



UNICAMP

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS  
FACULDADE DE ODONTOLOGIA DE PIRACICABA



# **CURSO DE GRADUAÇÃO EM ODONTOLOGIA**

Monografia de Final de Curso

Aluno(a): João Flávio Dearo Andrade

Orientador(a): Prof. Dr. José Flávio Affonso de Almeida

Ano de Conclusão do Curso: 2007

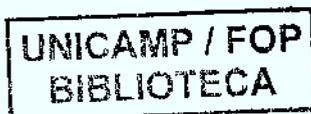
TCC 378

João Flávio Dearo Andrade

**Estudo comparativo entre as técnicas manual e rotatória, na  
instrumentação endodôntica de canais radiculares.**

Monografia apresentada ao Curso de  
Odontologia da Faculdade de Odontologia de  
Piracicaba – UNICAMP, para obtenção do  
Diploma de Cirurgião-Dentista.

Orientador: Prof. Dr. José Flávio Affonso de Almeida



Piracicaba  
2007

Unidade FOP/UNICAMP
N. Chamada .....
.....
Vol. .... Ex. ....
Tombo BC/ .....

C.T. 779912

**FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA  
BIBLIOTECA DA FACULDADE DE ODONTOLOGIA DE PIRACICABA**  
Bibliotecário: Marilene Girello – CRB-8ª / 6159

An24e

Andrade, João Flávio Dearo.

Estudo comparativo entre as técnicas manual e rotatória, na instrumentação endodôntica de canais radiculares. / João Flávio Dearo Andrade. -- Piracicaba, SP : [s.n.], 2007. 39f.

Orientador: José Flávio Affonso de Almeida.  
Monografia (Graduação) – Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Odontologia de Piracicaba.

1. Modelagem. 2. Fraturas. 3. Canal radicular - Tratamento. I. Almeida, José Flávio Affonso de. II. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Odontologia de Piracicaba. III. Título.

(mg/fop)

Dedico este trabalho aos meus pais que me apoiaram e me deram a oportunidade de chegar onde estou.

## **Agradecimentos**

Ao Professor Dr. José Flávio Affonso de Almeida, pela habilidade com que orientou nosso trabalho e por sua paciência.

À Marina que dedicou seu tempo me apoiando.

E aos meus amigos, que me deram momentos felizes e inesquecíveis durante todo o curso.

## Sumário

1. Resumo.....	05
2. Introdução.....	06
3. Desenvolvimento	
3.1. Histórico.....	07
3.2. O Instrumento Rotatório.....	14
3.2.1. Características da lima.....	16
3.2.2. Instrumentos de níquel-titânio acionados por motor.....	17
3.2.3. Princípios Gerais.....	17
3.2.4 Sistemas Rotatórios.....	22
3.3 Rotatório X Manual.....	23
3.3.1. Modelagem do canal radicular.....	23
3.3.2. Extrusão apical de detritos contaminados.....	25
3.3.3 Fratura dos instrumentos.....	26
3.3.4 Limpeza.....	27
3.3.5 Tempo Clínico.....	28
4. Conclusões.....	30
5. Referências.....	31

## **1. Resumo**

O objetivo desta revisão de literatura é estudar as vantagens e desvantagens dos instrumentos rotatórios endodônticos quando comparados à técnica manual de instrumentação de canais radiculares. Muitos artigos sobre este assunto têm sido publicados nestes últimos anos, demonstrando que estes novos instrumentos apresentam inúmeras vantagens. Entretanto, os sistemas rotatórios não podem resolver todas as situações clínicas, tornando-se indispensável o uso de técnicas de instrumentação manuais.

## 2. Introdução

O tratamento endodôntico teve início em 1838, quando Maynard desenvolveu, baseado em uma mola de relógio, o primeiro instrumento endodôntico. Com o passar do tempo, este instrumento foi aprimorado e, em 1981, foram criadas as limas endodônticas do tipo K e Hedstroen, utilizadas até os dias de hoje.

Desde então, tentou-se criar uma técnica de instrumentação rotatória baseada nos princípios e materiais de tais instrumentos. Entretanto, o êxito esperado não foi obtido, devido à grande incidência de falhas e fraturas das limas durante a instrumentação de canais radiculares. Após a substituição do principal material de composição destas limas (aço inoxidável) para as ligas de níquel titânio, pôde-se obter instrumentos mais flexíveis e resistentes às forças de torção, o que diminuiu a incidência de fraturas e possibilitou a realização da técnica de instrumentação rotatória de maneira mais segura.

Juntamente com estas novas limas, surgiram outros avanços na área de Endodontia, como a utilização de aparelhos que determinam eletronicamente o comprimento do canal radicular, além do uso de instrumentos rotatórios sônicos, ultra-sônicos e laser para realização do preparo de tais canais; fazendo com que a população e os próprios profissionais confiassem cada vez mais na eficácia dessa especialidade.

Porém, o espírito inovador dos pesquisadores ainda não foi capaz de modificar o paradigma endodôntico, baseado na limpeza, desinfecção e obturação dos canais radiculares. O refinamento de técnicas, criação de novos instrumentos e aperfeiçoamento de materiais representam um inegável progresso, porém os preceitos básicos que regem a Endodontia continuam os mesmos há séculos.

Este estudo tem por objetivo realizar uma revisão bibliográfica, definir conceitos e ponderar as opiniões de diversos especialistas quanto às técnicas de instrumentação rotatória, bem como analisar as vantagens e desvantagens desta técnica em relação à técnica de instrumentação manual.

## 3. Desenvolvimento

### 3.1. Histórico

Em 1838, há mais de 160 anos, MAYNARD criou o primeiro instrumento endodôntico, idealizado a partir de uma mola de relógio, e desenvolveu outros para serem utilizados com o objetivo de limpar e alargar o canal radicular. Esse princípio técnico preconizado por MAYNARD persistiu até recentemente, uma vez que, para se alargar convenientemente um canal radicular atresiado e curvo de molar, até a lima K n 25, necessitava-se de aproximadamente 1200 movimentos de introdução dessas limas (pressão) em direção ao ápice, e de tração lateral das mesmas, de encontro às paredes dentinárias.

Essa instrumentação, considerada como clássica ou convencional, determinava um aumento no diâmetro do canal radicular, correspondente ao crescente aumento numérico dos diâmetros dos instrumentos, sendo feita no sentido ápice/coroa e em toda a extensão do canal.<sup>40</sup> [JFA1]

No entanto, a experiência clínica demonstrou, com o decorrer dos anos, que a utilização de instrumentos com aumento gradativo de diâmetro, utilizados em toda a extensão do canal radicular e empregados no sentido ápice /coroa, foi responsável por vários acidentes operatórios e conseqüentemente pelo fracasso no tratamento, principalmente em casos de canais radiculares atresiados e curvos.<sup>40</sup>

Por outro lado, o desconforto do paciente, quando submetido a esse tipo de tratamento, somado ainda a técnicas empíricas de anestesia, deu origem ao conceito de que o tratamento de canal radicular era traumático e doloroso.<sup>40</sup>

Nesse período, não havia consenso entre os profissionais com relação à forma, tipo e característica da parte ativa dos instrumentos endodônticos, os quais não possuíam critérios pré-estabelecidos para serem fabricados, exceto o aumento de diâmetro (calibre) de cada série, sendo geralmente numerados de 1 a 6 e de 7 a 12. Cada fabricante estipulava o diâmetro e o comprimento de cada instrumento, de tal maneira que uma lima fornecida por uma indústria específica não correspondia, em termos de numeração e série, à de outro fabricante.<sup>40</sup>

Assim, até a década de 50, os instrumentos endodônticos não tiveram grandes transformações, sendo fabricados em aço carbono, sem qualquer critério científico. Porém em 1955, Jonh I. INGLE, da Faculdade de Odontologia da Universidade de Washington, EUA, aventou a possibilidade de fabricarem instrumentos endodônticos que possuíssem uma padronização

no aumento seqüencial de seu diâmetro, com nova numeração, que representassem o diâmetro da ponta ativa dos mesmos em décimos de milímetros. Estudos semelhantes e paralelos foram desenvolvidos nesse período, também na Universidade de Michigan.

Em 1958, na segunda conferência internacional de endodontia, realizada na Universidade de Pensilvânia – Filadélfia, nos EUA, sob a presidência do Prof. Louis I. Grossman, foi apresentada por INGLE & LEVINE uma considerável contribuição para o aprimoramento e simplificação da técnica endodôntica, sugerindo esses autores que os instrumentos e cones endodônticos fossem fabricados de acordo com normas pré-estabelecidas, com uniformidade de diâmetro e comprimento, padrões de standardização na conicidade, assim como outros parâmetros dimensionais.

Nesse período, merece destaque especial a publicação do trabalho “Instrumentos e instrumentação em endodontia”, em 1960, realizado pelo professor brasileiro Eugênio Zerlotti Filho. No trabalho, ZERLOTTI FILHO desaconselhou as seqüências numéricas feitas pelos fabricantes. Após exaustivo estudo sobre mensurações micrométricas do diâmetro da ponta ativa de alargadores e limas existentes na época (Kerr, Zipperer, Neos, Maillefer, Tussing, Busch), o autor sugeriu, para uma instrumentação mais suave e rítmica dos canais radiculares, uma série crescente de diâmetros de dez diferentes marcas de instrumentos, com reduzida diferença micrométrica da ponta ativa entre os mesmos.

