

A EVOLUÇÃO DOS DIFERENTES INSTRUMENTOS ENDODÔNTICOS NA ODONTOLOGIA, E A PERSPECTIVA DE EFICÁCIA NA MODELAGEM DOS CANAIS RADICULARES

THE EVOLUTION OF DIFFERENT ENDODONTIC INSTRUMENTS IN DENTISTRY, AND THE EFFECTIVENESS PERSPECTIVE IN MODELING RADICULAR CHANNELS

Dayane Vitória de Souza Carvalho Lima ¹
Daniela Pereira do Nascimento Saraiva Patrício ²
Laerte Oliveira Barreto Neto ³
Joana Dourado Martins Cerqueira ⁴

¹ Cirurgiã-Dentista – Unidade de Ensino Superior de Feira de Santana – UNEF; Feira de Santana-BA;
dayanesouzacarvalho.lima@gmail.com

² Cirurgiã-Dentista – Unidade de Ensino Superior de Feira de Santana – UNEF; Feira de Santana-BA;
danipatricia31@gmail.com

³ Cirurgião-dentista, especialista em Endodontia e doutor em Biotecnologia; Feira de Santana-BA;
laertebarreto9@gmail.com

⁴ Cirurgiã-dentista, especialista em Endodontia e mestre em Saúde Coletiva; Feira de Santana-BA;
martinsjoana_1@hotmail.com

RESUMO

Introdução: o tratamento endodôntico consiste na remoção de bactérias do Sistema de Canais Radiculares (SCR), sendo necessário que instrumentos específicos e soluções irrigantes participem ativamente no preparo do canal radicular. As limas de aço inoxidável usadas por muito tempo na Endodontia apresentam algumas desvantagens, e por essa razão, melhorias foram propostas pelos fabricantes através de sistemas automatizados, gerando uma facilidade trazida por esta inovação. **Objetivo:** realizar uma revisão integrativa da literatura sobre a evolução dos diferentes instrumentos endodônticos associado à inserção do sistema automatizado na Endodontia contemporânea, e como isso repercute na modelagem do canal radicular. **Resultados e discussão:** a nova era da Endodontia teve início com a introdução das ligas de NiTi associado a inclusão do sistema automatizado, com instrumentos mais flexíveis, permitindo grande desempenho ao modelar canais curvos, influenciando principalmente no resultado das propriedades de fadiga cíclica e torcional. Atualmente, estão disponíveis no mercado mais de 160 sistemas de instrumentação automatizados, fabricados com diferentes ligas de NiTi, tratados termicamente ou não, com propriedades superelásticas, memória de forma, usando cinética rotacional ou recíproca, e por fim, realizando movimento central e

excêntrico. Os sistemas pioneiros do movimento recíprocante, que revolucionou a Endodontia com o uso de lima única foram: WaveOne® (DENTSPLY Tulsa Dental Specialties and DENTSPLY Maillefer) e Reciproc® (VDW). **Conclusão:** a instrumentação automatizada veio assim facilitar a preservação da forma original do canal através de instrumentos mais seguros, reduzindo o tempo operatório, gerando uma facilidade trazida por esta inovação, e mantendo uma modelagem adequada ao final do procedimento.

Palavras-Chave: Evolução da Endodontia. Instrumentos endodônticos. Modelagem do canal radicular.

ABSTRACT

Introduction: endodontic treatment consists of removing bacteria from the Root Canal System (SCR), requiring specific instruments and irrigating solutions to actively participate in the preparation of the root canal. The stainless steel files used for a long time in Endodontics have some disadvantages, and for this reason, improvements were proposed by manufacturers through automated systems, generating a facility brought by this innovation. **Objective:** to carry out an integrative literature review on the evolution of the different endodontic instruments associated with the insertion of the automated system in contemporary Endodontics, and how it affects the root canal modeling. **Results and discussion:** The new era of Endodontics began with the introduction of NiTi alloys associated with the inclusion of the automated system, with more flexible instruments, allowing great performance when modeling curved channels, mainly influencing the result of the properties of cyclic and torsional fatigue. Currently, more than 160 automated instrumentation systems are available on the market, manufactured with different NiTi alloys, thermally treated or not, with superelastic properties, shape memory, using rotational or reciprocal kinetics, and finally, performing central and eccentric movement. The pioneering systems of the reciprocating movement, which revolutionized Endodontics with the use of a single file, were: WaveOne® (DENTSPLY Tulsa Dental Specialties and DENTSPLY Maillefer) and Reciproc® (VDW). **Conclusion:** the automated instrumentation thus facilitated the preservation of the original shape of the channel through safer instruments, consequently reducing the operating time, generating a facility brought by this innovation, and maintaining adequate modeling at the end of the procedure.

Keywords: Evolution of Endodontics. Endodontic instruments. Modeling of the root canal.

INTRODUÇÃO

O tratamento endodôntico consiste na remoção de bactérias do Sistema de Canais Radiculares (SCR) através do debridamento químico/mecânico, seguido do seu preenchimento com material biocompatível, permitindo o restabelecimento dos tecidos perirradiculares. Para que essa limpeza seja efetiva é necessário um conhecimento detalhado da morfologia do sistema radicular e as suas variações. (LABABIDI, 2013; NG *et al.*, 2007).

O preparo biomecânico de canais retos, normalmente são mais fáceis de serem realizados e pode-se obter excelentes resultados, mesmo utilizando instrumentos manuais. No entanto, a presença de dilacerações radiculares, levando a ocorrência de canais curvos é uma limitação importante na realização do tratamento endodôntico, podendo dificultar o debridamento químico-mecânico desses canais e por isso inúmeros recursos têm sido propostos, tentando sobretudo permitir uma modelagem adequada, sem desvios ou desgastes desnecessários (BAGO *et al.*, 2020; MONTSERRAT *et al.*, 2016).

