EFICIÊNCIA DOS SISTEMAS RECIPROCANTES VERSUS ROTATÓRIOS NA INSTRUMENTAÇÃO ENDODÔNTICA: UMA COMPARAÇÃO ATUALIZADA

EFFICIENCY OF RECIPROCATING VERSUS ROTARY SYSTEMS IN ENDODONTIC INSTRUMENTATION: AN UPDATED COMPARISON

DOI: https://doi.org/10.56238/rebeisv1n10-008

Data de submissão: 01/05/2026 **Data de Publicação:** 27/08/2026

Mariana Cristina Lange[1]
Tayna Dietrich de Souza[2]
Leticia Cristina Müller[3]

RESUMO: A instrumentação dos canais radiculares é uma etapa fundamental do tratamento endodôntico, sendo diretamente responsável pela limpeza, modelagem e desinfecção do sistema de canais. Com a introdução dos instrumentos de níquel-titânio (NiTi) e o desenvolvimento de diferentes cinemáticas, destacam-se os sistemas rotatórios contínuos e reciprocantes, amplamente utilizados na prática clínica contemporânea. O presente estudo teve como objetivo comparar a eficiência desses sistemas na instrumentação endodôntica, considerando parâmetros como tempo operatório, resistência à fadiga cíclica, capacidade de modelagem, extrusão de detritos, dor pós-operatória e manutenção da anatomia do canal radicular. Trata-se de uma revisão de literatura narrativa, de abordagem qualitativa, baseada em buscas nas bases PubMed, SciELO, ScienceDirect, Google Scholar e LILACS, utilizando descritores relacionados à endodontia e instrumentação mecanizada. Os achados demonstram que os sistemas reciprocantes apresentam vantagens relacionadas à redução do tempo clínico e maior resistência à fadiga cíclica, enquanto os sistemas rotatórios oferecem maior controle na modelagem e previsibilidade do preparo. Em relação à limpeza biomecânica, dor pós-operatória e extrusão de detritos, ambos os sistemas apresentam desempenho semelhante quando associados a protocolos adequados de irrigação. Conclui-se que não há superioridade absoluta entre as cinemáticas, sendo a escolha dependente de fatores clínicos, anatômicos e da experiência do operador, reforçando a necessidade de uma abordagem individualizada na prática endodôntica.

Palavras-chaves: Endodontia. Preparo do Canal Radicular. Ligas de Níquel-Titânio. Instrumentos endodônticos.

ABSTRACT: Root canal instrumentation is a fundamental step in endodontic treatment, directly responsible for the cleaning, shaping, and disinfection of the root canal system. With the introduction of nickel–titanium (NiTi) instruments and the development of different kinematics, rotary and reciprocating systems have become widely used in contemporary clinical practice. This study aimed to compare the

[1] Acadêmica do Curso de Odontologia do Centro Universitário Univel.
[2] Acadêmica do Curso de Odontologia do Centro Universitário Univel.
[3] Cirurgiã Dentista Unipar-Cascavel. Especialista em Endodontia (ABO Asssociação Brasileira de Odontologia Regional de Cascavel - PR). Mestre em Odontologia pela Universidade Estadual do Oeste do Paraná - Cascavel. Docente no Centro Universitário Univel - Cascavel - PR no curso de Odontologia.

efficiency of these systems in endodontic instrumentation, considering parameters such as operative time, cyclic fatigue resistance, shaping ability, debris extrusion, postoperative pain, and maintenance of root canal anatomy. This is a narrative literature review with a qualitative approach, based on searches conducted in PubMed, SciELO, ScienceDirect, Google Scholar, and LILACS databases, using descriptors related to endodontics and mechanized instrumentation. The findings indicate that reciprocating systems present advantages related to reduced clinical time and greater resistance to cyclic fatigue, whereas rotary systems provide better control and predictability during canal shaping. Regarding biomechanical cleaning, postoperative pain, and debris extrusion, both systems show similar performance when associated with appropriate irrigation protocols. It is concluded that there is no absolute superiority between the kinematics, and the choice should be based on clinical, anatomical, and operator-related factors, reinforcing the need for an individualized approach in endodontic practice.

Keywords: Endodontics. Root Canal Preparation. Nickel-Titanium Alloys. Endodontic Instruments.

1 INTRODUÇÃO

A endodontia é a especialidade odontológica que trata dos sistemas de canais radiculares, suas doenças e lesões, e tem como objetivo principal a desinfecção eficiente do sistema de canais radiculares, com manutenção da anatomia original e redução de erros iatrogênicos, portanto, a instrumentação dos canais radiculares é uma etapa fundamental no tratamento endodôntico, sendo responsável pela modelagem e limpeza do sistema de canais para posterior obturação tridimensional (Schilder, 1974).

Com os avanços tecnológicos na Endodontia, os instrumentos de níquel-titânio (NiTi) foram introduzidos no final da década de 1980, apresentando propriedades superiores às limas de aço inoxidável, como maior flexibilidade e resistência à fadiga cíclica, o que favorece o preparo de canais radiculares com curvaturas acentuadas (Walia; Brantley; Gerstein, 1988; Peters, 2004; Shen et al., 2013).

Os sistemas de instrumentação rotatória mecanizada trouxeram maior previsibilidade, agilidade e segurança ao preparo endodôntico, promovendo modelagens mais centradas e com menor risco de desvios ou transporte apical (Peters, 2004). Esses sistemas utilizam movimentos contínuos de rotação e contam com diferentes conicidades e designs de lâminas que favorecem a remoção de detritos e o respeito à anatomia original do canal.

Recentemente, surgiram os sistemas de instrumentação reciprocantes, que utilizam um único instrumento com movimento alternado (reciprocante) em sentido horário e anti-horário. Este movimento visa reduzir o estresse mecânico no instrumento e minimizar o risco de fratura (Yared, 2008). Além disso, os mesmos, tornaram-se populares por sua simplicidade, economia de tempo e menor número de instrumentos necessários para a instrumentação completa do canal (Martins; Nuno; Gabriel, 2013).