Em 1961, INGLE publicou o primeiro trabalho sobre o emprego de instrumentos padronizados, bem como cones de guta-percha e de prata correspondentes. Somente em 1962 este trabalho foi aceito pela Associação Americana de Endodontia (AAE), que sugeriu a formação de uma equipe de trabalho, da qual participaram fabricantes, para estudar a proposta de INGLE. Este trabalho pioneiro da AAE atingiu esferas internacionais, dando origem ao que hoje se conhece como International Standards Organization (ISO). No entanto, somente 18 anos após a Associação Americana de Standardização aprovou a “Especificação nº 28”, na qual se encontram normas para a fabricação de limas e alargadores. Em março de 1981, após 26 anos de estudos, foram divulgadas, para as limas tipo K, as normas finais da Especificação nº 28 da ANSI/ADA, sendo então definida a standardização internacional para esses instrumentos (INGLE & TAINTOR, 1985). A indústria *Kerr Manufacturing Co.* foi a primeira a construir esses novos instrumentos, que ficaram conhecidos como instrumentos tipo K, sendo os mais copiados no mundo.

Inicialmente, a fabricação das limas endodônticas partia da torção de uma haste piramidal de aço carbono, sendo este metal substituído, após 1961,

pelo aço inoxidável, em razão de suas melhores propriedades. Dependendo da forma da base da haste metálica utilizada na fabricação, ou seja, triangular, quadrangular, circunferencial, assim como da quantidade de torções que a ela se imprimia, obtinha-se diferentes tipos de instrumentos, conhecidos como alargadores, limas tipo K e Hedstroen, respectivamente.

Assim, as principais características dos instrumentos estandardizados podem ser resumidas como a seguir:

- Construídos em aço inoxidável;
- Cabo plástico colorido;
- Parte ativa de no mínimo 16mm;
- Aumento de conicidade padrão, equivalente a 0.02mm por milímetro da parte ativa;
- Aumento de diâmetro da ponta da parte ativa equivalente a 0.05mm entre as limas de números 10 a 60. Nas limas de números 60 a 140 este aumento é equivalente a 0.1mm sendo que nos instrumentos especiais 06, 08 e 10, equivale a 0.02mm.

Apesar do significativo avanço técnico ocorrido na Endodontia, com a estandardização dos instrumentos essa evolução ainda era considerada muito tímida, principalmente com relação ao desenvolvimento de novas técnicas de tratamento e aprimoramento na conformação da parte ativa dos instrumentos.<sup>40</sup>

Em 1969, CLEM, provavelmente o primeiro autor a realçar, com grande ênfase, a importância do preparo em diferentes etapas (passos) durante a instrumentação de canais radiculares atresiadados e curvos. Este autor sugeriu a utilização somente de instrumentos de pequeno calibre na porção apical do canal radicular, seguida de um preparo com recuo progressivo e com aumento no diâmetro dos instrumentos no sentido ápice/coroa, preparo por ele denominado *Step Preparation*, isto é, preparação em degraus.

Já em 1973, foi proposto por FAVA & CAPUTO, para essa nova técnica de instrumentação, o termo “preparo biomecânico escalonado”, argumentando os autores que “o recuo dos instrumentos, além de ser progressivo e uniforme, lembrava os degraus de uma escada.

Embora aplicada originalmente por CLEM, para incisivos laterais superiores, que apresentam uma curvatura acentuada do terço apical, esse preparo escalonado passou a ser empregado para todos os outros dentes, sendo utilizado mundialmente pela grande maioria de endodontistas e clínicos e também, ensinado nos cursos de graduação e pós-graduação de todas as faculdades. Esta contribuição de CLEM foi tão significativa que, após a sua divulgação, muitas técnicas inovadoras foram incluídas na literatura endodôntica, tendo por base, todas elas, o princípio *Step Preparation*.

Outra grande contribuição para o aprimoramento e simplificação da técnica endodôntica foi atribuído a SCHILDER em 1974, tornando-se um clássico na literatura endodôntica, recomendando um novo conceito de preparo de canais radiculares, utilizando duas palavras que o caracterizam, *Cleaning and Shaping* (limpando e modelando). Esse novo preparo, que inclui a utilização de brocas Gattes-Glidden, passou a ser considerado um dos princípios fundamentais para a realização de um tratamento de canal radicular mais orientado, que tem por objetivo não apenas a remoção de tecido pulpar, restos necróticos e dentina infectada, mas também atribuir uma conformação do espaço endodôntico.

De acordo com LOPES et al (1999), as brocas de Gates-Glidden foram um dos primeiros instrumentos rotatórios empregados no preparo de seguimentos cervical e médio do sistema de canais radiculares. Estas brocas, são fabricadas em aço inoxidável, por usinagem. Uma haste helicoidal e uma ponta, formam a parte ativa do instrumento. A haste helicoidal apresenta-se em forma de chama, com três arestas laterais de corte, igualmente espaçadas e dispostas à partir da ponta e na direção longitudinal do instrumento a seguir na forma helicoidal com sentido anti-horário. Durante seu emprego, deve ser introduzida e retirada sucessivamente do interior do canal a fim de possibilitar a saída do material excisado. A ponta da broca é formada pela interseção das arestas laterais de corte, é cônica, lisa, não-cortante e o vértice de sua extremidade é truncado. Elas têm a finalidade de facilitar o alargamento inicial do terço cervical e assim obter um ganho de tempo, além de tornar o preparo mais eficiente.

BRILLIANT & CHRISTIE (1975), recomendaram uma técnica de instrumentação que recebeu o nome de *Serialization*. Essa técnica poderia ser executada em qualquer tipo de canal radicular, e apresentava as seguintes etapas: determinava-se o comprimento de trabalho e, com uso de limas, preparava-se o canal em toda a sua extensão. A serialização tinha início com o uso da broca de Gates-Glidden número 2, trabalhando-se nas paredes do canal radicular até a uma distância de 5 milímetros aquém do comprimento de trabalho. Uma lima de maior calibre antecederia o uso de uma segunda broca de Gates-Glidden número 3 ou 4. Após a ação dessa broca, passava-se ao uso de 3 limas, obedecendo a ordem crescente da seqüência de numeração. Até esse momento, é importante frisar que enquanto as limas exerciam sua ação em todo o comprimento de trabalho, as brocas de Gates-Glidden ficavam 5 milímetros aquém dele. Finalizava-se a serialização usando-se uma seqüência de limas de maior diâmetro, diminuindo em um milímetro a cada nova lima usada durante a instrumentação, até alcançar o limite do preparo conseguido pelas brocas.

Em 1980, as recomendações de ABOU-RASS, FRANK, GLICK, permitiram a realização de maiores desgastes nas chamadas áreas de segurança, preparo denominado por eles *Limagem Anticurvatura*, que passou a ser obrigatório principalmente na realização de tratamento de canal atresiado e curvo de molares. Este tipo de preparo permite acesso livre e direto ao terço apical, sem interferências dentinárias do terço cervical.

Em 1980, uma linha de pensamento foi colocada em prática pelos professores da Disciplina de Endodontia da universidade de Oregon, EUA, considerados os pioneiros em preconizarem uma técnica revolucionária de instrumentação, principalmente por minimizar ou mesmo evitar a extrusão de restos sépticos/tóxicos do canal radicular para a região periapical, reduzindo o grave desconforto de um agudecimento experimentado pelos pacientes.

Nessa técnica, preconizada por MARSHALL & PAPPIN (1980), denominada *Crown-Down Pressureless Preparation* (Preparação coroa/ápice sem pressão), as brocas Gates-Glidden e as limas de maior diâmetro são utilizadas inicialmente nos dois terços coronários do canal radicular, sendo a seguir utilizadas as limas de menor diâmetro, progressivamente, no sentido coroa/ápice (*crown-down*), até atingir o comprimento desejado, sempre complementadas pela irrigação copiosa.

Essa nova orientação de preparo no sentido coroa/ápice mudou o velho conceito de instrumentação do canal radicular no sentido ápice/coroa, praticado durante 160 anos, motivo pelo qual, embora conflitante na época, passou a ser fundamental para o surgimento de novas técnicas de tratamento.<sup>40</sup>

O aprimoramento na conformação da parte ativa dos instrumentos, de acordo com Ingle & Taintor (1985), levou a fábrica Kerr a não se contentar em oferecer apenas as novas características de standardização de seu “venerável” instrumento tipo K; apresentou, em 1982, um novo instrumento, com design modificado, denominado lima K-Flex. Fabricada em aço inoxidável especial, essa nova lima de secção transversal em forma losangular possui significativa flexibilidade e melhor atividade de corte.

Em 1983, S. Senia & W. Willey idealizaram um novo instrumento, que apresentava como particularidade a parte ativa com 2 mm, ponta ativa não cortante e haste longa e flexível, instrumento denominado por eles Canal Máster U.

Nesse mesmo período, a Union Broach, Long Island – EUA, introduziu os primeiros instrumentos com ponta inativa, não cortante, representados pelas limas Flex-R, que surgiram no mercado em 1985, como resultado de 12 anos de pesquisas realizadas por ROANE *et al.* Essas limas

foram utilizadas na técnica denominada “forças balanceadas”, proposta por ROANE et al. (1985), como uma nova técnica de instrumentação.

Novas limas foram sendo comercializadas, como as flexofile da Maillefer, de secção triangular e ponta Batt modificada, assim como outras dezenas. Ainda nesse período surgiram os primeiros sistemas de peça de mão automatizados, por exemplo, o sistema Dynatrac, que empregava limas de aço inoxidável, acionados por meio de micromotor acionados a ar, o que ocasionava uma série de efeitos indesejáveis. Também pertencente aos primeiros sistemas rotatórios, o sistema Giromatic da Micro Mega S.A., Besançon, France, o Endo Cursor, apresentado em 1964 e outros, como o M4, da Sybron/Kerr, EUA, e o Racer, da W & H – Pfingst & Co. Inc., New York-EUA, em 1975, sobreviveram por um período curto de tempo, em razão dos freqüentes fracassos que ocasionavam, bem como pela freqüente fratura de instrumentos e pela falta de sensação táctil oferecia pelos mesmos, observada clinicamente pelos profissionais. Essa ausência de sensibilidade táctil gerava riscos operatórios com fratura do instrumento, sobreinstrumentação e arrombamento de forame.

