em 20% de canais desviados apicalmente.

Câmara et al. (2008) [18] observaram diferentes sistemas rotatórios Hero por imagens pré e pós-operatórias de canais mesiovestibulares empregando estereomicroscópio. Cinquenta canais mesiovestibulares humanos de primeiros molares inferiores foram divididos em cinco grupos: 1) Hero 642; 2) Hero 642 e Hero Apical; 3) Hero Shaper; 4) Hero Shaper e Hero Apical; 5) NiTiFlex. A distribuição dos valores dos perímetros finais dos canais para cada método de instrumentação não foi estatisticamente significativa em nenhum dos terços. Um aumento no perímetro do canal foi verificado em todos os grupos. No terço cervical o maior aumento foi do grupo 5; no terço médio, do grupo 4; e no terço apical, do grupo 2.

Schäfer e Oitzinger (2008) [67] realizaram um estudo com o propósito de comparar a eficiência de corte dos seguintes sistemas rotatórios: Alpha-File, FlexMaster, MTwo, ProFile e Race. Os autores concluíram que MTwo e Race apresentaram a maior eficiência de corte.

Zhang et al. (2008) [84] averiguaram a habilidade do sistema ProTaper combinado com Hero 642 no preparo de canais radiculares severamente curvos. Os canais preparados com ProTaper apresentaram uma grande tendência ao transporte apical. O Hero 642 e a combinação dos instrumentos mantiveram a forma original do canal com pequeno transporte. Entretanto a conicidade dos canais preparados com Hero 642 foi relativamente pobre.

Tasdemir et al. (2008) [74] investigaram a habilidade de três instrumentos rotatórios (ProTaper, R-Endo, MTwo) e da instrumentação manual (limas Hedström) na remoção de guta-percha e cimento. O grupo ProTaper deixou a menor quantidade de material obturador, principalmente quando comparado com MTwo. Nenhum método removeu completamente o material obturador.

Gu et al. (2008) [30] analisaram a eficácia do sistema ProTaper Universal de retratamento para a remoção da guta-percha dos canais radiculares e concluíram que esse sistema provou ser eficiente.

Garcia Jr. et al. (2008) [27] compararam in vitro a eficiência de remoção da guta-percha dos canais radiculares por meio de diferentes instrumentos rotatórios: ProFile, ProTaper, GT, K3 e Hero. Os sistemas ProFile, ProTaper e GT obtiveram os melhores resultados, não havendo diferença estatística entre eles.

ElAyouti et al. (2008) [20] compararam a qualidade do preparo de dois sistemas rotatórios – MTwo e ProTaper – e de limas manuais de NiTi em canais radiculares ovais e pesquisaram o efeito das dimensões dos canais no preparo. Os autores constataram que nenhuma técnica de instrumentação foi capaz de preparar circunferencialmente os canais radiculares. Contudo instrumentos com taper (conicidade) maior (ProTaper e MTwo) foram mais eficientes do que as limas manuais de NiTi.

Larsen et al. (2009) [47] confrontaram a fadiga cíclica de dois novos sistemas lançados no mercado recentemente, o sistema Twisted File e o GTX, com o EndoSequence e o Profile. Os resultados mostraram que o processo de fabricação dos novos instrumentos aumentou a resistência deles à fadiga cíclica, porém novos estudos devem ser realizados, pois os testes foram feitos em blocos de resina.

Com base nos trabalhos encontrados na literatura referentes ao preparo do canal radicular,

torna-se evidente que nenhuma técnica permite ainda uma limpeza total do canal, na modelagem e/ou no retratamento, e que problemas como deformações e fraturas de limas, deformações no canal radicular, transporte apical, entre outros, ocorrem.

Discussão

Diversos estudos comparativos são realizados frequentemente com o objetivo de analisar os sistemas sob diferentes aspectos como: limpeza e modelagem, habilidade na remoção de smear layer e debris, transporte apical, extrusão apical de debris, perda de comprimento de trabalho, formação de zips, degraus e perfurações, taxa de deformações e fraturas de limas e tempo para o preparo do canal radicular.

No que diz respeito à limpeza do canal radicular, vários trabalhos compararam a remoção de debris e smear layer, tanto com a técnica manual como com a rotatória. Todos comprovaram que nenhuma técnica promoveu total limpeza do canal radicular [3, 11, 25, 36, 38, 60, 66, 68, 82, 83].