Estudos comparativos demonstram que tanto sistemas rotatórios quanto reciprocantes apresentam bom desempenho na modelagem dos canais radiculares, com variações em eficiência de limpeza, desgaste dentinário e preservação da curvatura original (Schäfer; Erler; Dammaschke, 2006). A escolha entre um sistema e

outro deve considerar fatores como anatomia do canal, experiência do profissional e protocolo clínico adotado.

Dessa forma, este trabalho tem como objetivo analisar e comparar as características, vantagens e limitações dos sistemas rotatórios e reciprocantes, com base na literatura científica recente, contribuindo para a compreensão de suas aplicações na prática clínica endodôntica.

2 METODOLOGIA

Para a elaboração deste estudo, foi realizada uma revisão de literatura narrativa, de abordagem qualitativa, com o objetivo de analisar e comparar a eficiência dos sistemas reciprocantes e rotatórios na instrumentação endodôntica.

As buscas foram conduzidas em bases de dados eletrônicas reconhecidas na área da saúde, incluindo PubMed, SciELO, Periódicos CAPES, ScienceDirect e Google Scholar.

Os critérios de seleção dos artigos basearam-se na relevância científica, relação direta com o tema proposto e atualidade das publicações, priorizando estudos mais recentes, sem excluir trabalhos clássicos de grande importância para a fundamentação teórica.

Foram utilizados como descritores, em português e inglês, os seguintes termos: “endodontia” (endodontics), “instrumentação do canal radicular” (root canal instrumentation/preparation), “ligas de níquel-titânio” (nickel-titanium alloys), “sistemas rotatórios” (rotary systems) e “sistemas reciprocantes” (reciprocating systems), combinados entre si por meio dos operadores booleanos AND e OR.

Foram incluídos estudos que abordassem diretamente a comparação entre sistemas mecanizados de instrumentação endodôntica em NiTi, considerando aspectos como eficiência de preparo, resistência à fadiga cíclica, tempo operatório, extrusão de detritos e dor pós-operatória. Foram excluídos artigos duplicados, estudos sem acesso ao texto completo e publicações que não apresentassem relação direta com o tema.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 EVOLUÇÃO DOS SISTEMAS DE INSTRUMENTAÇÃO MECANIZADA

A instrumentação dos canais radiculares é uma etapa fundamental na endodontia, sendo responsável pela remoção do conteúdo pulpar, modelagem do canal e preparo para obturação. Historicamente, esse processo era realizado com instrumentos manuais, como limas tipo K (Kerr) e Hedstroem, feitas de aço inoxidável. Apesar de serem eficazes, esses instrumentos apresentavam algumas limitações em canais curvos, favorecendo a ocorrência de desvios, transporte apical ou até perfurações, devido à sua rigidez (Schilder, 1974).

Em busca de maior segurança e eficiência nos tratamentos endodônticos, a década de 1990 marcou um grande avanço com a introdução dos instrumentos feitos em liga de níquel-titânio (NiTi). Esses instrumentos apresentavam propriedades mecânicas superiores, como maior flexibilidade, memória de forma e resistência à fadiga cíclica, se tornando especialmente úteis na instrumentação de canais curvos e estreitos. Com isso, o uso da instrumentação mecanizada rotatória se consolidou, pois, além de melhorar a performance clínica, reduziu o tempo operatório e a fadiga do operador (Walia; Brantley; Gerstein, 1988)

Os sistemas rotatórios NiTi evoluíram rapidamente, com o surgimento de marcas como ProTaper®, Mtwo®, K3®, entre outras. Porém, apesar de suas vantagens, os instrumentos rotatórios ainda estavam sujeitos à fratura por fadiga cíclica e torsão, principalmente em canais acentuadamente curvos ou calcificados. Isso levou ao desenvolvimento de novas cinemáticas que pudessem reduzir os riscos mecânicos (HAAPASALO et al., 2015).

Assim surgiram os sistemas com movimento reciprocante, introduzidos comercialmente a partir de 2008, destacando as marcas WaveOne®, Reciproc® e posteriormente o ProDesign R®. Os mesmos, diferem da rotação continua dos sistemas convencionais, esses instrumentos realizam movimentos alternados de vai-e-volta, com ângulos diferentes em sentido horário e anti-horário, reduzindo a tensão acumulada no instrumento e diminuindo o risco de fratura. Além disso, muitos desses sistemas funcionam com lima única, otimizando o tempo clínico e simplificando o protocolo operatório (Yared, 2008).

Dessa forma, a evolução da instrumentação endodôntica reflete uma busca constante de técnicas que juntem eficiência clínica, segurança do instrumento e respeito a anatomia original do canal radicular (Peters, 2004).

3.2 PROPRIEDADES METALÚRGICAS DAS LIMAS DE NITI

Os instrumentos fabricados em liga de níquel-titânio (NiTi) representam um dos maiores avanços na endodontia moderna. A liga NiTi é composta, em geral, por aproximadamente 56% de níquel e 44% de titânio, e apresenta propriedades únicas como a superelasticidade e a memória de forma, que as diferenciam das ligas metálicas tradicionais, como o aço inoxidável (Walia; Brantley; Gerstein, 1988).

Essas propriedades derivam das transformações de fase entre as estruturas cristalinas austenita e martensita, que ocorrem sob a influência da temperatura e/ou tensão mecânica. A fase austenítica é rígida e acontece em temperaturas mais altas, enquanto a martensita é mais maleável e estável em temperaturas mais baixas ou sob estresse mecânico. Essa capacidade de mudar de forma e retornar ao estado original permite que as limas NiTi se adaptem a curvaturas severas dos canais radiculares, com menor risco de desvios ou transporte apical (Peters, 2004).