Nessa mesma época, foram desenvolvidos os aparelhos sônicos, como o Endostar, da StarlSyntex Dental, EUA e o Micromega, Micromega Endosonic-air 3.000/1.500, da Medidenta International Inc. EUA, que também empregavam instrumentos fabricados em aço inoxidável.<sup>40</sup>

Considerado como da segunda geração e introduzido em 1985, entre os sistemas de peça de mão automatizados, o sistema Canal Finder (Figura 1-19), foi desenvolvido na França, por GUY LEVY com o objetivo de substituir a instrumentação manual, oferecendo maior segurança e rapidez de trabalho.

Nos últimos anos, uma nova geração de limas endodônticas passou a ser fabricada, com liga de níquel-titânio (NiTi), apresentando aproximadamente 55% de níquel e 45% do titânio. Essa liga foi utilizada primeiramente na indústria naval por William J. Buchler, em 1963, e utilizada pela NASA, principalmente para a fabricação de antenas de naves espaciais. Na odontologia começou sendo usada na ortodontia, por ANDREASEN & HILLEMANN, em razão de sua ultraflexibilidade, menor módulo de elasticidade, alta energia armazenada durante a sua curvatura e grande resistência à fratura torcional e flexional.

A utilização da mesma liga na confecção de instrumentos endodônticos foi inicialmente sugerida por CIVJAN, HUGET, DE SIMON, em 1973, sendo a confecção de instrumentos endodônticos a partir da mesma, indicada somente no final da década de 80, por WALIA, BRANTLYE, GERSTEIN, baseados nas excelentes propriedades físicas das ligas de níquel-titânio. Esses autores, em 1988, avaliaram as propriedades físicas dos primeiros

instrumentos de níquel-titânio e concluíram que as limas de Ni-ti, de número 15 e de secção triangular, apresentavam duas ou três vezes mais flexibilidade, bem como maior resistência à fratura por torção, no sentido horário ou anti-horário, quando comparadas às limas de aço inoxidável do mesmo número, também de secção triangular, e fabricadas pelo mesmo processo.

Essa nova concepção de lima endodôntica tem despertado considerável interesse no que concerne ao seu desempenho no preparo de canais radiculares anatomicamente difíceis para tratamento. A sua superioridade, quando comparada às limas de aço inoxidável, quanto à manutenção da forma original de canais radiculares curvos, já foi comprovada através de vários estudos (BISHOP & DUMMER, 1997; CAMARGO, 2000; CARVALHO, 2001; COLEMAN *et al.*, em 1997; FABRA CAMPOS, RODRIGUEZ-VALLEJO, 2001; GAMBILL *et al.*, 1996; GRIFFITHS, BRYANT, DUMMER, 2000; HIMEL *et al.*, 1995; NISHIYAMA, 2001; PETTIETTE, DELANO, TROPE, 2001; ROYAL & DONELLY, 1995; SERENE, ADAMS, SAXENA, 1995; ZMENER & BALBACHAN, 1995).

LEONARDO, BONETTI FILHO, LEONARDO, em 1998, afirmavam que a maioria das propriedades atribuídas às limas confeccionadas com níquel-titânio, na época, não tinha sido, ainda, comprovada cientificamente. Atualmente, muitas dessas propriedades já foram analisadas, principalmente em estudos comparativos com as limas de aço inoxidável, evidenciando seu real valor (BONETTI FILHO, ESBERARD, LEONARDO, 1998), justificado pelo elevado número de limas de níquel-titânio lançadas no comércio especializado.

Essas novas limas foram alteradas em seu desenho tradicional e conicidade, sendo obtidas por usinagem de hastes metálicas de níquel-titânio, originariamente cilíndricas. No entanto, em sua maioria, são ainda oferecidas pelos diferentes fabricantes apresentando sua parte ativa ora semelhante à lima tipo K, ora à lima tipo Hedstroen. Embora essas limas apresentem o *design* da parte ativa com profundas alterações, quando comparadas às limas de aço inoxidável, em sua maioria, seguem as especificações indicadas pela ISO/FDI e/ou ANSI/ADA.<sup>40</sup>

Atualmente, os endodontistas e clínicos gerais que praticam a endodontia têm à sua disposição uma gama enorme de opções, com relação às diferentes limas que são oferecidas pelo mercado especializado, as quais são confeccionadas em aço inoxidável e/ou níquel titânio. De acordo com BUCHANAN, (1994) diante do elevado número de novas limas, consideradas da "nova geração", propaga-se atualmente má notícia. "Não existe até o momento nenhuma lima manual considerada como a melhor na endodontia. Embora sejam bem projetadas e corretamente fabricadas, não existe um único

instrumento que possa suprir todos os anseios do clínico, uma vez que todas as linhas têm suas vantagens, e também apresentam deficiências particulares. Assim, o clínico deve escolher vários tipos de instrumentos manuais, com características funcionais próprias para cada etapa do tratamento. Para otimizar a função de cada um desses instrumentos, o clínico deverá ter conhecimento das múltiplas diferenças anatômicas de cada terço do canal radicular e do exato movimento a ser atribuído a eles na ação dos mesmos sobre a dentina, para cada tipo e diâmetro de instrumento usado. Finalmente, para melhorar os resultados, o clínico deverá conhecer as deficiências e as vantagens de cada instrumento, usar e planejar cuidadosamente seus procedimentos operatórios, de modo que cada um dos instrumentos seja utilizado com maior segurança e eficácia, no momento adequado.

As limas manuais fabricadas em ligas de aço inoxidável são ainda os instrumentos endodônticos mais utilizados no mundo, devendo ser empregadas por longo período de tempo. Esses instrumentos, muitas vezes, são insubstituíveis, pois oferecem boa resistência à fratura, não oxidam, permitem a usinagem e torção, mesmo os de pequeno calibre, são pré-curváveis e, devido à sua dureza, são relativamente rígidos, permitindo sua ultrapassagem na exploração/cateterismo de canais radiculares atresiadados e curvos. Entretanto, em razão de sua pouca flexibilidade, não podem ser submetidos a rotações de 360°, no interior do canal radicular. Essas limas, geralmente confeccionadas a partir de hastes metálicas (aço inoxidável), com seções transversais de forma quadrangular e ou triangular (Limas tipo K) ou em forma de vírgula (Limas tipo Hedström), não são indicadas para serem usadas com movimentos de rotação no interior de canais radiculares, principalmente aqueles atresiadados e curvos, uma vez que ao serem introduzidas com pressão em direção ao ápice, seus ângulos de corte, que são positivos, tendem a se travar nas paredes de dentina, o que provocaria sua fratura.

As tentativas de utilizar limas endodônticas confeccionadas em aço inoxidável, através de motores, não atingiram o êxito esperado. Com o surgimento dos instrumentos endodônticos fabricados com liga de níquel/titânio, esse objetivo tornou-se uma realidade, comprovada pela prática clínica.<sup>40</sup>

### **3.2. O Instrumento Rotatório**

O avanço tecnológico e a parceria da metalurgia com a endodontia permitiram que os instrumentos rotatórios passassem a ser fabricados com liga de níquel-titânio, conferindo-lhes superelasticidade, flexibilidade,

resistência à deformação plástica e à fratura. As ligas de níquel-titânio, quando submetidas à deformação de até 10%, podem retomar à sua forma normal, sendo, portanto recuperáveis, enquanto as limas de aço inoxidável somente retomam ao seu estado inicial quando a deformação não for superior a 1 %. Esta superelasticidade da liga de níquel-titânio faz com que o instrumento endodôntico seja mais flexível que o de aço inoxidável, sem exceder o seu limite de elasticidade, permitindo assim melhor instrumentação de canais radiculares curvos, como também minimizando o transporte do forame.

Por outro lado, a deformação plástica de uma liga é caracterizada pela sua capacidade de sofrer deformações permanentes, sem atingir a ruptura. Essa propriedade permite avaliar a capacidade de trabalho mecânico que o material poderia suportar, conservando, no entanto, sua integridade física. De acordo com SATTAPAN *et al.*, no entanto, a inspeção visual de um instrumento usado de níquel-titânio não é método seguro de avaliação, pois a fratura pode ocorrer sem defeitos visíveis de deformação permanente. Devido às propriedades mecânicas, as limas confeccionadas com liga de níquel-titânio possuem tendência a se fraturar, mais do que a fabricada com aço inoxidável.

A fratura de instrumentos endodônticos rotatórios de níquel-titânio pode ocorrer sob duas formas: fratura torsional e fadiga flexural. A fratura torsional ocorre quando a ponta da lima ou qualquer parte do instrumento se prende no canal radicular, enquanto seu eixo continua em rotação. Nessa situação, o limite de elasticidade do metal (instrumento) é ultrapassado, levando-o a uma deformação plástica, como também à fratura. O outro tipo de fratura é causado pelo estresse e pela própria fadiga do metal, resultando em uma fratura flexural. Com esse tipo de fratura, o instrumento gira livremente em um canal acentuadamente curvo, porém no mesmo comprimento de trabalho; assim, na curvatura o instrumento dobra e a fratura ocorre, sendo o fato considerado de elevada importância em relação à fratura dos instrumentos de níquel-titânio. Assim, em canais radiculares com curvaturas acentuadas e bruscas, bifurcações, curvas em forma de "S"; esses instrumentos devem ser evitados, para reduzir as fraturas, e sobre-uso dos mesmos. Esse é o maior problema dos sistemas rotatórios com o emprego de instrumentos de níquel-titânio.<sup>40</sup>

Se um elevado torque for utilizado, ultrapassando o limite máximo de resistência do instrumento (limite de fratura), a probabilidade de ocorrência de acidentes operatórios é elevada. Por outro lado, a fratura pode ocorrer também abaixo do limite de resistência do instrumento. A possível solução para esse problema é empregar motores de baixo torque, que se podem ajustar abaixo do limite de elasticidade inerente a cada instrumento. Alguns

aparelhos como o Easy Endo, Tri-auto ZX, o Art Tecnika da Dentsply Maillefer e o Driller (Endoplus), controlam automaticamente o torque, de acordo com a massa do próprio instrumento, impedindo que este atinja o limite máximo de resistência e venha a se fraturar.<sup>40</sup>