Quanto à remoção de debris e smear layer, comparando-se a técnica manual e a rotatória, Ahlquist et al. (2001) [2] concluíram que a instrumentação manual, com lima S de aço, resultou em menor quantidade de debris na região apical do que o sistema ProFile .04. Esse estudo corrobora os resultados alcançados por Barbizam et al. (2002) [11]; esses autores também concluíram que a técnica manual empregando lima K-file foi mais eficiente na limpeza dos canais radiculares do que a técnica rotatória com ProFile .04. Outros dois trabalhos demonstraram que menos debris foram encontrados no terço apical dos canais preparados pela técnica manual, com lima Flexofile, do que pela técnica mecanizada com K3 [66] e FlexMaster [3]. Em contrapartida, o estudo de Zand et al. (2007) [83] não está de acordo com os anteriores, pois os resultados indicaram que o instrumento manual NiTi foi o que mais deixou debris e smear layer quando confrontado com FlexMaster e Race.

Considerando-se os sistemas rotatórios no que se refere à limpeza do canal radicular, Kataia et al. (1995) [44] compararam o sistema Canal Finder (com instrumento de aço) a outro sistema com limas de NiTi e concluíram que este último foi o mais eficiente na remoção de smear layer e debris do interior dos canais radiculares. Peters e Barbakow (2000) [60] constataram em seu estudo que não houve diferença expressiva entre o sistema Lightspeed e ProFile .04 na limpeza dos canais. Em estudo semelhante de Versumer et al. (2002) [78] foi encontrado o mesmo resultado no tocante à limpeza.

Ainda a respeito da capacidade de limpeza do canal radicular, Fariniuk et al. (2003) [22], em estudo comparativo entre os sistemas Endoflash, ProFile .04 e Pow-R .04, averiguaram que o melhor resultado foi do sistema ProFile .04, seguido por Pow-R, NiTi Flex (grupo controle) e por último Endoflash.

Foschi et al. (2004) [25] compararam os sistemas rotatórios MTwo e ProTaper e observaram que ambos os instrumentos proporcionaram uma superfície limpa e livre de debris nos terços cervical e médio, mas foram incapazes de produzir uma superfície livre de debris no terço apical. Já Schäfer et al. (2006) [65] confrontaram os sistemas MTwo, K3 e Race e chegaram à conclusão de que o MTwo apresentou o melhor resultado na limpeza do canal radicular.

Com relação ao tratamento endodôntico, principalmente com instrumentos rotatórios, um ponto muito importante a ser avaliado é a questão do transporte apical. Alguns estudos tratam desse assunto. Hata et al. (2002) [33] verificaram que no milímetro apical final do canal o transporte foi mais frequente na direção externa da curvatura. Hartmann et al. (2007) [32] compararam a instrumentação manual com K-file, a instrumentação oscilatória com K-file e a instrumentação rotatória com ProTaper e concluíram que a manual foi a que menos gerou transporte apical. O trabalho de Perez et al. (2005) [59] demonstrou que o sistema Endoflash apresentou maior risco de transporte apical (se comparado com o sistema Hero Shaper), diferentemente do constatado com sua ação em blocos simulados [21]. Yang et al. (2007) [79] também encontraram melhor desempenho no sistema Hero Shaper quanto ao transporte apical do que no ProTaper. Esse estudo corrobora o de Yoshimine et al. (2005) [80], que observaram maior tendência de formação de degraus e zips pelo sistema ProTaper, a qual ocorreu, segundo os autores, por causa das finishing files, que parecem ser menos flexíveis em virtude de seu maior taper. Mais uma pesquisa que está de acordo com essa é a de Bergmans et al. (2003) [14], na qual se compararam os instrumentos K3 com ProTaper. Com base nos resultados obtidos os autores concluíram que o taper progressivo do sistema ProTaper possibilitou maior capacidade de corte da dentina, no entanto também causou maior transporte apical. Outro estudo que apresentou resultado semelhante foi o de Sonntag et al. (2007) [71], que analisou os sistemas MTwo, K3 e ProTaper, revelando os maiores índices de transporte de canal para o ProTaper. Maior número de transporte pelo sistema ProTaper também foi visto no trabalho de Zhang et al. (2008) [84]. Outros

dois estudos que corroboram todos esses citados são o de Javaheri e Javaheri (2007) [41], no qual se afirmou que o sistema ProTaper deve ser empregado em combinação com outro sistema de menor taper, como o Race, para evitar o transporte apical, e o de Loizides et al. (2007) [51], que na comparação entre ProTaper e Hero detectaram a tendência ao transporte apical do ProTaper e recomendaram a hibridização a fim de gerar um resultado melhor no preparo do canal. Mas com o surgimento do ProTaper Universal houve algumas modificações, e esse problema pode ter sido amenizado. São necessárias novas pesquisas para comprovação. Em estudo comparativo de Weiger et al. (2003) [81] entre os sistemas rotatórios FlexMaster e Lightspeed foi constatada maior incidência de transporte apical com o FlexMaster. Já Aguiar e Câmara (2008) [1], ao analisar os sistemas ProTaper manual, ProTaper rotatório e Race, não detectaram diferença significativa entre eles no desvio apical.