As limas de aço inoxidável usadas por muito tempo na Endodontia apresentam desvantagens, incluindo flexibilidade limitada, podendo levar a fratura do instrumento e modelagem inadequada. Com a introdução das ligas de níquel-titânio (NiTi) na fabricação de instrumentos endodônticos, houve um aumento da flexibilidade dos instrumentos, sendo crucial no sucesso do tratamento, especialmente em canais curvos, permitindo o alargamento adequado do canal, preservando o instrumento em uma posição central e sem desvios (HAMDY *et al.*, 2019; HTUN *et al.*, 2019).

Ao longo dos anos, o processo de fabricação das limas de NiTi continuaram se desenvolvendo, dando origem a instrumentos rotatórios contemporâneos, onde mais de um instrumento era necessário para o Preparo do Canal Radicular (PCR). Para o manuseio deste tipo de lima, é necessário a utilização de motores

específicos, com um número de programas pré-definidos. Desde então, várias tentativas foram feitas para desenvolver uma geometria mais adequada. Entretanto, o uso de instrumentos rotatórios envolve rotações contínuas dentro do canal, o que não elimina a possibilidade de fraturas devido à torção e/ou flexão (HAMDY *et al.*, 2019; FERREIRA *et al.*, 2016).

A fadiga por torção ocorre quando a ponta do instrumento se liga ao canal radicular enquanto a lima continua girando em um número excessivo de ciclos na região de curvatura máxima. Para aumentar a efetividade da modelagem do canal radicular, os fabricantes introduziram o uso de movimentos com reciprocidade, na qual o instrumento gira em uma direção, e depois inverte antes de completar um ciclo rotativo completo (FERREIRA *et al.*, 2016).

A lâmina cortante deste tipo de lima também sofreu evolução em relação aos desenhos que habitualmente eram desenvolvidos até à época, apresentando uma secção transversal em “S”. Este tipo de característica faz com que o movimento anti-horário permita um alívio das forças de tensão e compressão, promovendo uma diminuição do stress causado sobre a lima, reduzindo consideravelmente a fadiga cíclica (BÜRKLEIN; BÖRJES; SCHÄFER, 2013).

Alguns instrumentos reciprocantes ainda possuíam na sua arquitetura uma ponta de corte rígida. Dessa forma houve o surgimento das limas reciprocantes de NiTi, contendo em sua composição a liga M-Wire. Esses instrumentos foram desenvolvidos através de um cuidadoso processo de tratamento térmico que permite o controle da memória elástica do mesmo. Assim, é possível pré-curvar uma lima com níveis de rigidez consideravelmente inferiores e uma elasticidade que até então não tinha sido capaz de ser manuseada (PEREIRA *et al.*, 2012).

Com a descoberta dos movimentos rotatórios e reciprocantes através de sistemas mecanizados, melhorias foram propostas pelos fabricantes para fornecer aos profissionais instrumentos mais seguros, revolucionando a economia do tempo operatório, gerando uma facilidade trazida por esta inovação, principalmente no que diz respeito a modelagem dos condutos radiculares, sobretudo em canais curvos

(SHEN *et al.*, 2013). Por essa razão, o objetivo desse trabalho foi realizar uma revisão integrativa da literatura sobre a evolução dos diferentes instrumentos endodônticos associado à inserção do sistema automatizado na Endodontia contemporânea, e como isso repercutiu na modelagem dos canais radiculares.

METODOLOGIA

Trata-se de uma revisão integrativa da literatura utilizando artigos indexados nas bases de dados da Biblioteca Científica Eletrônica Online (SciELO) e da Literatura Internacional em Ciências da Saúde e Biomédica (PubMed/MEDLINE). Os descritores empregados foram: “Evolução da Endodontia”, “Instrumentos endodônticos” e “Modelagem do canal radicular”.

Foi realizada uma busca *online* no período de Fevereiro a Maio de 2020, a fim de ter acesso aos artigos de relevância considerável para o tema de escolha. Os resumos encontrados durante a pesquisada foram examinados, com o intuito de excluir trabalhos cujo foco principal desviava-se da temática determinada.

Não foi estipulado um período de tempo específico, porém priorizou-se por artigos em português e inglês disponíveis em sua versão completa, além de livros fundamentais que possibilitaram um melhor entendimento sobre técnicas pioneiras da Endodontia. Em meio à leitura dos clássicos e contemporâneos, foi possível estabelecer como se deu de fato a evolução dos sistemas e instrumentos endodônticos, suas principais dificuldades, vantagens e desvantagens.

Foram excluídos artigos escritos em outros idiomas e que não apresentaram no título, resumo e/ou palavras-chave a evolução da Endodontia ou instrumentos endodônticos, bem como a modelagem do canal radicular. Além disso, excluíram-se os que não estavam disponíveis em sua versão completa na internet.

Para a sistematização dos resumos foi utilizado uma planilha (Microsoft Excel 2013) de acordo com os resultados obtidos nos trabalhos analisados. Após a seleção dos resumos relevantes, os artigos foram lidos em versão completa para avaliação e se os mesmos se encontravam dentro dos critérios de inclusão previamente definidos para esta revisão. Os artigos selecionados foram organizados em tabela considerando a referência, ano, objetivo do estudo, metodologia e seus principais achados (Tabela 1).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Preparo manual do canal radicular

Ao longo dos anos, diversos métodos de instrumentação foram sugeridos para a realização da correta limpeza e desinfecção do sistema de canais, como também a obtenção de uma obturação adequada, viabilizando um formato cônico uniforme e contínuo do canal radicular. Para alcançar essa configuração final do tratamento endodôntico, diferentes técnicas foram introduzidas na tentativa de reduzir as alterações que podem comprometer o sucesso do tratamento endodôntico, tais como: técnica clássica - convencional, técnica escalonada e técnica bi-escalonada (PIRES *et al.*, 2009).