Além do torque, para evitar esse grave acidente operatório, recomenda-se imprimir às limas rotações de maneira uniforme e constante, por segundos, e com movimentos de progressão e alívio (bicada), durante a introdução no canal radicular. Da mesma forma, a redução de fratura dos instrumentos de liga níquel-titânio também é verificada quando são obedecidos os princípios de técnica preconizados para instrumentação rotatória, dentre eles, o princípio de preparo do canal radicular no sentido coroa/ápice sem pressão, o qual tem mostrado ser altamente benéfico.<sup>40</sup>

Atualmente, os sistemas oferecem limas de grande conicidade e mais calibrosas, que eliminam inicialmente a constrição dentinária cervical, permitindo que as limas de menor conicidade penetrem, a seguir, sem obstáculos, em direção apical. Com isso conseguimos a maior conformação cônica do canal radicular no sentido coroa/ápice, o que permite irrigação endodôntica mais eficaz, e também obturação o mais hermética possível.<sup>40</sup>

### 3.2.1. Características da lima

Os instrumentos manuais estandardizados possuem conicidade constante equivalente a 0,02 mm por milímetro de extensão da parte ativa. Esta conicidade equivale à média das conicidades dos canais radiculares de dentes de humanos. O termo conicidade é expresso em inglês pela palavra *Taper* e representa a medida de aumento do diâmetro da parte ativa. Assim, o instrumento nº 10 possui, no início da ponta ativa (D/Do), um diâmetro equivalente a 0,10 mm, o qual progressivamente é aumentado em direção ao cabo (D/D16), atribuindo à parte ativa uma conformação cônica, com aumento de diâmetro de 0,02 mm em direção ao D/D16. Assim, no instrumento convencional nº 10, o D/Do equivale a 0,10 mm e o D/D16, a 0,42 mm. Teoricamente, essa conicidade facilitaria a instrumentação, no entanto isso não ocorre clinicamente. Nos instrumentos rotatórios, o princípio básico foi fabricar os mesmos instrumentos com conicidades diferentes, o que revolucionou a técnica endodôntica. Assim, encontram-se no comércio especializado instrumentos rotatórios com conicidades 0,03, 0,04, 0,05, 0,06, 0,08, 0,10 e 0,12 mm. O instrumento nº 8 (25/.06) do Sistema Quantec Séries 2000, oferece o D/Do com 0,25 mm e o D/ D16 com 1,21 mm).<sup>40</sup>

A fabricação de instrumentos com diferentes conicidades mudou o conceito da instrumentação de canais radiculares, particularmente os

atresiados e curvos. Como consequência dessa maior conicidade, apenas uma porção da parte ativa do instrumento (plano de contato) entra em contato com a parede dentinária. Essa maior conicidade proporciona desgaste mais efetivo do canal radicular, por ação de alargamento, com menor risco de fratura.<sup>40</sup>

### **3.2.2. Instrumentos de níquel-titânio acionados por motor**

O estudo dos instrumentos endodônticos acionados a motor está em ampla expansão, pois constantemente novas limas de níquel-titânio, com diferentes modificações, são introduzidas no mercado especializado. Esses instrumentos foram projetados para ser utilizados em movimentos mecânicos rotatórios, no sentido horário, empregando-se motores elétricos que oferecem velocidade constante sem oscilações e regulares entre 150 e 350 r.p.m. Alguns oferecem também, controle automático de torque. Essa particularidade é de fundamental importância, uma vez que quando o instrumento for acionado no sentido horário e por alguma razão atingir seu limite de resistência, que pode ser pré-determinado em alguns aparelhos, para automaticamente. Em muitos dos motores oferecidos atualmente, esse movimento rotatório é revertido em sentido anti-horário, quando o torque preestabelecido é atingido, permitindo ao instrumento, a saída normal do canal radicular. Alguns aparelhos apresentam dispositivos que permitem controlar o torque, de preferência automático, que varia de 0,1 a 10 Newtons por centímetro (N.cm). Os motores comuns, acionados a ar e já acoplados aos equipos normais, não oferecem mecanismos para controlar a velocidade e o torque, não sendo portanto recomendados.<sup>40</sup>

As indústrias que produzem os instrumentos rotatórios de níquel-titânio oferecem os próprios motores elétricos. No entanto, outros aparelhos e/ou motores são oferecidos com a mesma finalidade, alguns deles portáteis, com baterias recarregáveis. Todos esses motores permitem a utilização de qualquer instrumento dos mais diferentes sistemas rotatórios.<sup>40</sup>

### **3.2.3. Princípios Gerais<sub>[JFA2]</sub>**

Para a realização de tratamento de canais radiculares de molares, principalmente atresiados e curvos, utilizando os sistemas rotatórios, faz-se necessário o conhecimento de alguns tópicos:

- Radiografia para diagnóstico<sup>40</sup>

Para o diagnóstico, a tomada radiográfica é indispensável ao endodontista,

uma vez que, dentre outras patologias, permite a visualização da profundidade das lesões de cárie e presença de reações periapicais.

- Exploração (cateterismo) do canal radicular<sup>40</sup>

A utilização dos instrumentos de níquel-titânio acionados a motor deverá sempre ser precedida da utilização de uma lima tipo K manual, a qual, durante a exploração prévia do canal radicular, permitirá transmitir ao profissional a sensação tátil do mesmo, já previamente analisado radiograficamente. A lima manual a ser introduzida no canal radicular deverá ser de pouca flexibilidade e de pequenos diâmetros e conicidades, permitindo assim melhor sensibilidade tátil.

Com a "imagem" do canal radicular em mente, deve-se iniciar o tratamento, com os sistemas rotatórios, de acordo com o que segue:

No terço cervical, devem ser utilizados instrumentos de grande conicidade.

Nesta etapa é importante salientar que o uso desses instrumentos, no terço cervical, não deve seguir o conceito coroa/ápice, ou seja, devem ser utilizados inicialmente os instrumentos de pequena conicidade, seguidos pelo de maior conicidade, e assim sucessivamente.

No terço médio, deve-se utilizar instrumentos de conicidade 0,06 a 0,02 mm, agora, seguindo um preparo no sentido coroa/ápice.

No terço apical, devem ser utilizados, inicialmente, instrumentos de pequena conicidade sendo o acesso facilitado pelo desgaste inicial dos terços cervical e médio. Assim, instrumentos de pequena conicidade e pequenos diâmetros, atuam no terço apical sem grandes pressões, evitando a criação de desvios, degraus, perfurações ou a ocorrência de fraturas de instrumentos.

Repetição de instrumentos de mesma conicidade. Essa repetição não deve ocorrer mais do que uma vez.

A cada troca de instrumento, deve-se realizar irrigação copiosa, aspiração e inundação dos canais radiculares.

Variação de terços<sup>40</sup>

A ação dos instrumentos de níquel-titânio deve ser efetuada em terços diferentes, primeiro o terço cervical, depois o terço médio, e por fim o terço apical.

- Cinemática de movimento a ser atribuída aos instrumentos<sup>40</sup>

Os instrumentos de níquel-titânio requerem atenção especial ao ser utilizados no preparo de canais radiculares.

A cinemática de movimento a ser aplicada aos mesmos é denominada “Bicada” (progressão e alívio), ou seja, jamais pressionar o instrumento em sentido apical para que o mesmo avance mais do que 2 mm. Deixar que o instrumento seja “guiado por si mesmo”. O profissional deve permitir que o instrumento encontre sua própria trajetória e retirá-lo após a sua penetração de 1 a 2 mm.

Nunca permanecer com o instrumento girando na mesma posição (profundidade), pois isso o levará ao estresse e conseqüente fratura.

O instrumento deverá penetrar, sempre, girando no canal radicular no sentido horário, e sair girando. O uso de cada instrumento não deve exceder 5-10 segundos.

Ao levar o instrumento acionado a motor em direção apical, se este não avançar, não se deve pressionar. Recomenda-se recapitular o instrumento previamente usado ou substituí-lo pelo instrumento seguinte de níquel-titânio da série, ou mesmo por uma lima de aço inoxidável manual.

Se o canal radicular no seu terço apical for excessivamente atrésico e oferecer uma curvatura abrupta, continuar a instrumentação com instrumentos manuais.

#### - Velocidade<sup>40</sup>

Os motores comuns a ar que acompanham os equipos odontológicos são contra-indicados, pois não tendo mecanismo próprio para controlar a velocidade e o torque, podem determinar alterações abruptas de velocidade causando estresse dos instrumentos e conseqüente fratura.

Motores elétricos especiais são oferecidos e cada fabricante estipula a velocidade que deve ser utilizada para cada sistema assim, sugere-se acatar a especificação do fabricante para selecionar a velocidade correta. É importante salientar que os instrumentos de níquel-titânio são menos suscetíveis à fratura quando girados a baixas velocidades.

#### - Torque ou medida da tendência de uma força para produzir rotação, medido em N-cm<sup>40</sup>

Quando um instrumento possuir grande massa metálica (grande conicidade) suportará maior torque. Caso contrário, (pequenas conicidades), menores torques devem ser utilizados.

Alguns motores, mais sofisticados, apresentam controle de torque. Essas

características permitem calibrar cada instrumento (de acordo com sua massa) quanto ao torque. Dessa maneira, diminui-se o risco de fraturas do instrumento: para instrumentos mais delgados seleciona-se um pequeno torque, fazendo com que o motor pare quando o instrumento se imbrica na dentina. Além disso, evita-se desgaste mais acentuado quando instrumentos mais calibrosos são utilizados.

- Pressão: força física, por unidade de área<sup>40</sup>

Aplica-se, na instrumentação rotatória, força (pressão) para introdução do instrumento no canal radicular. Aplicando-se uma força X em direção ao ápice, ocorre o contato do instrumento com as paredes de dentina. Quanto maior for essa área de contato, menor será a pressão. Quanto menor a área, maior a pressão.

