

Sistemas mecanizados de níquel-titânio empregados no preparo do canal radicular: uma revisão de literatura

Nickel-titanium mechanized systems used in root canal preparation: a literature review

Sistemas mecanizados de níquel-titanio utilizados en la preparación del conducto radicular:
revisión de la literatura

Recebido: 28/10/2021 | Revisado: 07/11/2021 | Aceito: 11/11/2021 | Publicado: 21/11/2021

Gustavo Alves Oliveira

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8051-0462>

Faculdade Independente do Nordeste, Brasil

E-mail: oliveira.acad21@gmail.com

Luiz Roberto Mendes da Silva

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6180-0771>

Faculdade Independente do Nordeste, Brasil

E-mail: robertomendes@hotmail.com

Resumo

O presente trabalho tem como objetivo revisar a literatura analisando instrumentos em cinemática mecanizada, enfatizando dois sistemas de instrumentação reciprocantes (Reciproc Blue, WaveOne Gold), e identificar suas principais características e vantagens comparados a instrumentação manual e rotatória. Foi realizado um levantamento bibliográfico nas bases de dados online do PubMed, Scielo, Lilacs, Science Direct, foram incluídos artigos científicos de revisão sistemática/metanálise, casos clínicos, estudos experimentais *in vitro/in vivo*, e pesquisas prospectivas e retrospectivas. Com delimitação de período de tempo específico, entre 2008 a 2021, dentro da temática proposta, que abordavam os instrumentos mecanizados de NiTi, com ênfase nos sistemas Reciproc Blue e WaveOne Gold. Seguindo os critérios de inclusão, foi realizada a leitura dos resumos disponíveis e foram identificados 22 artigos que fizeram parte do presente estudo. Assim, conclui-se que não existe um sistema perfeito, cada um possui suas vantagens e desvantagens quando comparados com os seus concorrentes. Por isso é imprescindível entender como o sistema funciona, e dominar o seu uso para obtenção de melhores resultados na terapêutica endodôntica.

Palavras-chave: Endodontia; Preparo de canal radicular; Instrumentos odontológicos.

Abstract

The present work aims to review the literature analyzing instruments in mechanized kinematics, emphasizing two reciprocating instrumentation systems (Reciproc Blue, WaveOne Gold), and to identify their main characteristics and advantages compared to manual and rotary instrumentation. A bibliographic survey was carried out in the online databases of PubMed, SciELO, Lilacs, Science Direct, scientific articles of systematic review/meta-analysis, clinical cases, experimental studies *in vitro/in vivo*, and prospective and retrospective researches were included. With delimitation of specific period, from 2008 to 2021, within the proposed theme, which addressed the mechanized NiTi instruments, with an emphasis on the Reciproc Blue and WaveOne Gold systems. Following the inclusion criteria, the available abstracts were read and 22 articles that were part of this study were identified. Thus, it is concluded that there is no perfect system, each one has its advantages and disadvantages when compared to its competitors. Therefore, it is essential to understand how the system works, and master its use to obtain better results in endodontic therapy.

Keywords: Endodontics; Root canal filling; Dental instruments.

Resumen

El presente trabajo tiene como objetivo revisar la literatura analizando instrumentos en cinemática mecanizada, destacando dos sistemas de instrumentación recíproca (Reciproc Blue, WaveOne Gold), e identificar sus principales características y ventajas frente a la instrumentación manual y rotativa. Se realizó un relevamiento bibliográfico en las bases de datos en línea de PubMed, Scielo, Lilacs, Science Direct, se incluyeron artículos científicos de revisión sistemática / metaanálisis, casos clínicos, estudios experimentales *in vitro / in vivo*, investigación prospectiva y retrospectiva. Con delimitación temporal específica, entre 2008 y 2021, dentro de la temática propuesta, que abordó los instrumentos mecanizados NiTi, con énfasis en los sistemas Reciproc Blue y WaveOne Gold. Siguiendo los criterios de inclusión, se leyeron los resúmenes disponibles y se identificaron 22 artículos que formaban parte de este estudio. Así, se concluye que no existe un sistema perfecto, cada uno tiene sus ventajas y desventajas frente a sus competidores. Por tanto, es fundamental entender cómo funciona el sistema y dominar su uso para obtener mejores resultados en la terapia endodóntica.

Palabras clave: Endodoncia; Preparación del conducto radicular; Instrumentos dentales.

1. Introdução

A obturação tridimensional do sistema de canais radiculares (SCR) é uma das fases mais importantes do Tratamento Endodôntico (TE) e sofre influência direta da ação dos instrumentos durante o preparo químico mecânico (PQM) (Grossi, Cunha, Lacerda, Girelli & Xavier, 2017). Portanto, a formatação e a desinfecção eficaz dos canais radiculares se torna um dos grandes desafios, bem como, a remoção de microrganismos e seus subprodutos, resíduos de material orgânico, e ou dentina contaminada, visto que a variação anatômica dos canais impõe limitações durante a instrumentação (Grossi et al., 2017).

Uma das grandes evoluções feitas no que tange ao tratamento endodôntico foi a introdução na prática clínica de instrumentação recíproca por rotação alternada, que surgiu como uma alternativa à rotação contínua (Yared, 2008). O sistema recíproca possui muitas vantagens em relação aos sistemas manual e rotatório, como: redução do risco de fratura do instrumento causado por estresse torcional; redução de ciclos dentro do canal radicular durante a preparação; um menor tempo de trabalho para a preparação do canal em comparação com o movimento de rotação contínua; e menor incidência de extrusão dos restos dentinários para o periápice (Vyver & Jonker, 2014; Prichard, 2012).