Quanto à extrusão apical de debris, os instrumentos rotatórios apresentam menor extrusão do que as técnicas manuais. Isso se deve à ação rotatória do instrumento, que leva as raspas dentinárias à porção cervical da raiz, sendo facilmente removidas pela irrigação. Hinrichs et al. (1998) [34] e Reddy e Hicks (1998) [62] afirmaram que talvez esse fato auxilie na recuperação dos tecidos periapicais, além de diminuir a dor pós-operatória. Zarrabi et al. (2006) [85] realizaram um estudo comparativo *in vitro* dos debris extruídos apicalmente resultantes da instrumentação manual e da instrumentação rotatória dos sistemas ProFile, Race e FlexMaster e concluíram que o sistema Race foi o que menos extruiu debris apicalmente, e a técnica manual foi a que mais extruiu. Kustarci et al. (2008) [46] também demonstraram os mesmos resultados, indicando que a técnica manual extruiu mais debris do que o sistema rotatório com Race, K3 e FlexMaster.

Um tópico de extrema importância, quando se trata de instrumentos rotatórios, é a deformação e a fratura da lima. Inúmeros trabalhos versam sobre esse assunto. Em estudo de Schäfer e Schlingemann (2003) [66] foram constatadas cinco fraturas de instrumentos K3. Na pesquisa de Weiger et al. (2003) [81] foram encontradas duas fraturas de instrumentos Lightspeed. Ankrum et al. (2004) [4] realizaram um estudo comparativo e concluíram que os sistemas ProFile e K3 apresentaram melhor desempenho quanto ao índice de fratura quando comparados com o ProTaper. Em relação às distorções, o sistema ProFile obteve 15,3% contra 2,4% do ProTaper e 8,3% do K3. Já Jodway e

Hülsmann (2006) [42], em seu trabalho com dois sistemas rotatórios e K3, não detectaram nenhuma fratura. Yang et al. (2007) [79] chegaram a resultado semelhante, já que também não observaram nenhuma fratura dos instrumentos ProTaper e Hero Shaper. Alam et al. (2006) [3] analisaram o FlexMaster e o Flexofile manual e constataram apenas uma fratura de instrumento FlexMaster na região apical. Um estudo interessante no tocante à distorção e à fratura é o de Spanaki-Voreadi et al. (2006) [72], que avaliaram instrumentos ProTaper descartados (deformados e/ou fraturados) após o uso. A inspeção demonstrou que 17,4% dos instrumentos descartados estavam somente plasticamente deformados, 8,7% estavam fraturados com deformação plástica e 73,9% estavam fraturados sem deformação plástica. Os resultados encontrados sugerem que uma única sobrecarga gera a fratura do instrumento ProTaper no interior do canal e que essa é a causa mais comum de fratura. Necchi et al. (2008) [55] examinaram o comportamento mecânico dos instrumentos rotatórios e verificaram que a maior demanda de trabalho deles é em canais severamente curvos, especialmente nas áreas de maior diâmetro do instrumento. Para prevenir possíveis prejuízos e fratura dos instrumentos, eles devem ser periodicamente analisados, e é preciso descartá-los quando há mínima notabilidade de distorções e após certo número de uso. Ounsi et al. (2007) [57] e Lopes et al. (2007) [52] descreveram que principalmente os instrumentos F3 do ProTaper, inicialmente utilizados em canais curvos, são suscetíveis a fratura por fadiga cíclica. Barbosa et al. (2007) [12] demonstraram que as sucessivas torções, juntamente com a fadiga flexural, reduzem a resistência mecânica das limas de NiTi, levando-as à fratura.

Em relação ao tempo de preparo do canal radicular com instrumentos rotatórios, todos os autores que realizaram pesquisas nesse campo são unânimes em afirmar que tal preparo é significativamente mais rápido do que com a técnica manual [3, 5, 31, 45, 82].