Daí a razão de se utilizarem conicidades diferentes em terços distintos, como os mais calibrosos no terço cervical, menos calibrosos no terço médio e finalmente, os de menor calibre/conicidade no terço apical.

- Aspectos relacionados às limas de níquel-titânio acionadas à motor<sup>40</sup>

Ao ser reutilizada, a lima de níquel-titânio deve ser cuidadosamente examinada, de preferência com uma lupa, com o objetivo de serem detectadas possíveis distorções, alongamentos, de suas espirais, ou outras deformações. Nestas condições, o instrumento deverá ser descartado. Convém ressaltar que a fratura pode ocorrer, mesmo sem qualquer defeito visível de deformação prévia. Portanto, a inspeção visual não é método seguro para avaliar as condições de um instrumento já utilizado.

- Conhecendo as particularidades do instrumento e instrumentação<sup>40</sup>

- Um instrumento com desenho de melhor capacidade de corte, requer menor torque para proporcionar o mesmo grau de alargamento do canal radicular.

- Em canais radiculares retos, a capacidade de um instrumento em resistir ao torque, varia diretamente com o quadrado do diâmetro do instrumento.

- Em canais radiculares curvos, a capacidade de um instrumento em resistir à fadiga, varia inversamente com o quadrado de seu diâmetro.

- O torque necessário para girar um instrumento varia diretamente com a área superficial do contato do instrumento com o canal radicular.

- A fadiga de um instrumento aumenta com o número de rotações que este sofre no interior do canal radicular.
- A fadiga do instrumento aumenta com o grau de curvatura do canal.
- Para melhorar a eficiência do instrumento, quanto menor a área superficial do instrumento em contato com o canal radicular, maior velocidade de rotação pode ser utilizada.
- Quanto mais espirais existirem por unidade de área ao redor da parte ativa do instrumento, maior torque é necessário para rotacionar o instrumento e mais pontos de concentração de estresse existem, potencializando a fratura, mas ganhando flexibilidade.
- Quanto menos espirais existirem por unidade de área na superfície ativa de corte, mais o instrumento resiste à deformação, porém torna-se mais rígido.
- Quanto mais cortante for a superfície de corte do instrumento, menor número de espirais é necessário.
- Quanto maior o número de espirais com o mesmo ângulo de corte, maior a tendência do instrumento se "parafusar" no canal radicular e se tornar preso.
- Maior contato de área do instrumento com o canal, ocorre quando se aprofunda a introdução deste no canal radicular numa proporção igual a de pressão em direção ao ápice".
- Limpeza do instrumento de níquel-titânio, durante e após sua utilização<sup>40</sup>

Durante a utilização dos instrumentos de níquel-titânio acionados a motor, recomenda-se limpá-los com gaze umedecida em álcool, ou mesmo utilizar de acessórios especiais, tipo Clean Stand (Dentsply/ Maillefer), com esponja ou mesmo gaze umedecida em solução irrigadora. De acordo com RANDALL & GOODREEN, 1995, a resistência à fratura dos instrumentos rotatórios não é afetada pela sua exposição às soluções de hipoclorito de sódio.

Após os procedimentos operatórios, os instrumentos devem ser submetidos a uma limpeza mecânica, com buchas metálicas especiais, e depois em aparelhos de ultra-som.

Para a esterilização, o forno (estufa) e a autoclave são os recomendados; a "esterilização" química é totalmente contra-indicada.

YARED *et al.* avaliaram a fadiga cíclica dos instrumentos de níquel-titânio, Profile, após a esterilização através do calor seco (Forno de Pasteur), e uso clínico simulado dos mesmos até 10 vezes.

Os resultados do estudo evidenciaram que as condições de uso dos instrumentos, ali propostas, e ainda, a utilização de solução de hipoclorito de sódio na concentração de 2,5% não aumentou o risco de fratura das limas.

A lima Profile nº 40 demonstrou a menor incidência de fratura, e foi considerada a mais segura na instrumentação de canais radiculares mesiais de molares inferiores de humanos, usada até 10 vezes.

HILT *et al.*, avaliaram a ação da esterilização nas propriedades dos instrumentos de níquel-titânio. Esses autores observaram que nem o número de ciclos de esterilização, nem o tipo de autoclave usada afetaram a dureza, microestrutura e a propriedade torsional dos instrumentos fabricados com a liga de níquel-titânio.

#### - Aviso de fratura<sup>40</sup>

Infelizmente, o instrumento não dá alerta antes de se fraturar.

Lembrando que a fratura de instrumento é ainda o mais comum acidente operatório com a instrumentação rotatória, salienta-se que, seguindo-se os princípios gerais, o risco será minimizado.

### 3.2.4 Sistemas Rotatórios

Atualmente são encontrados diferentes sistemas rotatórios oferecidos com as seguintes denominações:

Sistema Rotatório Quantec Séries 2000 - Analytic Endodontics.

Sistema Rotatório Profile. 04/06 - (Dentsply/ Maillefer) .

Sistema Rotatório Profile séries "29" - (Dentsply/ Tulsa).

Sistema Pow-R - (Moyco-Union Broach)

Sistema Profile GT Rotatório (*Greater Taper*) (Dentsply/Maillefer).

Sistema Lightspeed (Lightspeed)

Sistema Hero 642 - (Micro-Mega)

Sistema Protaper" (Dentsply/Maillefer)

Sistema K3Endo (sds/kerr)

Esses instrumentos apresentam limas que, além das alterações no *design*, isto é, na conformação de sua parte ativa, quando comparadas com as estandardizadas oferecem também aumento de conicidade por milímetro de comprimento de sua parte ativa, da ponta para sua base. De acordo com as especificações nºs 28 e 58 da ANSI/ADA e 3630/1 da ISO/FOI, essa conicidade é padronizada para as limas tipo K e para as limas tipo Hedstroen,

em 0,02 mm por milímetro de comprimento da parte ativa. Já as limas de Ni-Ti não obedecem às normas de padronização ANSI/ADA e ISO/FOI, estas novas limas acionadas a motor originariamente apresentam maior conicidade da parte ativa, isto é, aumentos de 0,03 - 0,04 - 0,05 ou 0,06 mm por milímetro de comprimento.<sup>40</sup>

Com essa nova apresentação, essas limas, ao serem introduzidas e acionadas a motor no interior do canal radicular, girando 360° no sentido horário, com velocidade constante e em direção coroa/ápice (*CrownDown*), irão promover a limpeza, remoção do conteúdo séptico, de restos orgânicos e raspas de dentina para a câmara pulpar e, simultaneamente, determinarão o alargamento dos dois terços coronários, promovendo o chamado “desgaste anticurvatura” e, a seguir, o escalonamento no preparo apical.<sup>40</sup>

O princípio de preparo no sentido coroa/ápice, com pouca pressão, é inerente aos sistemas rotatórios, proporcionando, assim, menor risco de agudecimentos periapicais (*Flare-up*).<sup>40</sup>

Outro princípio que rege a aplicação das limas de níquel-titânio, quando acionadas a motor, é considerado fundamental: jamais pressionar a lima no sentido apical. Essa orientação assegura maior conforto para os pacientes, durante o ato operatório, e diminui acentuadamente a incidência de dor pós-operatória.<sup>40</sup>

### 3.3 Rotatório X Manual

#### 3.3.1. Modelagem do canal radicular

A modelagem visa à obtenção, através da instrumentação, de um canal radicular de formato cônico contínuo, com o menor diâmetro apical e o maior em nível coronário. Este formato cônico obtido deve conter em seu interior o canal anatômico, ou seja, a forma final do preparo não deve alterar a forma original do canal radicular. Este objetivo é, geralmente, logrado em canais retos.<sup>44</sup>

O resultado final do preparo de um canal curvo pode ser influenciado por vários fatores, tais como: valor do raio de curvatura do canal, localização da curvatura, flexibilidade e diâmetro do instrumento endodôntico, técnica de instrumentação, localização da abertura foraminal e dureza da dentina.<sup>44</sup>

É a partir da instrumentação que o canal radicular adquire a forma necessária à adaptação perfeita do material obturador. Durante essa fase, é necessário que ocorra uma interação entre instrumento e canal radicular com vistas a reduzir o número de alterações decorrentes desse passo impreciso.<sup>37</sup>

GLOSSEN et al. (1995), utilizaram a técnica modificada de Bramante e um novo software digital para comparar o preparo do canal radicular por limas de níquel-titânio manuais, limas de níquel-titânio mecânicas e limas de aço inoxidável. Os instrumentos NiTi mecânicos (lightspeed e sensor Nt) e a instrumentação manual com canal master "U" causaram menor transporte do canal ( $p < 0,05$ ), permaneceram mais centralizados ( $p < 0,05$ ), removeram menos dentina ( $p < 0,05$ ) e produziram canais mais cônicos que as limas K-flex e Mity.<sup>25</sup>

ZMENER & BANEGAS (1996) avaliaram 45 blocos acrílicos que simulavam canais curvos. Estes eram divididos em três grupos. No grupo 1, os canais foram instrumentados com limas tipo K ativadas por ultra-som piezoelétrico. O grupo 2, foi preparado com ProFile taper .04 Série 29 associado a uma baixa rotação com alto torque. No grupo 3 (controle), os canais foram instrumentados manualmente com limas tipo K. Os resultados demonstraram que o ProFile taper .04 Série 29 promoveu canais centralizadas e cônicas. As técnicas manual e ultra-sônica promoveram alteração da curvatura original e transporte do canal em diferentes níveis.<sup>72</sup>