A técnica clássica - convencional, também chamada de seriada foi a primeira técnica instituída para o tratamento de canais radiculares retos ou curvos, onde o primeiro instrumento que chegaria justo ao CT, deveria ser substituído em ordem sequencial até se conseguir espaço suficiente para a colocação do material obturador. Cada instrumento subsequente deveria percorrer a mesma distância do seu predecessor dentro do canal para prevenir a formação de degraus. (CONSTANTE; ALBERGARIA; MOURA, 2006).

Com o objetivo de facilitar as condições de PCR, a técnica escalonada foi introduzida na fase do preparo biomecânico dos canais radiculares, podendo o escalonamento ser aplicado ápice-coroa ou coroa-ápice. Na técnica ápice-coroa, os instrumentos de menor calibre têm maior facilidade em atingir a porção apical,

vencendo facilmente as curvaturas. Os instrumentos de maior calibre, por não apresentarem flexibilidade para transpor curvaturas, devem ser utilizados nas regiões média e cervical do canal radicular (PIRES *et al.*, 2009).

Na técnica coroa-ápice, o alargamento cervical antecede o preparo do terço apical, promovendo maior qualidade do PCR, principalmente nos casos que apresentam curvatura acentuada. E por fim, a combinação das duas técnicas que apresentam a instrumentação denominada técnica bi-escalonada. Nesta, os ampliadores de orifício e brocas Gates-Glidden ampliam os terços coronário e médio no sentido coroa-ápice, e após esse preparo escalonado, o batente apical é confeccionado, e então a modelagem do terço apical, médio e cervical é feita como na técnica escalonada ápice-coroa. Por essa razão, a técnica recebe o nome de bi-escalonada (KOWALCZUCK; BATISTA, 2017; PIRES *et al.*, 2009).

Carvalho e colaboradores (2004) realizaram um estudo para analisar a formação de desvio apical em canais curvos e atresiadados, comparando as técnicas de instrumentação manual e concluiu que houve formação do desvio quando utilizada a técnica convencional. Já utilizando a técnica escalonada, eles perceberam que houve maior segurança no preparo, tendo obtido na maioria dos casos uma forma cônica afunilada contínua, com o menor desgaste no ápice e maior no orifício de entrada dos canais simulados.

No que se refere aos instrumentos utilizados no preparo manual dos canais radiculares, as limas de aço inoxidável foram inseridas nas práticas endodônticas, se destacando por muito tempo, devido às suas propriedades altamente resistentes à corrosão. Com o avanço das pesquisas, foi percebido que esse material apresentava algumas desvantagens, incluindo a flexibilidade limitada, podendo ocasionar fraturas, perfurações ou transporte apical, levando ao desuso em canais curvos (HTUN *et al.*, 2019; LEONARDO; LEONARDO, 2002).

Ao longo dos anos as limas foram aprimoradas, apresentando secções triangulares, quadrangulares ou losangulares, e fabricadas por torção ao longo do seu eixo longitudinal. As limas são encontradas com comprimentos de 21, 25, 28 ou 31 mm, podendo ter ponta ativa ou não (HARGREAVES; COHEN, 2011)

Em meados do século XX as primeiras ligas de NiTi apareceram e rapidamente foi empregada por parte dos profissionais da Odontologia, visto que

revelaram um progresso significativo em relação aos instrumentos que dispunha até então, especialmente no que se refere a flexibilidade e resistência (MC SPADDEN, 2007).

Entretanto, apesar da grande ascensão ao nível dos materiais e modo de fabricação, algumas preocupações continuam a existir, especialmente ao nível de fadiga cíclica (YE, GAO, 2012).

A evolução deu-se não somente em relação ao tipo de materiais empregados, mas à maneira como estes eram desenvolvidos, podendo ocorrer modificação das suas características físicas e mecânicas sem que houvesse alteração do tipo de material (MC SPADDEN, 2007). A descoberta do *M-Wire*, dá-se após alguns estudos, por intermédio de uma nova técnica que submete o NiTi a ciclos termomecânicos, ou seja, a liga original de NiTi é submetida a vários ciclos térmicos e a uma determinada pressão (SHEN *et al.*, 2013; PEREIRA *et al.*, 2012; YE; GAO, 2012; GUTMANN; GAO, 2011).

Hoje a Endodontia conta com uma tecnologia mais segura e eficaz desde a descoberta dos movimentos rotatórios e reciprocantes, que facilitaram significativamente a cinemática executada até então (SHEN *et al.*, 2013).

Preparo automatizado do canal radicular

A nova era da Endodontia teve início com a introdução das ligas de NiTi associado a inclusão do sistema automatizado, promovendo mais um progresso no ramo da Odontologia que trata das lesões que afetam a polpa dentária. Novos instrumentos foram desenvolvidos para atender às necessidades de uma previsão mais anatomicamente precisa na preparação do canal radicular (GAVINI *et al.*, 2018).

Os sistemas automatizados possuem uma grande facilidade e qualidade quando comparados aos instrumentos manuais, e isso repercute em resultados previsíveis com apenas uma seção. Além disso, esses instrumentos são mais flexíveis, permitindo grande desempenho ao modelar canais curvos, influenciando principalmente no resultado das propriedades de fadiga cíclica e torcional, na qual

mais de um instrumento é necessário para o PCR (FUKUMORI *et al.*, 2018).

Com intuito de reduzir o número de instrumentos rotatórios indispensáveis para o PCR, Yared (2008) propôs uma nova técnica de instrumentação utilizando uma lima única de NiTi F2 (ProTaper®), sugerindo o movimento oscilatório ou recíproco para minimizar o risco de fratura por fadiga cíclica, bem como reduzir o custo operacional do tratamento endodôntico.

Embora os novos sistemas apresentem maior flexibilidade e resistência a torção, o risco de fratura ainda permanece quando submetidos a esforços repetitivos de tração e compressão (PEREIRA *et al.*, 2013). Dessa forma, o aprimoramento dos instrumentos também foi necessário, mesmo que ele fosse considerado de uso único na preparação dos canais radiculares (KIMURA *et al.*, 2019; FUKUMORI *et al.*, 2018).