Com o avanço da tecnologia, foram desenvolvidos diversos tratamentos térmicos aplicados à liga NiTi, resultando em variações metalúrgicas que melhoram o desempenho clínico dos instrumentos. Entre os principais tratamentos se destacam:

- M-Wire®: submetido a um processo de aquecimento controlado que resulta em maior flexibilidade e resistência à fadiga cíclica em comparação com a liga NiTi convencional (Zhu et al., 2016);
- Gold-Wire® e Blue-Wire®: apresentam um acabamento superficial com coloração característica, resultado de tratamentos térmicos adicionais. Essas ligas possuem um maior conteúdo de fase martensítica, o que proporciona maior flexibilidade e controle, reduzindo o risco de fratura (Gavini et al., 2018; Zupanc et al., 2018);
- R-Phase®: caracteriza-se pela presença de uma fase intermediária entre martensita e austenita, que também contribui para a melhora da resistência e adaptação anatômica (Thompson, 2000; Zupanc et al., 2018).

Essas modificações na estrutura cristalina aumentam significativamente a resistência à fadiga cíclica, que é um dos principais mecanismos de falha dos instrumentos mecanizados. Este tipo de fadiga ocorre quando a lima realiza

movimentos repetidos em canais curvos, levando à formação de microtrincas e eventual fratura do instrumento. Por isso, instrumentos com tratamento térmico tendem a suportar maior número de ciclos antes da ruptura, sendo, portanto, mais seguros (Kim et al., 2012).

Além disso, a resiliência à fratura torsional também é crucial, especialmente em canais estreitos ou calcificados, onde a ponta do instrumento pode travar e sofrer torque excessivo. Limas com ligas tratadas termicamente apresentam melhor desempenho mecânico, tanto em resistência à torção quanto em flexibilidade, que contribui para a longevidade do instrumento e segurança do procedimento (Gambarini et al., 2020).

Portanto, a escolha do tipo de liga e do tratamento térmico associado às limas de NiTi deve ser considerada com atenção pelo profissional, uma vez que, pode influenciar diretamente na eficácia, segurança e previsibilidade do tratamento endodôntico (Plotino et al., 2017).

3.3 DIFERENÇAS TÉCNICAS ENTRE SISTEMAS ROTATÓRIOS E RECIPROCANTES

A instrumentação mecanizada dos canais radiculares tem se baseado principalmente em ligas NiTi, devido à sua flexibilidade e resistência superiores comparado às limas de aço inoxidável. Dentro dessa abordagem mecanizada, se destacam dois principais tipos de sistemas: os sistemas rotatórios e os sistemas reciprocantes. A principal diferença entre eles está na cinemática do movimento e nas estratégias de preparo do canal radicular (Hülsmann et al., 2005; Haapasalo et al., 2015).

Nos sistemas rotatórios eles operam por rotação continua a 360°, geralmente no sentido horário. Esse movimento proporciona um corte mais suave e controlado da dentina, o que favorece um formato cônico ideal do canal radicular. Como vantagem, há melhor centralização do preparo e uma modelagem eficiente, principalmente quando se utiliza uma sequência de instrumentos com diâmetros e conicidades progressivos (Schäfer et al., 2006). Contudo, esse tipo de movimento apresenta maior risco de fratura por fadiga torsional, especialmente em canais curvos, onde o instrumento pode travar (Kim et al., 2012).

Já os sistemas reciprocantes operam com movimentos alternados de rotação: geralmente um maior ângulo em sentido anti-horário (por exemplo, 150° conterclockwise) seguido de um ângulo menor no sentido horário (por exemplo, 30° clockwise). Essa alternância imita os movimentos de inserção e retirada utilizados na instrumentação manual, permitindo melhor progressão em canais curvos ou calcificados (De-Deus et al., 2013; Victor et al., 2020). A principal vantagem clínica desse sistema é a redução da fadiga cíclica, resultando em menor risco de fratura do instrumento. Porém, alguns estudos indicam que esse tipo de movimento pode causar maior desgaste dentinário ou desvio do canal em determinadas anatomias (Martins; Nuno; Gabriel, 2013).

Além disso, os sistemas rotatórios normalmente requerem o uso de múltiplas limas em sequência, o que pode demandar maior tempo clínico e maior experiência por parte do operador. Já os sistemas reciprocantes, como Reciproc® (VDW, Munique, Alemanha), WaveOne® (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Suíça) e ProDesign R® (Easy Equipamentos Odontológicos, Belo Horizonte, MG, Brasil), frequentemente utilizam uma única lima para completar todo o preparo, assim, simplificando o protocolo clínico e reduzindo o tempo de trabalho (De-Deus et al., 2013).

A tabela a seguir resume as principais diferenças técnicas entre os dois sistemas.

Tabela 1 – Principais diferenças técnicas entre o sistema rotatório e o sistema reciprocante

Aspecto	Sistema Rotatório	Sistema Reciprocante
Movimento	Rotação contínua (360°)	Alternância de rotação (ex.: 150° CCW / 30° CW)
Vantagem principal	Corte suave e controle do formato	Menor fadiga cíclica e risco reduzido de fratura
Limitação	Maior risco de fratura torsional	Possível maior desgaste dentinário em alguns casos
Instrumentos típicos	ProTaper® (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Suíça), Mtwo® (VDW, Munique, Alemanha), One Curve® (Micro-Mega, Besançon, França), HyFlex®(Coltene/Whaledent, Altstätten, Suíça)	Reciproc® (VDW, Munique, Alemanha), WaveOne® (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Suíça), ProDesign R® (Easy Equipamentos Odontológicos, Belo Horizonte, MG, Brasil)

. Fonte: Elaboração própria com base em De-Deus *et al*. (2015), De Pedro-Muñoz *et al.* (2024), Yared (2008), Schilder (1974), e Victor *et al.* (2020).