Em 2002, em estudo comparativo entre as técnicas manual e rotatória de instrumentação de canais radiculares, utilizando 30 pré-molares apresentando curvaturas, mostrou que, em relação à formação de desvio apical, os resultados denotaram maior índice, quando do emprego das limas Flexofile (53,30% dos casos), enquanto das limas Ni-Ti (26,60%). Em relação à perda de comprimento de trabalho, essa ocorreu em maior número, quando utilizada a técnica rotatória. Foi observada a ocorrência de apenas um caso de perfuração, quando empregadas as limas Flexofile, durante a técnica de instrumentação manual.<sup>19</sup>

Outro estudo, também de 2002, comparou uma técnica de instrumentação rotatória e uma manual, a partir da instrumentação de 48 canais, concluindo que, a técnica de instrumentação rotatória, foi significativamente melhor quanto à manutenção da curvatura original do canal radicular.<sup>57</sup>

E. Schafer & R. Schilingemann, em 2003, compararam o tratamento de canais radiculares utilizando sistemas de instrumentação rotatório e manual em dois grupos compostos por 30 canais curvos cada. Neste estudo, concluiu-se que o sistema rotatório manteve a curvatura original de modo significativamente melhor que o manual.<sup>58</sup>

Canais instrumentados a partir de técnicas rotatórias, apresentaram também, menor incidência de formação de degraus, quando comparados a canais instrumentados por técnica manual; além de uma maior facilidade durante a instrumentação para operadores inexperientes, como demonstrado

por SONNTAG D. e colaboradores (2003), à partir de 210 canais tratados por alunos.<sup>64</sup>

Schäfer E. & Florek H., também em 2003, comprovaram que, com a técnica de instrumentação rotatória, obteve-se melhor geometria do canal e menor incidência de transporte do mesmo, quando comparada à técnica de instrumentação manual.<sup>56</sup>

Em 2005, em um estudo comparativo entre seis tipos de instrumentação rotatória e uma técnica convencional manual, todos os canais radiculares tratados com as técnicas rotatórias mantiveram a curvatura original de seus condutos radiculares.<sup>28</sup>

### **3.3.2. Extrusão apical de detritos contaminados**

Em dentes assintomáticos com uma lesão perirradicular associada, existe uma relação de equilíbrio estabelecida entre as defesas do hospedeiro e os irritantes presentes no interior do sistema de canais radiculares. Se esses irritantes são lançados para a lesão na forma de detritos contaminados extruídos durante o preparo químico-mecânico, o equilíbrio pode ser rompido. Em função disto, o hospedeiro mobiliza uma resposta inflamatória aguda para restabelecer o equilíbrio.<sup>44</sup>

Ferraz, C. C. R. e colaboradores, em 2001, compararam a quantidade de detritos contaminados extruídos para o ápice na instrumentação endodôntica de diferentes técnicas (manual e rotatória), verificando que, em todas as técnicas rotatórias, o extravasamento de detritos foi menor quando comparadas às técnicas manuais.<sup>22</sup>

Em estudo comparativo para verificar a extrusão apical de detritos contaminados (2006), utilizando 3 grupos para instrumentação rotatória e 1 para manual, a técnica de instrumentação manual apresentou um maior índice de extrusão de detritos.<sup>69</sup>

Lília E. Leonardi e colaboradores, em 2007, com o objetivo de registrar a presença de material extruído apicalmente e a influência da curvatura dos canais radiculares na quantidade de material extruído após instrumentação endodôntica, demonstraram que estatisticamente não houve diferença significativa nas quantidades médias de material extruído para as técnicas manual e rotatória. Comparando a influência da curvatura dos canais, também não foram encontradas diferenças estatisticamente significantes entre os dois sistemas.<sup>38</sup>

SCANAGATTA, L. e colaboradores, em estudo sobre instrumentação endodôntica, verificaram que, em ambas as técnicas (manual e rotatória),

detritos contaminados são extruídos apicalmente sem diferenças significativas.<sup>55</sup>

### 3.3.3 Fratura dos instrumentos

A ocorrência de falhas geralmente é o resultado de deficiências do projeto, processamento inadequado dos materiais, deterioração em uso e operação inadequada pelo homem.<sup>44</sup>

A importância da análise de fraturas é a de conhecer porque o material falhou, para, a partir daí, chegar a sua meta final, que é a prevenção de nova falha. Em geral, o problema de fratura está ligado às tensões e deformações altas aplicadas sobre o material, quando as mesmas excedem a capacidade de resistência do material.<sup>44</sup>

Na técnica de instrumentação rotatória existem alguns motores que oferecem controle automático de torque. Esta particularidade é de fundamental importância, uma vez que quando o instrumento for acionado no sentido horário e por alguma razão atingir seu limite de resistência, que pode ser pré-determinado em alguns aparelhos, pára automaticamente.<sup>44</sup>

Em estudo realizado em 2000, comparando duas técnicas de instrumentação rotatória com uma manual, ocorreram 3 casos de fratura, os três nos grupos de rotatórios.<sup>36</sup>

Já em outro estudo similar, em 2002, utilizando 30 pré-molares, não ocorreu nenhuma fratura dos instrumentos nas situações estudadas.<sup>19</sup>

Em 2003, um trabalho realizado por Schäfer em canais curvos, mostrou que com técnica rotatória ocorreram 11 fraturas de instrumentos contra nenhuma na técnica manual, durante a instrumentação dos canais.<sup>56</sup>

Outro estudo de Schafer & Schilingemann, no mesmo ano, utilizou 2 grupos contendo 30 canais curvos cada. Um dos grupos recebeu instrumentação endodôntica manual e o outro, rotatória. Com a segunda técnica, houveram cinco casos de fratura de instrumento, enquanto que, com a técnica manual, não ocorreu nenhum caso.<sup>58</sup>

O sistema manual também apresentou um número de fraturas significativamente menor que o sistema rotatório em estudo de 2003 em que 210 canais foram tratados endodonticamente por estudantes.<sup>64</sup>

Em 2005, estudo comparando seis tipos diferentes de instrumentação rotatória com uma técnica convencional manual, observou a fratura de um instrumento em três técnicas rotatórias, e três de um quarto sistema também rotatório (Neste estudo, foram tratados 147 canais radiculares, agrupados em sete grupos de 21 canais cada).<sup>28</sup>

### 3.3.4 Limpeza

A limpeza do sistema de canais radiculares visa a eliminação de irritantes como microorganismos, seus produtos e tecido pulpar vivo ou necrosado, criando um ambiente propício para a reparação dos tecidos perirradiculares. Durante o preparo químico-mecânico, a limpeza é lograda pela ação mecânica dos instrumentos endodônticos junto às paredes internas do canal radicular. Aliada a essa ação mecânica, uma ação química de limpeza é obtida pelo emprego de soluções químicas auxiliares de instrumentação. Estas soluções devem ser dotadas de propriedades solventes de matéria orgânica e de atividade antimicrobiana.<sup>44</sup>

Sydney e colaboradores, em 1996-7, analisaram a remoção de smear-layer após a técnica de instrumentação manual e rotatória. Neste trabalho, não foram verificadas diferenças quanto à remoção de smear-layer entre as duas técnicas, e sim quanto à substância irrigadora utilizada (hipoclorito e substância quelante (EDTA)).<sup>67</sup>

Estudo de Michael Hülsmann e colaboradores (1997), analisando a limpeza das paredes dos canais radiculares instrumentados à partir das técnicas manual e rotatória, concluiu que, em nenhum dos sistemas, o resultado encontrado foi de total remoção de smear-layer e debris. O sistema ultra-sônico foi o que apresentou melhor resultado, seguido pelo Canal Leader 2000 e pela técnica manual. Os outros sistemas rotatórios apresentaram limpeza insuficiente.<sup>31</sup>

BECELLI et al., em 1999, também concluiu não haver diferença estatisticamente significativa entre as duas técnicas de instrumentação em relação à eficiência de desbridamento das paredes do canal radicular.<sup>5</sup>

BERTRAND et al. (1999) avaliou, por meio da microscopia eletrônica de varredura, a capacidade de remoção de debris e smear-layer promovida pela técnica de instrumentação do canal radicular com o Sistema Quantec e instrumentação manual. Os autores verificaram que a limpeza do canal radicular foi mais efetiva com o Sistema Quantec do que com a instrumentação manual, principalmente nos terços médio e apical, e o acúmulo e compressão de smear-layer foram minimizados através desta técnica.<sup>6</sup>

Edgar Schäfer e Katja Zapke, em 2000, verificaram que a técnica manual e a KaVo-Endo Flash apresentaram limpeza similar do canal radicular, a limpeza completa dos canais não foi verificada em nenhuma das técnicas. Os melhores resultados, especialmente em canais curvos, foram obtidos pelo sistema rotatório Profile.<sup>59</sup>

Já no estudo de Ahlquist M. et al, em 2001, a técnica manual promoveu maior limpeza nas paredes dos canais radiculares do que a técnica rotatória (ProFile).<sup>2</sup>

Em estudo comparativo entre uma técnica de instrumentação rotatória e uma manual, realizada com 48 canais, em 2002, concluiu-se que a técnica manual apresentou significativamente menos debris e smear-layer quando comparada à técnica rotatória, porém, essa diferença não foi significativa no terço apical.<sup>57</sup>

Outra análise comparativa entre instrumentação rotatória, manual e associação de ambas no preparo de canais achatados, realizada em 2003, demonstrou não haver diferença estatisticamente significativa na limpeza do canal entre as três técnicas de instrumentação estudadas, nos três terços avaliados (cervical, médio e apical).<sup>26</sup>

E. Schafer & R. Schilingemann, em 2003, verificou que nenhum dos canais preparados apresentou limpeza completa. Quanto à remoção de debris, a técnica manual foi significativamente melhor e quanto à remoção de smear-layer ambas foram similares.<sup>58</sup>

Zmener, O. et al. (2005), realizaram comparação in vitro da limpeza das paredes dos canais utilizando técnicas manual e rotatória. Neste estudo, não houveram diferenças significativas entre os grupos.<sup>73</sup>

Zaccaro Scelza, em 2006, comparando a qualidade da limpeza promovida por técnicas manuais e rotatórias verificou que na técnica rotatória ( K3 e ProTaper) houve melhor limpeza das paredes do canal quando comparada à técnica manual.<sup>17</sup>

### **3.3.5 Tempo Clínico**

GLOSSEN et al. (1995), utilizaram a técnica modificada de Bramante e um novo software digital para comparar o preparo do canal radicular por limas de níquel-titânio manuais, limas de níquel-titânio mecânicas e limas de aço inoxidável. As mecânicas foram significativamente mais rápidas que as manuais.<sup>25</sup>

Estudo realizado em 2003, com 150 casos de instrumentação manual e 450 por instrumentação rotatória, feitos por estudantes, demonstrou que o tempo requerido para a realização da técnica manual foi significativamente maior.<sup>63</sup>

Outro estudo, também em 2003, utilizando 210 canais tratados por alunos, observou que o tempo requerido para a instrumentação rotatória era significativamente menor.<sup>64</sup>

Técnicas de instrumentação rotatória, também necessitaram de menor tempo para instrumentação de canais radiculares em estudo realizado por GUELZOW et al, em 2005. Neste estudo, foram utilizados seis tipos diferentes de instrumentação rotatória e uma técnica convencional manual, para o tratamento de 147 canais radiculares.<sup>28</sup>

#### 4. Conclusões

A técnica de instrumentação rotatória apresentou melhores resultados quanto à modelagem de canais radiculares, mantendo a curvatura original e promovendo melhor conicidade dos preparos, além de menor transporte de canal.