Atualmente, estão disponíveis no mercado mais de 160 sistemas de instrumentação automatizados, fabricados com diferentes ligas de NiTi, tratados termicamente ou não, com propriedades superelásticas, memória de forma, usando cinética rotacional ou recíproca, e por fim, realizando movimento central e excêntrico (GAVINE *et al.*, 2018).

Instrumentos recíprocos no preparo do canal radicular

Após o sucesso da instrumentação proposta por Yared em 2008, e com o objetivo de empregar os movimentos recíprocos, foi lançado em 2011 dois sistemas pioneiros no mercado, como WaveOne® (DENTSPLY Tulsa Dental Specialties and DENTSPLY Maillefer) e Reciproc® (VDW). Entretanto, os instrumentos já haviam sido aprimorados, apresentando uma secção transversal em “S”, e lâminas mais afiadas nas extremidades (BÜRKLEIN *et al.*, 2012).

O movimento recíproco do novo instrumento gira no sentido de corte de suas espiras, avançando para o ápice e cortando dentina. Com o movimento contrário, ele se desprende da dentina e recua do ápice. O ângulo do movimento no sentido de corte é maior que o ângulo do movimento no sentido contrário. Dessa

forma, o avanço do instrumento através do canal é sucedido ao final de cada ciclo de instrumentação, eliminando a necessidade de pressão no sentido apical. (BÜRKLEIN *et al.*, 2012; YARED, 2008).

O Reciproc® é considerado mais seguro não só pelo fato de minimizar os riscos com relação à fratura, mas também por contribuir com a biossegurança devido à sua pré-esterilização, visto que as mesmas são de uso único. Este instrumento possui menor probabilidade de erros processuais, maior resistência à fadiga cíclica e maior flexibilidade das limas de NiTi. Além disso, proporciona economia de tempo e de trabalho, uma vez que possui menos etapas, não necessitando da utilização de uma pré-instrumentação do canal radicular (DE-DEUS *et al.*, 2013).

A durabilidade dos instrumentos é maior comparada aos sistemas que utilizam rotação contínua. O Reciproc é mais apropriado para instrumentação de canais com curvaturas acentuadas, por ser mais resistente ao desgaste cíclico. sendo que o movimento de reciprocidade já é configurado para motores Reciproc, pois minimizam os riscos de fratura e o estresse sobre a lima (DE-DEUS *et al.*, 2010; VARELA-PATIÑO *et al.*, 2010).

O Reciproc® apresenta três tipos de lima à escolha do operador, como: R25 (0,25mm de diâmetro e taper 0,08. Diâmetro em D16 = 1,05mm), R40 (0,40mm de diâmetro e taper 0,06. Diâmetro em D16 = 1,10mm) e R50 (0,50mm de diâmetro e taper 0,05. Diâmetro em D16 = 1,17mm) (YARED, 2011).

Nas curvaturas graduais de raiz, é recomendado que o diâmetro do canal radicular seja feito com pelo menos um tamanho maior que a ponta do primeiro instrumento reciproc. Portanto, o ideal é que o canal forneça o mínimo de alargamento possível, e assim, promover uma via suave para evitar fraturas por tensões de torção (BERUTTI *et al.*, 2004).

O sistema WaveOne® fundamenta-se na utilização de uma lima única/uso único apto a alcançar os objetivos mecânicos e biológicos do preparo dos canais, removendo bactérias e subprodutos e modelando para propiciar uma obturação

tridimensional com guta percha. O sistema é composto por três instrumentos: Small/amarelo (0,21mm de diâmetro e taper 0,06 constante), Primary/vermelho (0,25mm de diâmetro e taper 0,08 de D1 a D3, diminuindo gradativamente de D4 a D16) e Large/preto (0,40mm de diâmetro e taper 0,08 de D1 a D3, diminuindo gradativamente de D4 a D16) (WEBBER *et al.*, 2011).

Quando comparados às ligas de NiTi, os instrumentos possibilitam maior elasticidade e resistência à fratura, possuem duas secções transversais distintas ao longo da parte ativa da lima: dispõem de uma secção transversal triangular convexa modificada de D1 a D8, enquanto que a secção é triangular convexa sem modificação de D9 a D16. O sistema WaveOne® não reutiliza os instrumentais, dessa forma, não apresentam risco de contaminação cruzada; o tempo do PCR é reduzido em até 40%, respeitando a anatomia do canal radicular (RUDDLE, 2012).

O sistema apresenta característica marcante, como o sentido de orientação do helicóide, que gira em direção reverso ou seja, no sentido contrário (anti-horário). A distância entre as cristas das espiras é modificável ao longo da parte ativa da lima, e dessa forma, todas as características mencionadas proporcionam melhor flexibilidade e segurança ao instrumento (BÜRKLEIN *et al.*, 2012).

Diversos sistemas utilizam o movimento recíproco que estão em constante evolução dos instrumentos para proporcionar sempre um tratamento mais eficiente e seguro. Entre eles estão: Reciproc; Reciproc Blue; Wave One; Wave One Gold; NSK - Adiel Super Endo; Pro-File Vortex; ProTaper; HyFlex EDM; entre outros (CAMPOS *et al.*, 2018), e por essa razão muitos trabalhos têm estudado a modelagem do canal radicular utilizando os mais variados sistemas (Tabela 01).

Tabela 01. Estudos científicos que avaliam a eficácia dos instrumentos mecanizados.