Portanto, a escolha entre os sistemas deve considerar não apenas o desempenho mecânico, mas também a anatomia do canal radicular, o nível de complexidade do caso e a experiência clínica do profissional (Hülsmann et al., 2005).

3.4 EFICIÊNCIA DE CORTE E MODELAGEM DO CANAL

A eficiência de corte e a capacidade de modelagem tridimensional do sistema de instrumentação endodôntica são aspectos fundamentais para o sucesso do tratamento, já que influenciam diretamente na remoção de tecido contaminado e na preservação da anatomia do canal radicular (Peters, 2004).

Estudos com microtomografia computadorizada (micro-CT) tem demonstrado que tanto os sistemas rotatórios quanto os reciprocantes são eficazes na conformação dos canais, embora apresentem diferenças em relação à quantidade de dentina removida e à preservação da curvatura original (Schäfer; Erler; Dammaschke, 2006).

Os sistemas reciprocantes, devido ao seu movimento oscilatório e uso de lima única, tendem a remover mais dentina na região apical, o que pode favorecer a desobstrução, mas também aumentar o risco de enfraquecimento da estrutura dental (Versiani; Pécora; Sousa-Neto, 2011). Em contrapartida, os sistemas rotatórios, quando utilizados com sequência adequada, demonstram melhor centralização do preparo, mantendo mais fielmente a curvatura do canal e reduzindo o risco de transporte apical (Silva et al., 2016).

A eficiência de corte está diretamente relacionada ao design da lima, incluindo variáveis como:

- Ângulo de hélice (que influencia na remoção de detritos) (Schäfer, 1999);
- Profundidade da flauta (canal que retém os resíduos dentinários) (Schäfer, 1999);
- Presença de ponta ativa ou inativa (afetando a penetração inicial no canal) (Schäfer, 1999).

Cada sistema possui características distintas nesse aspecto, o que pode justificar as variações observadas em desempenho clínico e laboratoriais (HÜLSMANN et al., 2005).

3.5 RESISTÊNCIA À FRATURA DOS INSTRUMENTOS

A fratura de instrumentos endodônticos é uma das complicações mais temidas durante o tratamento, podendo comprometer o sucesso terapêutico e dificultar o retratamento. A principal causa está relacionada à fadiga cíclica, fenômeno mecânico que ocorre quando o instrumento é submetido a ciclos repetitivos de tensão e compressão, principalmente em canais curvos (Kim et al., 2012).

Nesse contexto, os sistemas reciprocantes apresentam uma vantagem mecânica significativa. Devido ao movimento alternado com ângulos assimétricos, ocorre menor acúmulo de estresse torsional, o que prolonga a vida útil do instrumento e reduz a probabilidade de fratura durante o uso clínico (Yared, 2008). Estudos laboratoriais comparativos demonstram que limas reciprocantes, como Reciproc® e WaveOne®, apresentam maior resistência à fadiga cíclica, especialmente em canais com curvaturas acentuadas (DE-DEUS et al., 2010).

Além do tipo de movimento, a resistência à fratura também depende da metalurgia do instrumento. Limas fabricadas com ligas termicamente tratadas (como CM-Wire, Gold-Wire, Blue-Wire) demonstram desempenho superior tanto em resistência torsional quanto em fadiga cíclica, independentemente do tipo de cinemática utilizada (ZUPANC et al., 2018).

Portanto, a escolha do sistema deve levar em consideração não apenas a eficiência de corte, mas também a segurança mecânica do instrumento, especialmente em casos de anatomias complexas (Hülsmann et al., 2005).

3.6 CAPACIDADE DE LIMPEZA E DESINFECÇÃO

A limpeza biomecânica constitui uma das etapas mais importantes do tratamento endodôntico, sendo responsável pela remoção de microrganismos, tecidos necróticos e detritos do interior do sistema de canais radiculares. Sua eficácia depende da interação entre a ação química das soluções irrigadoras e a instrumentação mecânica. Atualmente, destacam-se dois sistemas principais de instrumentação mecanizada em níquel-titânio (NiTi): o sistema rotatório contínuo e o sistema reciprocante, que diferem entre si quanto ao movimento, ao tempo de preparo e ao comportamento mecânico dentro do canal (Haapasalo et al., 2015; De-Deus et al., 2015).

O sistema rotatório contínuo, exemplificado pelo ProTaper Next (PTN), opera em movimento rotacional constante, utilizando uma sequência de limas com conicidades e geometrias específicas. Esse sistema apresenta elevada flexibilidade e previsibilidade, resultando em menor número de paredes não tocadas e melhor manutenção da anatomia original do canal, especialmente em canais curvos. Além

disso, o movimento contínuo proporciona uma ação de corte eficiente, o que favorece a eliminação de detritos e melhora a penetração das soluções irrigadoras, contribuindo para uma limpeza mais efetiva (Sesar et al. 2024).

Já o sistema reciprocante, representado pelo Wave One Gold (WOG), utiliza um único instrumento que realiza movimentos alternados (horário e anti-horário), o que reduz o tempo clínico e o número de limas necessárias. Entre suas vantagens estão a maior resistência à fadiga cíclica, maior flexibilidade e simplificação do procedimento. No entanto, ainda há discussões sobre se o uso de apenas uma lima seria suficiente para alcançar uma desinfecção intracanal equivalente à obtida com sistemas rotatórios convencionais (Yared, 2008; Plotino et al., 2017).