Quanto a aspectos como formação de degraus, zips e perfurações, perda de comprimento de trabalho e entupimento apical, todos esses problemas são passíveis de ocorrer, e realmente acontecem, como se viu nos estudos analisados, mas não são tão comuns e preocupantes a ponto de superar as vantagens proporcionadas pelos sistemas rotatórios.

Quando se trata de sistemas rotatórios, também é necessário falar a respeito do retratamento com esses sistemas. No estudo de Gergi e Sabbagh (2007) [28],

no qual foi avaliada a efetividade de limas Hedströen, ProTaper e R-Endo na remoção de guta-percha de canais radiculares severamente curvos, os resultados indicaram que todos os instrumentos deixaram material no interior do canal. Demonstraram também que o ProTaper e o R-Endo são inadequados para a completa remoção de material obturador do sistema de canal radicular. Em trabalho semelhante, Tasdemir et al. (2008) [74] avaliaram os mesmos instrumentos, incluindo MTwo, e concluíram que nenhum deles removeu totalmente o material obturador e que o ProTaper foi o que apresentou o melhor resultado, principalmente quando comparado ao Mtwo. Mais um estudo que relatou o fato de nenhum instrumento remover todo o material obturador foi o de Saad et al. (2007) [63]. Esses autores analisaram os instrumentos rotatórios ProTaper, K3 e limas manuais Hedströen e averiguaram que os instrumentos rotatórios foram mais efetivos que a técnica manual. Já na pesquisa de Garcia Jr. et al. (2008) [27], que comparou os sistemas rotatórios ProFile, ProTaper, GT, K3 e Hero quanto à remoção de guta-percha dos canais radiculares, os sistemas Profile, ProTaper e GT obtiveram os melhores resultados. Esse resultado não está de acordo com o de Gergi e Sabbagh (2007) [28] com relação ao ProTaper. Recentemente foi lançado no mercado o sistema ProTaper Universal específico para retratamento. Ele foi avaliado por Gu et al. (2008) [30], que constataram menor porcentagem de guta-percha residual e cimento, além de menor tempo operatório no grupo de dentes que foram retratados com ProTaper Universal. Os autores concluíram que esse sistema provou ser eficiente.

Com base nos trabalhos analisados, percebe-se que todos os sistemas rotatórios são viáveis e eficazes no preparo do canal radicular. Desde a década de 1990 têm surgido no mercado diversas pesquisas, sempre com modificações, buscando a correção de falhas existentes e o aprimoramento dos materiais.

A respeito dos sistemas mais recentes BioRace e Twisted Files (47, 54, 56), estudos precisam ser realizados para comprovar as suas características, que parecem torná-los os mais promissores do momento.

Conclusão

Com base na revisão de literatura sobre os sistemas rotatórios contínuos, conclui-se que:

- eles são eficazes no preparo do canal radicular;
- nenhum sistema promove a limpeza e a modelagem total do canal radicular;

- a extrusão apical de debris gerada pelos sistemas é mínima;
- as deformações tanto do canal radicular como das limas são passíveis de ocorrer, assim como as fraturas;
- a instrumentação mecanizada economiza tempo relevante no preparo do canal radicular, beneficiando o profissional e o paciente;
- para o retratamento endodôntico, os sistemas rotatórios são mais eficazes que a técnica manual, mas nenhum instrumento remove totalmente o material obturador;
- os sistemas ProTaper Universal, K3, Hero, MTwo e Race são os mais representativos no momento atual e os sistemas BioRace e Twisted Files parecem ser os mais promissores, pois estudos a seu respeito ainda precisam ser realizados.

Referências

1. Aguiar CM, Câmara AC. Radiological evaluation on the morphological changes of root canals shaped with ProTaper for hand use and the ProTaper and Race rotary instruments. *Aust Endod J.* 2008;34:115-9.
2. Ahlquist M, Henningsson O, Hultenby K, Ohlin J. The effectiveness of manual and rotary techniques in the cleaning of root canals: a scanning electron microscopy study. *Int Endod J.* 2001;34(7):533-7.
3. Alam MS, Bashar AK, Begumr JA, Kinoshita JI. A study on FlexMaster: a NiTi rotary engine driven system for root canal preparation. *Mymensingh Med J.* 2006 Jul;15(2):135-41.
4. Ankrum MT, Hartwell GR, Truitt JE. K3 Endo, ProTaper, and Profile systems: breakage and distortion in severely curved roots of molars. *J Endod.* 2004;30(4):234-7.
5. Baratto Filho F, Ferreira EL, Fariniuk LF. Efficiency of the 0.04 taper ProFile during the re-treatment of gutta-percha-filled root canals. *Int Endod J.* 2002;35(8):651-4.
6. Baratto Filho F, Fariniuk LF, Ferreira EL, Pecora JD, Cruz Filho AM, Sousa Neto MD. Clinical and macroscopic study of maxillary molars with two palatal roots. *Int Endod J.* 2002;35(9):796-801.
7. Baratto Filho F, Carvalho Jr JR, Fariniuk LF, Sousa Neto MD, Pécora JD, Cruz Filho AM. Morphometric analysis of the effectiveness of different concentrations of sodium hypochlorite with rotary instrumentation for root canal cleaning. *Braz Dent J.* 2004;15(1):36-40.