AUTOR ANO	OBJETIVO	METODOLOGIA	PRINCIPAIS ACHADOS
VERSIAN E <i>et al.</i> , 2017	Avaliar a capacidade de modelagem dos instrumentos XP-Endo,	Trinta canais de incisivos longos e de formato oval da mandíbula foram combinados anatomicamente usando micro-CT	Os sistemas endo Shaper, iRaCe e EdgeFile mostraram uma capacidade de modelagem semelhante. Apesar do XP-endo Shaper tinha alterado

	<p>iRace e Edgefile, em canais radiculares de formato oval longo.</p>	<p>digitalização(SkyScan1174v2; Bruker-microCT, Kontich, Bélgica) e distribuídos em 3 grupos (n = 10) de acordo ao protocolo de preparação do canal (ou seja, XP-endo Sistemas Shaper, iRaCe e EdgeFile).</p>	<p>significativamente a geometria geral do canal radicular para uma forma mais cônica, nenhuma técnica foi capaz de preparar completamente os longos ovais canais em forma de incisivos inferiores.</p>
<p>TOPÇUO GLU <i>et al.</i>, 2018</p>	<p>Comparar a resistência à fadiga cíclica do Reciproc Arquivos Blue, WaveOne Gold e SmartTrack em canais artificiais curvos.</p>	<p>Foram utilizados noventa novos Reciproc Blue R25, WaveOne Gold Primary e SmartTrack. Os arquivos X1 foram testados em canais artificiais com ângulos de curvatura de 45 ° e 60 °. A resistência à fadiga cíclica foi determinada registrando o tempo de fratura nos canais artificiais e a análise bidirecional variância foi usada para analisar os dados.</p>	<p>Os resultados do presente estudo mostraram que Reciproc Blue e os arquivos do SmartTrack exibiram maior resistência à fadiga cíclica do que o WaveOne Gold apenas em canais com curvatura de 60 °.</p>
<p>THOMAS <i>et. al</i> 2020</p>	<p>Avaliar a capacidade de modelagem em canais ovais com WaveOne Gold, Arquivo em conformidade com TRUShape 3D, EdgeCoil e XP-3D usando micro-CT.</p>	<p>Trinta e dois canais ovais, monolíticos extraídos de dentes humanos foram decoronados 1 mm coronal à junção cimento-esmalte e digitalizados através de um scanner de micro-CT. Os dados foram comparados estatisticamente entre os grupos análise de variância e dentro de grupos, usando um teste <i>t</i> de amostra pareada .</p>	<p>Nenhum dos sistemas de arquivos foi capaz de entrar em contato com toda a área da superfície em qualquer canal.</p>
<p>SANTOS <i>et al.</i>, 2018</p>	<p>Avaliar a morfologia e aspecto do forame apical após instrumentação do canal radicular com cinemática rotativa e alternativa em 2 diferentes determinações</p>	<p>Sessenta raízes mesiobucais dos molares inferiores e maxilares, com curvatura variando de 30 a 65 foram utilizados neste estudo. As raízes foram escaneadas inicialmente com um microscópio trônico com aumento de 50%. As raízes foram dividido em 2 grupos diferentes (n = 30). Os avaliadores foram mascarados em relação à cinemática e</p>	<p>Dentro das limitações deste estudo, pode-se concluir que os instrumentos do canal radicular no ápice ou 1 mm além do ápice, promoveu deformação do forame principal, independentemente da cinemática.</p>

	do comprimento de trabalho.	comprimento de trabalho utilizado. The Pearson teste de correlação e teste de Kruskal-Wallis (método de Dunn) foram utilizados para análise estatística ($P < 0,05$).	
PINTO <i>et al.</i> , 2019	avaliar o preparo do canal radicular apical dos canais radiculares molares com rotação ou rotação instrumentos de níquel-titânio tratados termicamente (NiTi), usando microcálculo tomografia (micro-TC).	canais radiculares mesiais ($n = 48$) de molares inferiores, com curvatura entre 20° e 40° , foram preparados com ProDesign Logic (PDL) 25.01 e 25.06 em movimento rotativo, ou ProDesign R (PDR) 25.06 em movimento alternativo (PDR). Aumento apical foi realizado com PDL35.01 e PDL35.05 ou PDR35.05. Digitalização com resolução de $9 \mu\text{m}$ foi realizada antes e após o preparo e, após aumento apical, usando micro-CT.	O aumento apical 35,05 com microcálculo tomografia em instrumentos de tratamento térmico usando movimentos alternativos e rotativos reduziram a porcentagem de detritos e superfície intocada do canal radicular, sem causar desvios ou erros processuais. O protocolo de maior aumento apical favoreceu a limpeza dos canais radiculares nas duas cinemáticas e a preparação pelo sistema alternativo foi mais rápido do que pelo sistema rotativo.
ELASHIRY, SABER, ELASHRY, 2020	Avaliar a capacidade de modelagem de quatro sistemas diferentes de arquivo único usando tomografia micro-computadorizada (micro-CT).	Oitenta canais mesiobuciais e mesiolinguais de canais de molares inferiores permanentes foram divididos aleatoriamente em quatro grupos, de acordo com o arquivo utilizado; WaveOne Gold, RECIPROC Blue, HyFlex EDM e One Shape ($n = 20$). As amostras foram escaneadas usando micro-CT para o registro de pré-instrumentação; então os canais foram instrumentados e digitalizados para os registros de pós-instrumentação.	O WaveOne Gold produziu uma preparação de canal mais centralizada com um menor quantidade de transporte no nível apical. HyFlex EDM mostrou a maior alteração volumétrica do canal no nível coronal. O desenho provisório dos arquivos endodôntico tem um alto impacto no seu comportamento dentro do canal radicular.
MARTIN, AZEREDO, 2014	Analisar o preparo químico-mecânico dos canais radiculares realizado in vitro pelos alunos do Curso de Odontologia da Universidade	Foram utilizados 88 espécimes dentários (caninos inferiores), cujo preparo químico-mecânico in vitro foi realizado pelos alunos. Esses dentes foram radiografados e posteriormente submetidos à técnica de diafanização. Nestes, se analisou a qualidade das técnicas de preparo químico-mecânico quanto à	A radiografia revelou-se limitada na visualização da modelagem dos canais e das características anatômicas do sistema de canais radiculares, e a diafanização é uma técnica de visualização acessível e imprescindível para a evolução do ensino na Endodontia.