Em estudo clínico randomizado realizado por Sesar et al. (2024), foram comparadas as eficácias antimicrobianas dos sistemas rotatório (PTN) e reciprocante (WOG) em dentes com necrose pulpar e periodontite apical tratados em sessão única. Os resultados demonstraram redução significativa na contagem bacteriana (unidades formadoras de colônia – UFCs) após a instrumentação química mecânica e o protocolo final de irrigação em ambos os grupos, sem diferença estatisticamente significativa entre eles. Nenhum dos métodos foi capaz de eliminar completamente as bactérias intracanais, mas ambos apresentaram desempenho semelhante em termos de limpeza biomecânica.

Outros estudos, como os de Xavier et al. (2023) e Machado et al. (2022), que também observaram reduções bacterianas semelhantes entre os sistemas rotatório e reciprocante. Esses autores destacam que o fator determinante para o sucesso da limpeza biomecânica está mais relacionado à adequada irrigação com hipoclorito de sódio e à sua renovação durante a instrumentação do que à cinemática do instrumento propriamente dita.

Assim, conclui-se que, embora o sistema rotatório proporcione modelagem mais previsível e o reciprocante ofereça maior praticidade e economia de tempo, ambos apresentam eficácia semelhante na limpeza biomecânica do canal radicular, desde que utilizados com protocolos adequados de irrigação e desinfecção. A escolha do sistema deve, portanto, considerar aspectos clínicos como o tempo disponível, a complexidade anatômica do canal, a experiência do profissional e o custo-benefício do material, sem prejuízo da qualidade do tratamento endodôntico (Hülsmann et al., 2005; Plotino et al., 2017).

3.7 MANUTENÇÃO DA ANATOMIA DO CANAL

A preservação da anatomia original do canal radicular é um dos principais objetivos da instrumentação endodôntica, uma vez que alterações significativas em sua forma podem comprometer o selamento apical e favorecer a ocorrência de falhas no tratamento. Nesse contexto, sistemas mecanizados, sejam de movimento rotatório contínuo ou reciprocante, têm sido amplamente estudados quanto à sua capacidade de modelagem e manutenção da trajetória original do canal, especialmente em dentes com curvaturas acentuadas (Schilder, 1974; Peters, 2004).

Estudos in vitro têm demonstrado que tanto os sistemas rotatórios, como o ProTaper Universal (PTU) e o ProTaper Next (PTN), quanto os reciprocantes, como o WaveOne Gold (WOG), são capazes de realizar a instrumentação de forma eficiente, promovendo mínima alteração na morfologia apical após o retratamento endodôntico. Contudo, diferenças sutis na capacidade de centralização (CC) e no transporte apical (TA) têm sido observadas entre os sistemas (SILVA et al., 2016).

O sistema ProTaper Next, fabricado em liga M-Wire, apresenta maior flexibilidade e menor risco de fraturas por fadiga cíclica quando comparado ao ProTaper Universal, o que contribui para uma instrumentação mais segura em canais curvos. Já o sistema WaveOne Gold, confeccionado a partir de uma liga com tratamento térmico avançado, demonstra excelente resistência à fadiga e adaptação às curvaturas do canal, favorecendo o controle do transporte apical (Suzuki et al. 2022).

A direção predominante do transporte foi a mesial, o que pode ser explicado pela anatomia radicular e pelo comportamento mecânico dos instrumentos, que tendem a se deslocar em direção à parede externa da curvatura, especialmente em canais mésio-bucais de molares inferiores, sendo essa tendência associada à curvatura e ao raio radicular (Victor et al., 2020).

De modo geral, os sistemas reciprocantes e rotatórios contínuos mostraram desempenho semelhante na manutenção da forma original do canal radicular, desde que associados a protocolos adequados de irrigação e reinstrumentação. O movimento reciprocante, entretanto, oferece a vantagem de menor estresse mecânico sobre o instrumento e melhor adaptação em curvaturas acentuadas, o que o torna uma alternativa segura e eficiente, especialmente durante o retratamento endodôntico (Plotino et al., 2017; Yared, 2008).

3.8 TEMPO OPERATÓRIO E CONFORTO CLÍNICO (DOR PÓS-OPERATÓRIA)

O tempo operatório e o conforto clínico representam aspectos fundamentais na escolha do sistema de instrumentação endodôntica, pois influenciam diretamente tanto a eficiência do profissional quanto a experiência do paciente durante e após o tratamento. A busca por técnicas que reduzam o tempo clínico, sem comprometer a segurança e a qualidade da instrumentação, tem levado ao desenvolvimento de sistemas de cinemática reciprocante, como o WaveOne Gold, em comparação com os sistemas rotatórios contínuos tradicionais, como o ProTaper Gold (DE-DEUS et al., 2010).

De acordo com o estudo clínico de Chaudhary, Alam e Hossain (2021), o sistema reciprocante demonstrou redução significativa do tempo de preparo do canal radicular em relação ao sistema rotatório contínuo. Essa diferença foi estatisticamente relevante ($p < 0,001$), evidenciando que a utilização de uma única lima (sistema single-file) simplifica o protocolo de instrumentação, reduzindo o número de trocas de instrumentos e, consequentemente, o tempo total de trabalho clínico. Tal característica confere vantagens práticas, especialmente em casos de múltiplos canais ou quando o paciente apresenta limitações de tempo ou desconforto em sessões prolongadas.

Embora o sistema reciprocante tenha mostrado maior eficiência temporal, não foram observadas diferenças significativas quanto à dor pós-operatória entre os grupos testados. Os pacientes relataram níveis semelhantes de desconforto nas primeiras 24 a 48 horas após o procedimento, com declínio progressivo até o sétimo dia. Além disso, a quantidade de analgésicos ingerida e a duração do desconforto não variaram de forma estatisticamente significativa entre os sistemas rotatório e reciprocante. Esses achados indicam que a redução do tempo operatório proporcionada pelo sistema reciprocante não compromete o conforto clínico do paciente (Santos et al., 2021; Chaudhary; Alam; Hossain, 2021).