8. Baratto Filho F, Vanni JR, Limongi O, Leonardi DP, Scaini F, Fagundes FS. Retreatment of Thermafill fillings with the ProFile .04 system at 350 or 2000 rpm. *Rev Sul-Bras Odontol.* 2006;3(2):26-31.
9. Baratto Filho F, Leonardi DP, Zielak JC, Vanni JR, Sayão-Maia SM, Sousa Neto MD. Influence of ProTaper finishing files and sodium hypochlorite on cleaning and shaping of mandibular central incisors – a histological analysis. *J Appl Oral Sci.* 2009;17(3):229-33.
10. Baratto Filho F, Zaitter S, Haragushiku GA, Campos EA, Abuabara A, Correr GM. Analysis of the internal anatomy of maxillary first molars by using different methods. *J Endod.* 2009;35(3):337-42.
11. Barbizam JVB, Fariniuk LF, Marchesan MA, Pécora JD, Sousa Neto MD. Effectiveness of manual and rotary instrumentation techniques for cleaning flattened root canals. *J Endod.* 2002;28(5):365-6.
12. Barbosa FOG, Gomes JACP, Araújo MCP. Influence of previous angular deformation on flexural fatigue resistance of K3 nickel-titanium rotary instruments. *J Endod.* 2007;33(12):1477-80.
13. Baumgartner JC, Cuenim PR. Efficacy of several concentrations of sodium hypochlorite for root canal irrigation. *J Endod.* 1992;18(12):605-12.
14. Bergmans L, Van Cleynenbreugel J, Beullens M, Wevers M, Van Meerbeek B, Lambrechts P. Progressive versus constant tapered shaft design using NiTi rotary instruments. *Int Endod J.* 2003;36(4):288-95.
15. Berutti E, Negro AR, Lendini M, Pasqualini D. Influence of manual preflaring and torque on the failure rate of ProTaper rotary instruments. *J Endod.* 2004;30(4):228-30.
16. Blum JY, Machtou P, Ruddle C, Micallef JP. Analysis of mechanical preparations in extracted teeth using ProTaper rotary instruments: value of the safety quotient. *J Endod.* 2003;29(9):567-75.
17. Buehler WJ, Corss WB. 55-Nitinol unique wire alloy with a memory. *Wire J.* 1969;2:41-9.
18. Câmara AC, Aguiar CM, Figueiredo JAP. Evaluation of the root dentine cutting effectiveness of the Hero 642, Hero Apical and Hero Shaper rotary systems. *Aust End J.* 2008;34:94-100.
19. Di Fiore PM, Genov KA, Komaroff E, Li Y, Lin L. Nickel-Titanium rotary instrument fracture: a clinical practice assessment. *Int Endod J.* 2006;39(9):700-8.
20. ElAyouti A, Chu AL, Kimionis I, Klein C, Weiger R, Lost C. Efficacy of instruments with greater taper in preparing oval root canals. *Int Endod J.* 2008;41:1088-92.
21. Fariniuk LF, Baratto Filho F, Guerisoli DM, Barbizam JV, Pécora JD, Sousa Neto MD. Modeling capacity of Endoflash files in simulated root canals. *Braz Dent J.* 2001;12(1):39-42.
22. Fariniuk LF, Baratto Filho F, Cruz Filho AM, Sousa Neto MD. Histologic analysis of the cleaning capacity of mechanical endodontic instruments activated by the Endoflash system. *J Endod.* 2003;29(10):651-4.
23. Ferreira EL, Baratto Filho F, Fariniuk LF. Descrição dos instrumentos endodônticos NRT files – tipo II: análise da forma alcançada em canais artificiais. *Rev Sul-Bras Odontol.* 2004;1(1):45-9.
24. Ferreira EL, Baratto Filho F, Rached RN, Fidel RAS, Fariniuk LF. The performance of ProTaper system during the endodontic retreatment. *Rev Sul-Bras Odontol.* 2006;3(1):64-8.
25. Foschi F, Nucci C, Montebugnoli L, Marchioni S, Breschi L, Malagnino VA et al. SEM evaluation of canal wall dentine following use of MTwo and ProTaper NiTi rotary instruments. *Int Endod J.* 2004;37(12):832-9.
26. Gambarini G. Shaping and cleaning the root canal system: a scanning electron microscopy evaluation of a new instrumentation and irrigation technique. *J Endod.* 1999;25(12):800-3.
27. Garcia Jr JS, Silva Neto UX, Carneiro C, Westphalen VPD, Fariniuk LF, Fidel RAS et al. Avaliação radiográfica da eficiência de diferentes instrumentos rotatórios no retratamento endodôntico. *Rev Sul-Bras Odontol.* 2008;5(2):41-9.
28. Gergi R, Sabbagh C. Effectiveness of two nickel-titanium rotary instruments and a hand file for removing gutta-percha in severely curved root canals during retreatment: an ex vivo study. *Int Endod J.* 2007;40(7):532-7.
29. Gomes BPFA, Ferraz CCR, Carvalho KC, Teixeira FB, Zaia AA, Souza Filho FJ. Descontaminação química de cones de gutta-percha por diferentes concentrações de NaOCl. *Rev Assoc Paul Cir Dent.* 2001;55(1):27-31.