	Federal do Espírito Santo, utilizando-se da diafanização.	modelagem do canal radicular e, comparativamente, o melhor resultado das mesmas; visualizaram-se as características anatômicas do sistema de canais radiculares, e compararam-se o exame radiográfico e a diafanização dos dentes.	
LABBAF <i>et al.</i> , 2017	Comparar a quantidade de detritos extrudados com quatro mecanismos endodônticos de NiTi sistemas acionados.	Sessenta raízes mesiobuccais de molares superiores com 15-30° a curvatura foi dividida aleatoriamente em quatro grupos (<i>n</i> = 15). Cada grupo foi instrumentado até tamanho apical de 25 usando Reciproc, ProTaper Universal, Neolix e Hyflex.	Todos os sistemas expulsaram detritos durante a instrumentação. Porém o sistema Reciproc expulsou significativamente mais detritos.
MAMEDE-NETO <i>et al.</i> , 2018	Avaliar a capacidade de transporte e centralização de preparações de canais radiculares usando níquel-titânio contínuo ou arquivos alternativos endodônticos.	Noventa e seis canais radiculares mesiobuccais dos primeiros e segundos molares inferiores foram divididos aleatoriamente em 6 grupos (<i>n</i> = 16), de acordo com o arquivo rotativo utilizado: 1. ProTaper Next; 2. ProTaper Gold; 3. Mtwo; 4. BioRaCe; 5. WaveOne Gold; 6. Reciproc. Os canais radiculares foram preparado de acordo com as instruções do fabricante. A tomografia computadorizada de feixe cônico foi obtida antes e depois do canal radicular preparação. As medidas foram feitas em seis pontos de referência diferentes: 2, 3 e 4 mm do ápice e 2, 3 e 4 mm abaixo furca em diferentes direções.	Todos os sistemas produziram transporte de canais radiculares. Nenhum sistema de arquivos obteve centralização perfeita de preparação da raiz.
GUNES, YETER, 2018	Comparar os efeitos de diferentes sistemas de caminho de deslizamento na extrusão de detritos apicais	Sessenta molares extraídos com raízes mesiais curvas foram selecionados para este estudo. As raízes mesiais dos dentes foram removidos da junção cimento-esmalte. A tomografia computadorizada de feixe cônico foi usada para	Sob as condições deste estudo in vitro, todos os sistemas de arquivos de caminho rotativo foram associados a extrusão de detritos apicais antes de preparar os canais radiculares com o arquivo único WaveOne Gold

	durante a preparação de canais radiculares com um único arquivo alternativo.	avaliar a curvatura dos canais radiculares mesiais. Espécimes foram divididos aleatoriamente em 6 grupos experimentais no preparo do canal radicular (n = 10).	sistema alternativo. Os arquivos K causaram mais detritos extrusados apicamente do que os arquivos One G.
DRUKTEI NIS <i>et al.</i> , 2019	Avaliar a Capacidade de modelagem dos instrumentos BioRace, ProTaper Next e Genius Nickel Titanium em canais curvos dos molares inferiores: um estudo por micro-TC	Sessenta canais radiculares mesiais dos primeiros molares inferiores foram divididos aleatoriamente em três grupos iguais, de acordo com o sistema utilizado para a preparação do canal radicular (n = 20): BioRace (BR), ProTaper NEXT (PTN) ou Genius (GN).	A capacidade de modelagem dos sistemas de arquivos BR, PTN e GN NiTi foi igualmente eficaz. Todos os sistemas de instrumentação prepararam sistemas de canais radiculares curvos sem evidência de indesejáveis alterações nos parâmetros 3D ou erros significativos de modelagem.
DELAI <i>et al.</i> , 2019	Comparar os sistemas WaveOne Gold com ProTaper e RaCe em relação ao material de enchimento restante, transporte apical e tempo de trabalho após a remoção do enchimento e modelagem de canais curvos.	Trinta canais mesiobucais de molares superiores foram preparados e preenchidos. Após 30 dias, eles foram designados aleatoriamente em três grupos (n = 10), de acordo com os instrumentos utilizados para remover e moldar o preenchimento. Os dados foram analisados estatisticamente ($\alpha = 0,05$).	Nenhum dos sistemas conseguiu remover completamente o material de enchimento. O WaveOne Gold pode ser uma alternativa com relação custo-benefício e aprendizado mais curto.

Entre os estudos mais atuais que avaliam a eficácia dos instrumentos mecanizados (Tabela 1), Thomas et al. (2020) avaliaram a capacidade de modelagem do WaveOne Gold, instrumentos em conformidade com TRUShape 3D, EdgeCoil e XP-3D em trinta e dois canais ovais e único utilizando a

microtomografia-computadorizada (micro-CT). Também utilizando a micro-CT Versiane et al. (2017) avaliaram os instrumentos XP-Endo, iRace e Edgefile, em trinta canais radiculares de formato oval longo. Nenhum dos estudos foram capazes de realizar o preparo endodôntico completamente, ou entrar em contato com toda a área da superfície dos canais radiculares (Tabela 1).

Elashiry et al. (2020) também avaliou a capacidade de modelagem de quatro sistemas diferentes de instrumento único (WaveOne Gold, RECIPROC Blue, HyFlex EDM e One Shape) usando a micro-CT em oitenta canais mesiobuciais. Os resultados mostraram que o WaveOne Gold produziu uma preparação de canal mais centralizada, com uma menor quantidade de transporte no nível apical, apesar do HyFlex EDM ter mostrado uma maior alteração volumétrica do canal no nível coronal. Além disso, os autores concluíram que o desenho dos instrumentos endodônticos tem uma alta repercussão dentro do canal radicular (Tabela 1).