Quanto à extrusão de detritos contaminados para o ápice, em alguns estudos, não houve diferenças significativas entre as técnicas. Já em outros estudos a técnica rotatória apresentou melhores resultados, o que pode ser explicado devido ao fato de que os sistemas rotatórios realizam movimentos de 360°, trazendo o material para o terço coronário.

A técnica manual apresenta menor incidência de fratura das limas utilizadas.

Quando a limpeza dos canais radiculares foi avaliada, após o preparo químico-mecânico, ambas as técnicas apresentaram resultados semelhantes.

Uma grande vantagem apresentada pelos estudos, foi menor tempo clínico necessário para a instrumentação de canais radiculares utilizando a técnica rotatória, talvez sendo esta, a maior vantagem desta técnica para os endodontistas, uma vez que, diminui-se o tempo de atendimento e o número de sessões, trazendo benefícios ao profissional e menor trauma ao paciente inerente ao tratamento.

Portanto, os instrumentos rotatórios em níquel-titânio surgem como mais uma arma no arsenal terapêutico do endodontista, não substituindo a instrumentação manual, mas sim complementando-a, uma vez que, uma única técnica não consegue solucionar todos os casos clínicos.

## **5. Referências**

1. ABOU-RASS, M., FRANK, A. L., GLICK, D.H. – The anticurvature filing method to prepare the curved root canal. J. Am. Dent. Ass., v. 101, p.792-4, 1980.
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. International Endodontic Journal, 34, 533–537, 2001.
3. ANDREASEN, G.F., HILLEMANN, T.B. An evaluation of 55 cobalt substituted nitinol wire for use in orthodontics. J. Amer. Dent. Ass. V.101, p.1373-5, 1971.
4. BISHOP K., DUMMER P.M.H. A comparison of stainless steel Flexofiles and nickel-titanium NITIFlex files during the shaping of simulated canals. Int Endod J, 1997 Jan 20(1):25-35.
5. BECHELLI, C.; ZECCHI ORLANDINI, S.; COLAFRANCESCHI, M. Scanning electron microscope study on the efficacy of root canal wall debridement of hand versus lightspeed instrumentation. Inter Dent J, v.32, p.484-493, 1999.
6. BERTRAND, M. F.; PIZZARDINI, P.; MULLER, M.; MÉDIONI, E.; ROCCA, J.P. The removal of the smear layer using the Quantec system. A study using the scan microscope. Int Endod J, v.32, n.3, p.217-224, 1999.
7. BOMBANA, A. C. Análise química (quantitativa) das ligas de aço inoxidável de alguns instrumentos endodônticos de diferentes procedências – contribuição ao estudo. São Paulo, 1986, 73p. Tese (doutorado) – Faculdade de Odontologia, Universidade de São Paulo.
8. BRILLIANT, J.D., CHRISTIE, W.H. A taste of endodontics. J. Acad. Gen. Dent. 1975.
9. BUCHANAN, S. Cleaning and shaping the root canal system. Instrument selection and use. Dentistry today, v.13, n. 3, mar. 1994.

10. BUCHLER, W. R., WANG, E. Summary of recent research as nittinol alloys and their application in ocean engineering. *Ocean Eng*, v1, p105-20, 1968.
11. CAMARGO, J. N. P. Avaliação da eficácia das instrumentações rotatórias (sistemas Quantec L, Pow-R, Profile e Profile série 29) em canais radiculares simulados. Araraquara 2000. 215p Dissertação (mestrado em Endodontia). Faculdade de Odontologia – Universidade Estadual Paulista.
12. CARVALHO, L. A. P. Avaliação do preparo de canais radiculares com limas manuais e rotatórias de níquel e titânio e análise do aspecto morfológico das limas, antes e após o uso. Araraquara 2001. 206p. Tese (doutorado em Endodontia). Faculdade de Odontologia – Universidade Estadual Paulista.
13. CIVJAN, S., HUGET, E.F., DE SIMON, L.B. Potencial applications of certain nickel-titanium (nيتينol) alloys. *J. Dent. Res.*, v.54, p.89-96, 1973.
14. CLEM, W. H. – The adolescent patient. *Dent. Clin. N. Am.*, v.13, n.1, p.483-93, 1969.
15. COHEN, S., BURNS, R. C. Caminhos da Polpa. 6.ed. Rio de Janeiro: Guanabara Kogan, p390, 1994.
16. COLEMAN, C.L.; SVEC, T.A. Analysis of Ni-Ti versus stainless steel instrumentation in resin simulated canals. *J. Endod.*, v.23, n.4, p.232-235, Apr. 1997.
17. de CARVALHO MACIEL A. C., ZACCARO SCELZA M. F. Efficacy of automated versus hand instrumentation during root canal retreatment: an ex vivo study. *International Endodontic Journal*, 39, 779–784, 2006.
18. DIETZ, D.B., DI FIORE, P.M., BAHCALL, J.K., LAUTENSCHLAGER, E.P. The effect of rotational speed on the breakage of nickel-titanium rotary files. *J. Endodontics*, v.26, p.66-71, 2000.

19. DUARTE LIMA, M.C.; SILVA, P.G.P; SAYÃO MAIA, S.M.A.,  
Verificação da ocorrência de desvios durante a instrumentação dos  
canais radiculares: Técnica manual X Técnica rotatória. Estudo "in  
vitro". *Odontologia. Clín.-Científ., RECIFE*, 1 (3): 193 - 196, Set/Dez.,  
2002
20. FABRA-CAMPOS, H., RODRIGUEZ-VALLEJO, J. Digitization,  
analysis and processing of dental during root canal preparation with  
Qunatec Series 2000 instruments. *Int. Endod. J.*, v34, p.29-39, 2001.
21. FAVA, L.R.G., CAPUTO, C.A.. Novas técnicas de preparo  
biomecânico incremental (parte 1). *Ars Curandi Odont.*, v.6, n.1, p.4-18,  
1973.
22. FERRAZ, C. C. R.; GOMES, N. V.; GOMES, B. P. F. A.; ZAIA, A. A.;  
TEIXEIRA, F. B.; SOUZA-FILHO, F. J. Apical extrusion of debris and  
irrigants using two hand and three engine-driven instrumentation  
techniques. *International Endodontic Journal*. 34(5):354-358, July 2001.
23. GAMBARINI, G. Rationale for the use of low-torque endodontic  
motors in the root canal instrumentation. *Endod. Dent. Traumatol.*, v.  
16, p.95-100, 2000.
24. GAMBILL, J.M.; ALDER, M.; DEL RIO, C.E. Comparison of nickel-  
titanium and stainless steel hand-file instrumentation using computer  
tomography. *J. Endod.*, v.22, n.7, p.369-375, July 1996.
25. GLOSSEN, C. R.; HALLER, R. H.; DOVE, S. B.; DEL RIO, C. E. A  
comparison of root canal preparations using Ni-Ti hand, Ni-Ti engine-  
driven, and K-flex endodontic instruments. *J Endod*, v.21, n. 3, p.146-  
151, 1995.
26. GONÇALVES S. B.; BROSCO V. H.; BRAMANTE C.M.,  
Comparative analysis of rotatory (GT) and manual root canal  
preparation and association of both techniques in instrumentation of  
flattened root canals. *J. Appl. Oral  
Sci.* vol.11 no.1 Bauru Jan./Mar. 2003
27. GRIFFITHS, I. T., BRYANT S. T., DUMMER, P. N. H. Canal shapes  
produced sequentially during instrumentation with Qunatec LX

- Rotatory nickel-titanium instruments: A study in simulated canals. *Int. Endod. J.*, v. 33, p.346-54, 2000.
28. GUELZOW, A., STAMM, O., MARTUS, P., KIELBASSA, A. M. Comparative study of six rotatory nickel-titanium systems and hand instrumentation for root canal preparation. *Intern. Endod. J.*, 38, 743-752, 2005.
  29. HIMEL, V.T.; AHMED, K.M.; WOOD, D.M.; ALHADAINY, H.A. An evaluation of nitinol and stainless steel files used by dental students during a laboratory proficiency exam. *Oral Surg. Oral Med. Oral Pathol.*, v.79, n.2, p.232-237, Feb. 1995.
  30. HILT, B.R., CUNNINGHAM, C.J., SHEN, C., RICHARDS, N. Torsional properties of stainless steel and nickel titanium files after multiple autoclave sterilizations. *J Endod.*, V.26, N.2, P.76-80, 2000.
  31. HULSMANN, M., RUMMELIN, C., SCHAFERS, F. Root canal cleanliness after preparation with different endodontic handpieces and hand instruments: A comparative SEM investigation. *J. of Endodontics* v.23, i.5, p.301-6, 1997.
  32. INGLE, J. I. - The need for endodontic instruments standardization. *Oral Surg. Oral Med. Oral Pathol.*, v.8, n.11, p.1211-14, 1955.
  33. INGLE, J.I. – Standardized endodontic technique utilizing newly designed instruments and filling materials. *Oral Surg.* V.14, n.1, p.83-91, 1961.
  34. INGLE, J. I., LEVINE, M. - The need for uniformity of endodontic instruments, equipment and filling materials. In: Grossman, L.I. (ed.) *Transactions of the Second International Conference on Endodontics.* Philadelphia - University of Pennsylvania, p.123., 1958
  35. INGLE, J.I., TAINTOR, J.F. *Endodontics*.3.ed., Philadelphia: Lea & Febiger, p.173, 1985.