30. Gu LS, Ling JQ, Wei X, Huang XY. Efficacy of ProTaper Universal rotary retreatment system for gutta-percha removal from root canals. *Int Endod J.* 2008;41(4):288-95.
31. Guelzow A, Stamm O, Martus P, Kielbassa AM. Comparative study of six rotary nickel-titanium systems and hand instrumentation for root canal preparation. *Int Endod J.* 2005;38(10):743-52.
32. Hartmann MSM, Barletta FB, Fontanella VRC, Vanni JR. Canal transportation after root canal instrumentation: a comparative study with computed tomography. *J Endod.* 2007;33(8):962-5.
33. Hata G, Uemura M, Kato AS, Imura N, Novo NF, Toda T. A comparison of shaping ability using ProFile, GT File, and Flex-R endodontic instruments in simulated canals. *J Endod.* 2002;28(4):316-21.
34. Hinrichs RE, Walker WA, Schindler WG. A comparison of apically extruded debris using handpiece-driven nickel-titanium instrument systems. *J Endod.* 1998;24(2):102-5.
35. Huang X, Ling J, Wei X, Gu L. Quantitative evaluation of debris extruded apically by using ProTaper Universal Tulsa rotary system in endodontic retreatment. *J Endod.* 2007;33(9):1102-5.
36. Hülsmann M, Rummelin C, Schäfers F. Root canal cleanliness after preparation with different endodontic handpieces and hand instruments: a comparative SEM investigation. *J Endod.* 1997;23(5):301-6.
37. Hülsmann M, Schade M, Schäfers F. A comparative study of root canal preparation with Hero 642 and Quantec SC rotary NiTi instruments. *Int Endod J.* 2001;34(7):538-46.
38. Hülsmann M, Gressmann G, Schäfers F. A comparative study of root canal preparation using FlexMaster and Hero 642 rotary NiTi instruments. *Int Endod J.* 2003;36(5):358-66.
39. Hülsmann M, Herbst U, Schäfers F. Comparative study of root-canal preparation using Lightspeed and Quantec SC rotary NiTi instruments. *Int Endod J.* 2003;36(11):748-56.
40. Iqbal MK, Banfield B, Lavorini A, Bachstein B. A comparison of Lightspeed LS1 and Lightspeed LSX NiTi Rotary instruments in apical transportation and length control in simulated root canals. *J Endod.* 2007;33(3):268-71.
41. Javaheri HH, Javaheri GH. A comparison of three NiTi rotary instruments in apical transportation. *J Endod.* 2007;33(3):284-6.
42. Jodway B, Hülsmann M. A comparative study of root canal preparation with NiTi-Tee and K3 rotary NiTi instruments. *Int Endod J.* 2006;39(1):71-80.
43. Johnson BR, Remeikis NA. Effective shelf life of prepared sodium hypochlorite solution. *Int Endod J.* 1993;19(1):40-2.
44. Kataia MA, Ezzat KM, El Sayed JM, Seif RE. Effectiveness of two rotary instrumentation techniques for cleaning the root canal. *Egypt Dent J.* 1995;41(2):113-9.
45. Krüger AR, Fabre CA, Baratto Filho F, Vanni JR, Limongi O, Fariniuk LF et al. Avaliação de duas velocidades aplicadas no profile.04 no tempo de retratamento endodôntico do sistema thermafil. *Rev Sul-Bras Odontol.* 2005;2(1):22-6.
46. Kustarci A, Akpınar KE, Sümer Z, Er K, Bek B. Apical extrusion of intracanal bacteria following use of various instrumentation techniques. *Int Endod J.* 2008;41:1066-71.
47. Larsen CM, Watanabe I, Glickman GN, He J. Cyclic fatigue analysis of a new generation of nickel titanium rotary instruments. *J Endod.* 2009;35(3):401-3
48. Lazzaretti DN, Camargo BA, Della Bona A, Fornari VJ, Vanni JR, Baratto Filho F. Influence of different methods of cervical flaring on establishment of working length. *J Appl Oral Sci.* 2006;14(5):351-4.
49. Leonardo MR, Leonardo RT. *Sistemas rotatórios em Endodontia.* São Paulo: Artes Médicas; 2002. 323 p.
50. Limongi O, Albuquerque DS, Baratto Filho F, Vanni JR, Oliveira EP, Barletta FB. In vitro comparative study of manual and mechanical rotary instrumentation of root canals using computed tomography. *Braz Dent J.* 2007;18(4):289-93.
51. Loizides AL, Kakavetsos VD, Tzanetakakis GN, Kontakiotis EG, Eliades G. A comparative study of the effects of two nickel-titanium preparation techniques on root canal geometry assessed by microcomputed tomography. *J Endod.* 2007;33(12):1455-9.