Topçuoğlu et al. (2018) compararam a resistência à fadiga cíclica dos instrumentos Reciproc Blue, WaveOne Gold e SmartTrack em canais artificiais com ângulos de curvatura entre 45 ° e 60 °. A resistência à fadiga cíclica foi determinada registrando o tempo de fratura nos canais, e os resultados mostraram que o Reciproc Blue e o SmartTrack exibiram maior resistência à fadiga cíclica do que o WaveOne Gold apenas em canais com curvatura de 60 ° (Tabela 1).

De acordo com os estudos acima, e apesar de nem sempre o instrumento entrar em contato com toda a área de superfície dos canais radiculares, mesmo sendo utilizado em sistemas mecanizados, é possível perceber que o desenho dos instrumentos endodônticos têm um alto impacto no seu comportamento dentro do canal, interferindo significativamente no preparo endodôntico.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Considerando que a Endodontia passou por grandes avanços tecnológicos nos últimos anos, é válido ressaltar que a previsibilidade do tratamento endodôntico

continua sendo a mesma, uma vez que o objetivo principal da terapia endodôntica visa à eliminação bacteriana sob os mesmos princípios do preparo do canal radicular. No entanto, a instrumentação automatizada veio assim facilitar a preservação da forma original do canal, e os instrumentos recíprocos tem mostrado eficácia na redução do tempo operatório em canais radiculares atrésicos e curvos. Além disso, essa técnica permite a realização de procedimentos endodônticos em curtos períodos, mantendo a qualidade e segurança do preparo, bem com reduzindo a fadiga do profissional, dos pacientes e dos instrumentos.

REFERÊNCIAS

- BAGO, I. et al., Evaluation of filling material remnants after basic preparation, apical enlargement and final irrigation in retreatment of severely curved root canals in extracted teeth. *International Endodontic Journal*, v.53, n.7, p. 962-973, 2020; DOI: 10.1111 / iej.13287
- BERUTTI, E. et al., Influence of Manual Preflaring and Torque on the Failure Rate of ProTaper Rotary Instruments. *Journal of Endodontics*, v.30, n.4, p.228-230, 2004.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Conselho Nacional de Saúde. Resolução n. 466, de 12 de dezembro de 2012. Aprova diretrizes e normas regulamentadoras de pesquisas envolvendo seres humanos. Brasília, Diário Oficial da União, 12 dez. 2012
- BURKLEIN, S. et al., Shaping ability and cleaning effectiveness of two single-file systems in severely curved root canals of extracted teeth: Reciproc and WaveOne versus Mtwo and ProTaper. *International Endodontic Journal*, v.45, n.5, p.449- 461, 2012.
- BURKLEIN, S.; BÖRJES, L.; SCHAFER, E. Comparison of preparation of curved root 41 canals with Hyflex CM and Revo-S rotary nickel–titanium instruments. *International Endodontic Journal*, v.47, n.5, p.470-476, 2013.
- CAMPOS et al., Sistemas Rotatórios e Recíprocos na Endodontia. *Revista Campo do Saber*, v.4, n.5, p.189-212, 2018.

CONSTANTE, IGT.; ALBERGARIA, S.; MOURA, AAM. Estudo comparativo das alterações anatômicas promovidas pelas técnicas do Preparo Progressivo, Escalonada e Seriada em canais méso-vestibulares de dentes molares inferiores com curvatura severa, *Revista do Instituto de Ciências da Saúde*. v.24, n. 3, p. 207-214, 2006.

DE-DEUS, G. et al., Extended cyclic fatigue life of F2 ProTaper instruments used in reciprocating movement. *International Endodontic Journal*, v.43, n.12, p. 1063- 1068, 2010.

DE-DEUS, G. et al., The ability of the Reciproc R25 instrument to reach the full root canal working length without a glide path. *International Endodontic Journal*, v. 46, n. 10, p. 993-998, 2013.

DELAI, D. et al., Efficacy of a thermally treated single file compared with rotary systems in endodontic retreatment of curved canals: a micro-CT study. *Clinical Oral Investigations*, v. 23, p. 1837-1844, 2018.

DE MARTIN, G.; AZEREDO, RA. Análise do preparo de canais radiculares utilizando-se a diafanização. *Revista de Odontologia da UNESP*, v. 43, n. 2, p.111-118, 2014.

DRUKTEINIS, S. et al., Shaping Ability of BioRace, ProTaper Next and Genius Nickel Titanium Instruments in Curved Canals of Mandibular Molars: a Micro-CT Study, *International Endodontic Journal*, 2019.

ELASHIRY, M.; SABER, SE.; ELASHRY, SH. Comparison of Shaping Ability of Different Single-File Systems Using Microcomputed Tomography. *European Journal of Dentistry*, 2020. DOI: 10.1055/s-0040-1701393

FERREIRA F. et al., Movement kinematics and cyclic fatigue of NiTi rotary instruments: a systematic review. *International Endodontic Journal*. v.50, n.2, p. 143-152, 2016.

FUKUMORI, Y. et al., Comparative analysis of mechanical properties of differently tapered nickel-titanium endodontic rotary instruments. *Dental Materials Journal*, v.37, n.4, p.667-674, 2018.

GAVINI, G. et al., Nickel-titanium instruments in endodontics: a concise review of the state of the art. *Braz. Oral Res*, v.32, 2018.

GUNES, B.; YETER, KY. Effects of Different Glide Path Files on Apical Debris Extrusion in Curved Root Canals. *Journal of Endodontic*, v. 44, n. 7, p. 1191-1194, 2018.

GUTMANN, JL.; GAO, Y. Alteration in the inherent metallic and surface properties of nickel–titanium root canal instruments to enhance performance, durability and safety: a focused review. *International Endodontic Journal*, v.45, n.2, p.113-128, 2011.