Outro ponto relevante destacado pelos autores é a semelhança na segurança operacional entre os dois sistemas. A incidência de erros de procedimento, como

degraus (ledging), transporte apical, perfurações ou fraturas instrumentais, foi considerada estatisticamente insignificante. Isso demonstra que tanto os sistemas rotatórios quanto os reciprocantes podem ser utilizados com segurança clínica equivalente, desde que respeitados os protocolos de irrigação, torque e velocidade recomendados pelos fabricantes (De-Deus et al., 2013; Schäfer et al., 2006).

Portanto, conclui-se que os sistemas reciprocantes oferecem vantagens operatórias, especialmente em termos de agilidade e simplificação da técnica, sem prejuízo da eficácia clínica, do conforto do paciente ou da segurança do procedimento. Em contrapartida, os sistemas rotatórios contínuos, embora demandem maior tempo de preparo devido à utilização sequencial de instrumentos, permitem um controle mais progressivo da modelagem do canal, podendo ser indicados em situações que exigem maior refinamento anatômico (Yared, 2008; Hülsmann; Peters; Dummer, 2005).

Dessa forma, a escolha entre as duas cinemáticas deve considerar não apenas a preferência e experiência do profissional, mas também o perfil do paciente e a complexidade anatômica do caso. Em ambos os sistemas, o equilíbrio entre eficiência operatória e conforto clínico permanece como um dos principais objetivos da prática endodôntica contemporânea (Haapasalo et al., 2015).

3.9 EVIDÊNCIAS RECENTES E TENDÊNCIAS FUTURAS

3.9.1 Desenvolvimento de Sistemas Inteligentes com Sensores de Torque e Controle de Velocidade Automatizado.

Nos últimos anos, o avanço tecnológico na Endodontia tem se voltado para o desenvolvimento de sistemas inteligentes de instrumentação mecanizada, capazes de integrar sensores de torque e mecanismos automáticos de controle de velocidade. Esses dispositivos têm como principal objetivo aumentar a segurança, eficiência e previsibilidade do preparo biomecânico, reduzindo o risco de fratura das limas e melhorando o desempenho clínico de operadores com diferentes níveis de experiência (Koch; Brave, 2017).

De acordo com o estudo “Motors vs. operators in simulated root canal shaping” (Hofpeter et al. 2025), a incorporação de algoritmos automatizados de controle de torque e velocidade em motores endodônticos possibilitou resultados equivalentes ou superiores aos obtidos por operadores humanos experientes, mesmo em simulações clínicas complexas. Os sistemas avaliados foram capazes de ajustar dinamicamente a velocidade de rotação e o torque aplicado conforme a resistência encontrada no interior do canal radicular, minimizando o estresse sobre a lima e o risco de deformações ou fraturas instrumentais.

Essa inovação tecnológica marca uma nova fase na instrumentação endodôntica, aproximando a prática clínica da automação inteligente. Além da padronização do movimento e da redução da variabilidade humana, os motores inteligentes oferecem feedback em tempo real, permitindo ao profissional monitorar parâmetros críticos durante a instrumentação, como torque, pressão e tempo de contato. Tais recursos favorecem não apenas a segurança do procedimento, mas também o aprendizado do operador, que passa a compreender melhor o comportamento das limas em diferentes condições clínicas (Hofpeter et al. 2025).

O desenvolvimento contínuo desses sistemas sugere uma tendência de integração com tecnologias digitais mais amplas, como inteligência artificial e aprendizado de máquina, com o intuito de criar dispositivos capazes de auto ajustar sua cinemática em função das características anatômicas específicas de cada dente.

Dessa forma, a Endodontia caminha para uma abordagem cada vez mais personalizada, segura e tecnologicamente assistida, em que a atuação humana é complementada por sistemas automatizados de alta precisão (Schwendicke et al., 2020).

3.9.2 Tendência de Hibridação dos Sistemas

Nos últimos anos, a Endodontia tem testemunhado uma evolução significativa na cinemática dos sistemas de instrumentação mecanizada. Tradicionalmente, os sistemas rotatórios contínuos e os reciprocantes apresentavam princípios distintos de funcionamento, cada qual com vantagens e limitações próprias. Entretanto, com o avanço tecnológico e o aprimoramento dos motores endodônticos, surgiu uma tendência de hibridação, que busca unir a eficiência de corte e a capacidade de modelagem dos sistemas rotatórios à segurança e ao controle de torque dos sistemas reciprocantes (Azim et al., 2016).

O estudo de Mena-Álvarez et al. (2022), intitulado “Análise da Importância do Movimento Utilizado na Resistência de Diferentes Sistemas de Instrumentação Mecânica em Endodontia: Um Estudo Comparativo”, fornece evidências experimentais robustas sobre os benefícios dessa hibridação. A pesquisa avaliou quatro sistemas amplamente utilizados — Reciproc® (VDW GmbH, Munique, Alemanha), Reciproc Blue® (VDW GmbH, Munique, Alemanha), Wave One Gold® (Dentsply Sirona, Ballaigues, Suíça) e Procodile® (Komet Dental (Gebr. Brasseler GmbH & Co. KG), Lemgo, Alemanha) — submetidos a três modalidades de movimento: convencional reciprocante, ReFlex Dynamic® e ReFlex Smart® (VDW Silver Reciproc ou similar).

Os resultados mostraram que os movimentos inteligentes (smart motions), especialmente o ReFlex Smart®, aumentaram significativamente a resistência à fadiga cíclica dos instrumentos, quando comparados ao movimento reciprocante convencional. O Procodile ReFlex Smart® apresentou o maior tempo até a falha (aproximadamente 527 segundos), demonstrando a eficácia da integração entre a rotação contínua controlada e as interrupções automatizadas de torque, uma expressão da hibridização entre os dois tipos de cinemática (Mena-Álvarez et al., 2022).