52. Lopes HP, Moreira EJL, Elias CN, Almeida RA, Neves MS. Cyclic fatigue of ProTaper instruments. *J Endod.* 2007;33(1):55-7.
53. Matsubara FMB, Pereira JGT, Baratto Filho F, Haragushiku GA, Fagundes FS. Avaliação do desgaste da zona de perigo de molares inferiores utilizando o sistema rotatório Protaper. *Rev Sul-Bras Odontol.* 2005;2(2):12-6.
54. Mounce RE. Rotary nickel titanium instrumentation revolutionized: the twisted file. *Oral Health.* 2008 May.
55. Necchi S, Taschier S, Petrini L, Migliavacca F. Mechanical behaviour of nickel-titanium rotary endodontic instruments in simulated clinical conditions: a computational study. *Int Endod J.* 2008;41:939-49.
56. Nicoll T, Oestreich L, Taqng C, Ravi VA. Evaluation of product properties resulting from a new NiTi endodontic file manufacturing process. Chemical and Materials Engineering Department, California State Polytechnic University; 2006.
57. Ounsi HF, Salameh Z, Al-Shalan T, Ferrari M, Grandini S, Pashley DH et al. Effect of clinical use on the cyclic fatigue resistance of ProTaper nickel-titanium rotary instruments. *J Endod.* 2007 Jun;33(6):737-41.
58. Paqué F, Musch U, Hülsmann M. Comparison of root canal preparation using Race and ProTaper rotary NiTi instruments. *Int Endod J.* 2005 Jan;38(1):8-16.
59. Perez F, Schoumacher M, Peli JF. Shaping ability of two rotary instruments in simulated canals: stainless steel Endoflash and nickel-titanium Hero Shaper. *Int Endod J.* 2005;38(9):637-44.
60. Peters OA, Barbakow F. Effects of irrigation on debris and smear layer on canal walls prepared by two rotary techniques: a scanning electron microscopic study. *J Endod.* 2000;26(1):6-10.
61. Peters OA, Peters CI, Schonenberger K, Barbakow F. ProTaper rotary root canal preparation: effect of canal anatomy on final shape analysed by micro CT. *Int Endod J.* 2003;36(2):86-92.
62. Reddy SA, Hicks ML. Apical extrusion of debris using two hand and two rotary instrumentation techniques. *J Endod.* 1998;24(3):180-3.
63. Saad AY, Al-Hadlaq SM, Al-Katheeri NH. Efficacy of two rotary NiTi instruments in the removal of gutta-percha during root canal retreatment. *J Endod.* 2007;33(1):38-41.
64. Schilder H. Cleaning and shaping the root canal. *Dent Clin North Am.* 1974;18(2):269-96.
65. Schäfer E, Erler M, Dammaschke T. Comparative study on the shaping ability and cleaning efficiency of rotary MTwo instruments. Part. 2. Cleaning effectiveness and shaping ability in severely curved root canals of extracted teeth. *Int Endod J.* 2006;39(3):203-12.
66. Schäfer E, Schlingemann R. Efficiency of rotary nickel-titanium K3 instruments compared with stainless steel hand K-Flexofile. *Int Endod J.* 2003;36(3):208-17.
67. Schäfer E, Oitzinger M. Cutting efficiency of five different types of rotary nickel-titanium instruments. *J Endod.* 2008;34(2):198-200.
68. Schäfer E, Vlassis M. Comparative investigation of two rotary nickel-titanium instruments: ProTaper versus Race. *Int Endod J.* 2004;37(4):239-48.
69. Shih M, Marshall J, Rosen S. The bacterial efficiency of sodium hypochlorite as an endodontic irrigant. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 1970;29(4):613-9.
70. Spangberg L, Eengstrom E, Langeland K. Biologic effects of dental materials: toxicity and antimicrobial effect of endodontic antiseptics in vitro. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 1973;36(6):856-71.
71. Sonntag D, Ott M, Kook K, Stachniss V. Root canal preparation with the NiTi systems K3, MTwo and ProTaper. *Aust Endod J.* 2007;33(2):73-81.
72. Spanaki-Voreadi AP, Kerezoudis NP, Zinelis S. Failure mechanism of ProTaper NiTi rotary instruments during clinical use: fractographic analysis. *Int Endod J.* 2006;39(3):171-8.
73. Sydney GB. K3 – a nova geração de instrumentos de níquel-titânio. *J Bras Endod.* 2002;3(8):33-8.
74. Tasdemir T, Er K, Yildirim T, Celik D. Efficacy of three rotary NiTi instruments in removing gutta-percha from root canals. *Int Endod J.* 2008;41:191-6.