HAMDY, TM. et al., Evaluation of Flexibility, Microstructure and Elemental Analysis of Some Contemporary Nickel-Titanium Rotary Instruments. *Journal of Medical Sciences*, v.7, n.21, p.3647-3654, 2019.

HARGREAVES, K.; COHEN, S. *Caminhos da polpa*. 10ª ed. Mosby Elsevier, 2011.

HTUN, PH. Et al., Comparison of torque, force generation and canal shaping ability between manual and nickel-titanium glide path instruments in rotary and optimum glide path motion. *Odontology*, v.108, n.2, p. 188-193, 2019.

KIMURA, S. et al., Effect of Optimum Torque Reverse Motion on Torque and Force Generation during Root Canal Instrumentation with Crown-down and Single-length Techniques. *Journal of Endodontics*, v.46, n. 2, p. 232-237, 2019.

KOWALCZUCK, A.; BATISTA, A. Influência do comprimento das limas na qualidade do preparo do canal radicular. *Dental Press Endod.*, v.7, n.1, p.92-96, 2017.

LABABIDI, EA. Discuss the impact technological advances in equipment and materials have made on the delivery and outcome of endodontic treatment. *Australian Endodontic Journal*, v.39, n.3, p.92-97, 2013.

LABBAF, H. et al., An In vitro Comparison of Apically Extruded Debris Using Reciproc, ProTaper Universal, Neolix and Hyflex in Curved Canals. *Iranian Endodontic Journal*, v.12, n.3, p. 307-311, 2017.

LEONARDO, MR. LEONARDO, RT. *Sistemas Rotatórios em Endodontia: instrumentos de Níquel-Titânio*. 1ª ed. São Paulo: Artes Médicas, 2002.

LEONARDO, MR. *Endodontia: tratamento de canais radiculares: princípios técnicos e biológicos*. 2ª ed. São Paulo: Artes Médicas, 2008.

MCSPADDEN, JT. *Dominando a Instrumentação Endodôntica*. Cloudland Institute, 2007.

MAMEDE-NETO, I. et al., Multidimensional Analysis of Curved Root Canal Preparation Using Continuous or Reciprocating Nickel-titanium Instruments. *The Open Dentistry Journal*, v. 12, p. 32-45, 2018.

MONSARRAT, P. et al., Interrelationships in the Variability of Root Canal Anatomy among the Permanent Teeth: A Full-Mouth Approach by Cone-Beam CT. *Journal. pone*, v.11, n.10, p.1-13, 2016.

NG, Y-L. et al., Outcome of primary root canal treatment: systematic review of the literature – Part 2. Influence of clinical factors. *International Endodontic Journal*, v.41, n.1, p.6-31, 2007.

PEREIRA, ESJ. et al., Physical and mechanical properties of a thermomechanically treated NiTi wire used in the manufacture of rotary endodontic instruments. *International Endodontic Journal*, v.45, n.5, p.469-474, 2012.

PEREIRA, ESJ. et al., In Vitro Assessment of Torque and Force Generated by Novel ProTaper Next Instruments during Simulated Canal Preparation. *Journal of Endodontics*, v.39, n.12, p.1615-1619, 2013.

PINTO, JC. et al., Micro-CT evaluation of apical enlargement of molar root canals using rotary or reciprocating heat- treated NiTi instruments. *Journal of Applied Oral Science*, 2019. DOI:10.1590/1678-7757-2018-0689

PIRES, LB. et al., Avaliação radiográfica do desvio apical de canais radiculares curvos após emprego da instrumentação manual e rotatória. *Revista Sul-Brasileira de Odontologia*, v.6, n.3, p.279-285, 2009.

RUDDLE, C. Endodontic Canal Preparation: WaveOne Single-File Technique. *Advanced Endodontics*. 2012.

SANTOS, AMS. et al., Foraminal Deformation after Foraminal Enlargement with Rotary and Reciprocating Kinematics: A Scanning Electronic Microscopy Study. *Journal of Endodontics*, v. 44, n. 1, p. 145-148, 2018.

SHEN, Y. et al., Current Challenges and Concepts of the Thermomechanical Treatment of Nickel-Titanium Instruments. *Journal of Endodontics*, v.39, n.2, p.163-172, 2013.

THOMAS, JP. et al., Micro-computed Tomographic Evaluation of the Shaping Ability of WaveOne Gold, TRUShape, EdgeCoil, and XP-3D Shaper Endodontic Files in Single, Oval-shaped Canals: An In Vitro Study. *Journal of Endodontics*, v.46, n.2, p.244-251.e1, 2020.

TOPÇUOĞLU, HS. et al., Cyclic fatigue resistance of new reciprocating glide path files in 45 and 60 degree curved canals. *International Endodontic Journal*, v.51, n.9, 2018.

VARELA-PATIÑO, P. et al., Alternating versus Continuous Rotation: A Comparative Study of the Effect on Instrument Life. *Journal of Endodontics*, v.36, n.1, p.157-159, 2010.

VERSIANE, MA. et al., Micro-computed Tomographic Evaluation of the Shaping Ability of XP-endoShaper, iRaCe, and EdgeFile Systems in Long Oval-shaped Canals. *Journal of Endodontics*, v. 44, n. 3, p. 489-495, 2017

WEBBER, J. et al., The WaveOne single-file reciprocating system. *Roots*, v. 1, n. 28-33, p. 28-33, 2011.

YARED, G. Canal preparation using only one Ni-Ti rotary instrument: preliminary observations. *International Endodontic Journal*, v.41, n.4, p.339-344, 2008.

YARED, G. Canal preparation using one reciprocating instrument without prior hand filing: A new concept. *International Dentistry - African Edition*, v.2, n.2, 2011.

YE, J. GAO, Y. Metallurgical Characterization of M-Wire Nickel Titanium Shape Memory Alloy Used for Endodontic Rotary Instruments during Low Cycle Fatigue. *Journal of Endodontics*, v.38, n.1, p. 105-107, 2012.