Essa abordagem híbrida representa um avanço tecnológico importante, pois o movimento ReFlex Smart® realiza rotações de 360° interrompidas por pausas automáticas e controladas pelo software do motor EndoPilot® (Schlumbohm GmbH & Co. KG, Brokstedt, Alemanha). Esse controle adaptativo permite que o sistema reaja às variações de resistência intracanal em tempo real, reduzindo a carga torsional e o estresse sobre a lima. Dessa forma, o instrumento consegue manter a eficiência de corte característica da rotação contínua, ao mesmo tempo em que minimiza o risco de fratura, um dos principais desafios clínicos da instrumentação mecanizada (Gambarini et al., 2020).

A combinação dessas características define o conceito contemporâneo de movimento híbrido ou adaptativo, no qual o sistema alterna automaticamente entre modos de rotação e reciprocidade conforme a demanda mecânica do canal radicular. Essa inovação aumenta a longevidade dos instrumentos, melhora o controle clínico e reduz a fadiga do operador, favorecendo uma instrumentação mais previsível e segura (Haapasalo et al., 2015).

O estudo de Mena-Álvarez et al. (2022) reforça, portanto, a importância do fator movimento como uma variável crítica no desempenho dos instrumentos de NiTi. Ao

demonstrar que a cinemática inteligente supera significativamente o desempenho dos movimentos convencionais, evidencia-se uma nova geração de sistemas mecanizados híbridos, que integram princípios reciprocantes e rotatórios sob controle digital de torque e velocidade.

4 CONCLUSÃO

Com base nas evidências analisadas, conclui-se que os sistemas rotatórios e reciprocantes apresentam desempenho clínico semelhante na instrumentação endodôntica, sendo ambos capazes de promover adequada modelagem, limpeza e manutenção da anatomia do canal radicular. Os sistemas reciprocantes destacam-se pela maior resistência à fadiga cíclica e redução do tempo operatório, enquanto os rotatórios proporcionam maior controle e previsibilidade durante o preparo. No entanto, variáveis como design do instrumento, tratamento térmico da liga NiTi, protocolo de irrigação e complexidade anatômica exercem influência direta nos resultados, muitas vezes superando o impacto da cinemática isoladamente.

Dessa forma, não se estabelece uma superioridade absoluta entre os sistemas, sendo fundamental que a escolha clínica seja baseada em evidências científicas, aliada à experiência do profissional e às particularidades de cada caso. Além disso, os avanços recentes, como sistemas híbridos e motores inteligentes, indicam uma tendência de evolução contínua da instrumentação endodôntica, com foco em maior segurança, eficiência e personalização do tratamento.

5 REFERÊNCIAS

AZIM, A. A. et al. *Comparison between single-file rotary systems: part 1—efficiency, shaping ability, and debris removal.* ***Journal of Endodontics****,* v. 42, n. 5, p. 740–745, 2016.

CHAUDHARY, Govind Kumar; ALAM, Md. Shamsul; HOSSAIN, Mozammal. Eficácia clínica e segurança entre sistemas de instrumentação de canais radiculares rotatórios contínuos e reciprocantes. ***Journal of Chitwan Medical College***, v. 11, n. 37, p. 119–125, 2021.

DE-DEUS, G. et al. *A new NiTi single-file reciprocating system (Reciproc): a prospective randomized clinical trial.* ***Journal of Endodontics***, v. 38, n. 12, p. 1549–1552, 2013.

DE-DEUS, G. et al. *Resistance to cyclic fatigue of Reciproc and WaveOne instruments compared with S1 and S2 ProTaper instruments.* ***Journal of Endodontics***, v. 36, n. 9, p. 1585–1588, 2010.

DE-DEUS, Gustavo; MARINS, Juliana; SILVA, Emmanuel João Nogueira Leal; SOUZA, Erick; BELLADONNA, Felipe Gonçalves; REIS, Claudia; MACHADO, Alessandra Silveira; LOPES, Ricardo Tadeu; VERSIANI, Marco Aurélio; PACIORNIK, Sidnei; NEVES, Aline Almeida. *Accumulated hard tissue debris produced during reciprocating and rotary nickel-titanium canal preparation.* ***Journal of Endodontics****,* New York, v. 41, n. 5, p. 676–681, 2015. DOI: https://doi.org/10.1016/j.joen.2014.11.028.

DE PEDRO-MUÑOZ, Ana; RICO-ROMANO, Cristina; SÁNCHEZ-LLOBET, Patricia; MONTIEL-COMPANY, José María; MENA-ÁLVAREZ, Jesús. *Cyclic fatigue resistance of rotary versus reciprocating endodontic files: a systematic review and meta-analysis.* ***Journal of Clinical Medicine****, Basel*, v. 13, n. 3, p. 882, 2024. DOI: https://doi.org/10.3390/jcm13030882.

GAMBARINI, G. et al. *Influence of torque on nickel-titanium instruments: a review.* ***Journal of Endodontics***, 2020.

GAVINI, G. et al. *Nickel–titanium instruments in endodontics: a concise review of the state of the art.* ***Brazilian Oral Research****,* v. 32, suppl. 1, e67, 2018. DOI: https://doi.org/10.1590/1807-3107bor-2018.vol32.0067.

HAAPASALO, M. et al. ***Evolution of nickel-titanium instruments: from past to future. Endodontic Topics***, v. 29, n. 1, p. 3–17, 2015.

HOFPETER, K.; Zehnder, M.; Deari, S. ***Motors vs. operators in simulated root canal shaping. Frontiers in Dental Medicine,*** v. 6, 1617425, 2025. DOI: 10.3389/fdmed.2025.1617425.

HÜLSMANN, M.; PETERS, O. A.; DUMMER, P. M. H. ***Mechanical preparation of root canals: shaping goals, techniques and means. Endodontic Topics***, v. 10, n. 1, p. 30–76, 2005.