75. Thompson SA, Dummer PM. Shaping ability of NT engine and McXim rotary nickel-titanium instruments in simulated root canals: Part 1. *Int Endod J.* 1997;30(4):262-9.
76. Trepagnier CM, Madden RM, Lazzari, EP. Quantitative study of sodium hypochlorite as an in vitro endodontic irrigant. *J Endod.* 1977;3(5):194-6.
77. Vansan LP, Pécora JD, Costa WF, Maia Campos G. Effects of various irrigating solutions on the cleaning of the root canal with ultrasonic instrumentation. *Braz Dent J.* 1990;1(1):37-44.
78. Versumer J, Hulsmann M, Schafers F. A comparative study of root canal preparation using ProFile .04 and LightSpeed rotary NiTi instruments. *Int Endod J.* 2002;35(1):40-7.
79. Yang GB, Zhou XD, Zhang H, Shu Y, Wu HK. Shaping ability of progressive versus constant taper instruments in curved root canals of extracted teeth. *Int Endod J.* 2007 Jul;40(9):707-14.
80. Yoshimine Y, Ono M, Akamine A. The shaping effects of three nickel-titanium rotary instruments in simulated S-shaped canals. *J Endod.* 2005;31(5):373-5.
81. Weiger R, Brückner M, ElAyouti A, Löst C. Preparation of curved root canals with rotary FlexMaster instruments compared to Lightspeed instruments and NiTi hand files. *Int Endod J.* 2003;36(7):483-90.
82. Weiger R, ElAyouti A, Löst C. Efficiency of hand and rotary instruments in shaping oval root canals. *J Endod.* 2002;28(8):580-3.
83. Zand V, Bidar M, Ghaziani P, Rahimi S, Shahi S. A comparative SEM investigation of the smear layer following preparation of root canals using nickel titanium rotary and hand instruments. *J Oral Science.* 2007;49(1):47-52.
84. Zhang L, Luo H, Zhou X, Tan H, Huang D. The shaping effect of the combination of two rotary nickel-titanium instruments in simulated S-shaped canals. *J Endod.* 2008;34(4):456-8.
85. Zarrabi MH, Bidar M, Jafarzadeh H. An in vitro comparative study of apically extruded debris resulting from conventional and three rotary (Profile, Race, FlexMaster) instrumentation techniques. *J Oral Science.* 2006;48(2):85-8.

Como citar este artigo:

Semaan FS, Fagundes FS, Haragushiku G, Leonardi DP, Baratto Filho F. Endodontia mecanizada: a evolução dos sistemas rotatórios contínuos. *Rev Sul-Bras Odontol.* 2009 Sep;6(3):297-309.