36. JARDINE, S., GULABIVALA, K. Na in vitro comparison of canal preparation using two automated rotatory nickel-titanium instrumentation techniques. *Int. Endod. J.*, 33, 381-391, 2000.
37. LAMARÃO, S. M. S.; SANTOS, M.; ANTONIAZZI, J. H. Modificações da curvatura de canais simulados após emprego de instrumentos rotatórios. *Rev Odontol Univ São Paulo*, v. 13, n. 1, p. 89-92, jan./mar. 1999.
38. LEONARDI, L. E., ATLAS, D. M., RAIDEN, G. Apical extrusion of debris by manual and mechanical instrumentation. *Braz. Dent. J.*, vol.18, no.1, Ribeirão Preto 2007.
39. LEONARDO, M. R., BONETTI FILHO, I., LEONARDO, R. T. Instrumentos endodônticos fabricados com liga de níquel titânio. In: LEONARDO, M. R., LEAL, J. M. *Endodontia: Tratamento de canais radiculares*. 3. ed. São Paulo: Medicina Panamericana, 1998. p. 465.
40. LEONARDO, M.R., LEONARDO, R.T. Sistemas rotatórios em endodôntia. *Artes Médicas*, 2002, v.4, p.3-54.
41. LEVY, G., Détails de manipulation Du canal finder au cour des diferentes phases de la procedure endodontique. *Chir. Dent. Fr.*, v.55, n.301, p. 27-32, 1985.
42. LOPES, H. P. et al Considerações sobre a conicidade e o diâmetro das limas endodônticas. *Rev. Paul. Odontol.*, v.20, n.1, p. 8-14, 1998.
43. LOPES, H.P.; ELIAS, C.N.; ESTRELA, C.; SIQUEIRA jr, J.F.; FONTES, P.F. Influência de limas endodônticas de NITI e de aço inoxidável, manuais e acionadas a motor no deslocamento apical. *Rev. Bras. Odontol.*, v.54, n.2, p.67-70, mar./abr. 1997.
44. LOPES H. P., SIQUEIRA JR. J. F. – *Endodontia: Biologia e Técnica*; editora Medsi, 1999.
45. LOPES, H.P.; SIQUEIRA JR., J.F. *Endodontia: biologia e técnica*. Rio de Janeiro: MEDSI, 1999. Cap.9, p.169-184.

46. MARSHALL, F.J., PAPPIN, J. A crown-down pressureless preparation root canal enlargement technique..Tecnique Manual, Portland, Oregon, Oregon Health Sciences University, 1980.
47. MAYNARD. Apud: OSTRANDER, F.D. - The practice of endodontics: past, present and future. J. Dent Education, v.31, n.3, p.386-8, 1967.
48. NISHIYAMA, C. K. Comparação de três diferentes técnicas de instrumentação mecânica rotatória com limas de níquel titânio – análise do ângulo de curvatura, deslocamento do centro do instrumento e alteração na área da seção transversal do canal radicular (estudo in vitro). Araraquara 2001. 165p. Tese (doutorado em Endodontia). Faculdade de Odontologia – Universidade Estadual Paulista.
49. PETTIETTE, M., DELANO, F. O., TROPE, M. Evaluation of success rate of endodontic treatment performed by students with stainless-steel K-files and Nickel-Titanium hand files. J. Endod., v. 25, n. 2, p. 124-7, 2001.
50. PHILLIPS, R. Science of dental material. 9. ed. Philadelphia, WB Saunders Co., 1991, 539p.
51. RANDALL, J.M., GOODREAU, W. F. Effect of NaOCl on the separation resistance of 0.04rotatory NiTi files. J. Endod. v.21, p.240, 1995.
52. ROYAL, J.R.; DONNELLY, J.C. A comparasion of maintenance of canal curvature using balanced-force instrumentation with three different file types. J. Endod., v.21, n.6, p.300-304, July 1995.
53. ROANE, J. et al. The balance force concept for instrumentation of curved canals. J. Endod., v11, n.5 p.203-11, 1985.
54. SATTAPAN, B., NERVO, G. J., PALAMARA, E. A., MESSER, H. H. Defects in rotatory Nickel-Titanium files after clinical use. J. Endod. v. 26, n. 3, p. 161-5, 2000.
55. SCANAGATTA, L., SOUSA, E.L.R., FURTADO, V.D., CARVALHO, R.V., KOHLRAUSCH, S.K. Apical extrusion of debris

and irrigants after root canal instrumentation. Univ. Federal De Pelotas, Faculdade de Odontologia, Brazil

56. SCHAFER, E., FLOREK, H. Efficiency of rotary nickel–titanium K3 instruments compared with stainless steel hand K-Flexofile. Part 1. Shaping ability in simulated curved canals. *International Endodontic Journal*, 36, 199–207, 2003.
57. SCHAFER E., LOHMANN D., Efficiency of rotary nickel–titanium FlexMaster instruments compared with stainless steel hand K-Flexofile – Part 2. Cleaning effectiveness and instrumentation results in severely curved root canals of extracted teeth. *International Endodontic Journal*, 35, 514–521, 2002.
58. SCHAFER E., SCHILINGEMANN R., Efficiency of rotatory nickel-titanium K3 instruments compared with stainless steel hand K-Flexofile. Part 2. Cleaning effectiveness and shaping ability in severely curved root canals of extracted teeth. *International Endodontic Journal*, 36, 208-217, 2003.
59. SCHAFER, E., ZAPKE, K. A Comparative Scanning Electron Microscopic Investigation of the Efficacy of Manual and Automated Instrumentation of Root Canals. *Journal of Endodontics*, Volume 26, Issue 11, Pages 660-664. 2000.
60. SCHILDER, H. – Cleaning and shaping the root canal. *Dent. Clin. N. Am.*, v.18, n.2, p.269-96, 1974.
61. SERENE, T. P., ADAMS, J. D. SAXENA, A. *Nichel titanium instruments applications in endodontics*. Saint Louis: Ishiyaju Euroamericana, 1995. 121p.
62. SILVA-HERZOG FLORES, D. et al Estudio comparativo entre las tecnicas de instrumentación Profile.04, RBS – Pow-R, Quantec 2000 y lateral modificada. *Rev. Oficial A. M. E.*, v. 2, n. 1, p.13-20, ene-mar., 1998.
63. SONNTAG, D.; DELSCHEN, S.; STACHNISS, V., Root-canal shaping with manual and rotary Ni-Ti files performed by students. *International Endodontic Journal* 36 (11), 715–723, 2003.

64. SONNTAG, D., GUTERMANN, A., KIM, S. K., STACHNISS, V.,  
Root canal shaping with manual stainless steel files and rotatory Ni-Ti  
files performed by students. *International Endodontic Journal*, 36, 246-  
255, 2003.
65. SPECK, K. M., FRAKER, A. C. Anodic polarization behaviour of  
NiTi and Ti-GAT-4V in simulated physiological solutions. *J. Dent.  
Res.*, v.59, p.1540-5, 1980.
66. STOECKEL, D., YU, W. Superelastic NiTi wire. *J. Int.*, v.1, n.3, p.45-  
50, 1991.
67. SYDNEY, G.B., BATISTA, A., ESTRELA, C., PESCE, H.F., de  
MELO, L.L., SEM analysis of smear layer removal after manual and  
automated handpiece root canal preparation. *Braz Dent J.* (1):19-26,  
1996 ;7
68. WALIA, H., BRANTLYE, W.A., GERSTEIN, H. Na initial  
investigation of the bending and torsional properties of nitinol root canal  
files. *J. Endod.*, v.14, p.346-51, 1988.
69. ZARRABI, M. H., BIDAR, M., JAFARZADEH, H. N. in vitro  
comparative study of apically extruded debris resulting from  
conventional and three rotatory (Profile, Race, Flexmaster)  
instrumentation techniques. *J. Of Oral Science*, v.48, n.2, p.85-88, 2006.
70. ZERLOTTI FILHO, E. – Instrumentos e instrumentação em  
Endodontia. *Rev, Univ. Católica de Campinas*, v.6, n.18, p.65-82, 1960.
71. ZMENER, O., BALBACHAN, L. Effectiveness of Nickel-Titanium  
files for preparing curved root canals. *Endod. Dent. Traumatol.*, v.11,  
p.121-3, 1995.
72. ZMENER, O; BANEGAS, L. Effectiveness of nickel-titanium files for  
preparing curved root canals. *Endod Dent Traumatol*, v.11, n.3, p.121-  
123, 1996.
73. ZMENER, O., PAMEIJER, C. H., BANEGAS, G. Effectiveness in  
cleaning oval-shaped root canals using Anatomic Endodontic

Technology, ProFile and manual instrumentation: a scanning electron microscopic study. International Endodontic Journal. 38(6):356-363, June2005.

74. YARED, G. M., BOU DAGHER, F. E., MACHTOU, P. Cyclic fatigue of Profile rotatory instruments after simulated clinical use. Int. Endod. J., v.32, p. 114-9, 1999.