KIM, H. C. et al. *Torsional resistance of nickel–titanium rotary files****. Journal of Endodontics****, v*. 38, n. 12, p. 1535–1539, 2012.

KOCH, K.; BRAVE, D. *Real world endo: design features of rotary files and their clinical significance.* ***Dental Economics***, 2017.

MARTINS, J. N. R.; NUNO, V.; GABRIEL, M. R. Considerações sobre o uso de sistemas reciprocantes em endodontia. Revista Portuguesa de Estomatologia. **Medicina Dentária e Cirurgia Maxilofacial,** v. 54, n. 1, p. 48–52, 2013.

MENA-ALVAREZ, J.; Almanzor-López, M.; Quispe-López, N.; Rico-Romano, C.; De Pedro-Muñoz, A. **Análise da Importância do Movimento Utilizado na Resistência de Diferentes Sistemas de Instrumentação Mecânica em Endodontia: Um Estudo Comparativo.** Materials, v. 15, n. 13, p. 4443, 2022.

PETERS, O. A. *Current challenges and concepts in the preparation of root canal systems: a review.* ***Journal of Endodontics***, v. 30, n. 8, p. 559–567, 2004.

PLOTINO, G.; GRANDE, N. M.; MERCADÉ BELLIDO, M.; TESTARELLI, L.; GAMBARINI, G. *Influence of temperature on cyclic fatigue resistance of nickel-titanium rotary instruments: a review.* ***Journal of Endodontics*****,** v. 43, n. 5, *p. 709–717, 2017.*

SANTOS, Bárbara Thayllane da Silva; OLIVEIRA, Daniel Pinto de; BUENO, Clóvis Stephano Pereira; SILVA, Leopoldo Cosme; PEREIRA, Phillip Lucas Ricardo;

ESPÍNDOLA, Laís Christina Pontes; FAGUNDES, Dyana dos Santos. Análise das atuais evidências sobre a dor pós-operatória ao tratamento endodôntico: revisão de literatura. **Research, Society and Development**, Itabira, v. 10, n. 12, e525101220346, 2021. DOI: https://doi.org/10.33448/rsd-v10i12.20346.

SCHÄFER, E.; ERLER, M.; DAMMASCHKE, T. *Comparative study on the shaping ability and cleaning efficiency of rotary Mtwo instruments. Part 2. Cleaning effectiveness and shaping ability in severely curved root canals of extracted teeth.* ***International Endodontic Journal***, v. 39, n. 3, p. 203–212, 2006.

SCHILDER, H. ***Cleaning and shaping the root canal. Dental Clinics of North America, Philadelphia,*** v. 18, n. 2, p. 269–296, 1974.

SCHWENDICKE, F. et al. *Artificial intelligence in dentistry: chances and challenges.* ***Journal of Dental Research****,* v. 99, n. 7, p. 769–774, 2020.

SESAR, A. et al. **Eficácia antibacteriana de técnicas de instrumentação rotatória e recíproca. Acta Stomatologica** Croatica, v. 58, n. 3, p. 245–254, 2024.

SHEN, Y. et al. *Current challenges and concepts of the thermomechanical treatment of nickel–titanium instruments.* ***Journal of Endodontics,*** 2013.

SILVA, E. J. N. L. et al. *Evaluation of canal transportation and centering ability of different NiTi systems using micro-computed tomography.* ***International Endodontic Journal,*** v. 49, n. 6, p. 567–575, 2016. DOI: https://doi.org/10.1111/iej.12492

SUZUKI, E. H.; Sponchiado-Júnior, E. C.; Pandolfo, M. T.; Garcia, L. D. F. R.; Carvalho, F. M. A.; Marques, A. A. F. *Shaping ability of reciprocating and rotary systems after root canal retreatment: a CBCT study.* ***Brazilian Dental Journal***, v. 33, n. 2, p. 12–21, 2022. DOI: 10.1590/0103-6440202204772.

THOMPSON, S. A. *An overview of nickel–titanium alloys used in dentistry.* ***International Endodontic Journal,*** v. 33, n. 4, p. 297–310, 2000. DOI: https://doi.org/10.1046/j.1365-2591.2000.00339.x

VERSIANI, M. A.; PÉCORA, J. D.; SOUSA-NETO, M. D. ***Micro-computed tomography analysis of the root canal morphology of mandibular premolars.*** ***International Endodontic Journal***, v. 44, n. 9, p. 801–809, 2011.

VICTOR, C.; VAN DER VYVER, P. J.; VORSTER, M.; VALLY, Z. I. *Root canal preparation with reciprocating instruments – A literature review and clinical application.* ***South African Dental Journal***, v. 75, n. 9, p. 493–504, 2020. DOI: 10.17159/2519-0105/2020/v75no9a4.

WALIA, H. M.; BRANTLEY, W. A.; GERSTEIN, H. *An initial investigation of the bending and torsional properties of Nitinol root canal files.* ***Journal of Endodontics***, v. 14, n. 7, p. 346–351, 1988.

XAVIER, C. B. et al. *Effectiveness of reciprocating and rotary systems in microbial reduction and endotoxin removal in infected root canals: a clinical study*. ***International Endodontic Journal****,* v. 56, n. 2, p. 215–224, 2023.

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

ZHU, M. et al. *Metallurgical properties and fatigue resistance of controlled memory and M-Wire nickel–titanium instruments.* ***International Endodontic Journal***, v. 49, n. 6, p. 566–573, 2016.

ZUPANC, J.; VAHDAT-PAJOUH, N.; SCHÄFER, E. *New thermomechanically treated NiTi alloys – a review.* ***International Endodontic Journal****,* v. 51, n. 10, p. 1088–1103, 2018. DOI: 10.1111/iej.12924.