O sistema WaveOne foi aprimorado com um tratamento térmico diferente dado a liga M-Wire e confeccionando assim o novo sistema WaveOne Gold. Este que é um instrumento de uso único, aprimorado com o uso de uma lima térmica denominada Gold Wire, apresentando um design de sua parte ativa em forma transversal e com duas arestas de corte (Keskin, Inan, Demiral & Keles, 2017).

Já o sistema Reciproc foi aperfeiçoado a partir de um tratamento térmico inovador que modifica a estrutura do instrumento, chamada de liga Blue Wire, conferindo ao instrumento uma cor azul. Este tratamento confere maior flexibilidade e resistência à fadiga. Desse modo, surgiu o sistema Reciproc Blue, que possui parte ativa com corte transversal, uma ponta não cortante e lâminas afiadas que moldam o canal por meio de um movimento recíproco (Grossi et al., 2017; Keskin et al., 2017).

Considerando que os sistemas recíprocos proporcionam um tratamento mais prático e fácil, com uma menor chance de infecção cruzada, pelo uso de um instrumento único. Se fazem necessários mais estudos que possam elucidar aspectos relativos a segurança e eficácia desses sistemas. Diante desse cenário, o objetivo do presente estudo foi analisar instrumentos em cinemática mecanizada, enfatizando dois sistemas de instrumentação recíprocos (Reciproc Blue, WaveOne Gold), e identificar suas principais características.

2. Metodologia

Trata-se de uma revisão de literatura, com caráter narrativo acerca de instrumentos mecanizados de NiTi, com ênfase nos sistemas Reciproc Blue e WaveOne Gold.

De acordo Bernardo, Nobre & Jatene (2004); Rother (2007) artigos de revisão narrativas são estudos de caráter amplo, que visam descrever e discutir o desenvolvimento de um determinado assunto, seja pelo ponto de vista teórico ou contextual. São estudos produzidos a partir da análise crítica e opinativa do autor, que decide que informações são mais relevantes sobre o assunto proposto.

Para elaboração do presente estudo, foi realizado um levantamento bibliográfico no período compreendido entre os meses de janeiro e novembro de 2021 nas bases de dados online do PubMed, Scielo, Lilacs, Science Direct, onde foram utilizados descritores específicos: (“endodontia”; “preparo de canal radicular”; “equipamentos odontológicos”/“endodontics”; “root preparations canals”; “dentals instruments”/“endodoncia”; tratamiento del conducto radicular”; “instrumentos dentales”), juntamente com operador booleano “AND” de forma a combinar os descritores citados.

Foram incluídos artigos científicos de revisão sistemática/metanálise, casos clínicos, estudos experimentais in vitro/in vivo, e pesquisas prospectivas e retrospectivas, com delimitação de período de tempo específico, entre 2008 a 2021, dentro da

temática proposta, que abordavam os instrumentos mecanizados de NiTi, com ênfase nos sistemas Reciproc Blue e WaveOne Gold, com textos completos, disponíveis, publicados na língua portuguesa, inglesa e espanhola. Foram excluídos trabalhos de conclusão de curso, monografias, dissertações e aquelas que não atendessem aos objetivos propostos ou que não estavam de acordo aos critérios de inclusão.

Os artigos foram selecionados a partir de uma leitura criteriosa, e posteriormente com a elaboração de fichamentos. A partir disso, foi realizada uma análise narrativa dos artigos, na qual foram ordenados de modo a construir conhecimento sobre as propriedades mecânicas, vantagens e desvantagens dos sistemas mecanizados estudados.

3. Revisão da Literatura

3.1 Instrumentação Mecanizada

O primeiro instrumento endodôntico mecanizado foi a Gates Glidden, que foi introduzida no ano de 1885. Seguido pelo desenvolvimento da primeira peça de mão endodôntica, que fora desenvolvida por William H Rollins, em que eram usados limas de aço especial, que giravam em baixa velocidade de 100 rpm (Leonardo, Puente, Jaime & Jent, 2013).

Outros sistemas foram desenvolvidos ao longo do século XX, contudo a grande evolução se deu com o advento do Canal Finder System (CFS), desenvolvido pelo Dr. Guy Levy em 1984, era uma peça parcialmente flexível, e que oscilava em um ângulo de 90° de forma vertical. Essa foi uma tentativa de deixar a anatomia do conduto radicular com o mesmo tamanho do diâmetro do canal, sendo um fator determinante na cinemática aplicada ao instrumento (Jorgensen, Williamsom, Chu & Qian, 2017; Leonardo et al., 2013).

3.2 Introdução dos instrumentos de NiTi e suas propriedades

Um avanço significativo se deu no ano de 1992 com o surgimento de instrumentos fabricados em ligas de Níquel-Titânio (NiTi), com um novo design, conferindo maior elasticidade e flexibilidade, além de permitir a estes instrumentos a mecânica em rotação contínua. Essa modificação na constituição permitiu reduzir o número de instrumentos necessários no PQM (Souza, de Oliveira, de Araújo & Lopes, 2020).

A introdução das ligas de NiTi e a subsequente automação da preparação mecânica foram os primeiros passos de uma nova era na endodontia. A partir desse momento foi possível começar a atender as necessidades de um preparo do canal mais anatomicamente previsível, com menos tempo operatório e maior conforto ao profissional e ao paciente. Os instrumentos de NiTi, termicamente tratados ou não, possuem propriedades super elásticas e memória de forma, resistência a corrosão e biocompatibilidade, entretanto a maior preocupação clínica diz respeito a fratura desses instrumentos (Gavini et al., 2018).

3.3 Movimento Reciprocante

A técnica utilizando o movimento reciprocante em endodontia foi proposto por Roane, esse movimento o qual se baseia na força balanceada, onde o instrumento rotaciona nos sentidos horário e anti-horário. Esta cinemática auxilia na exploração dos canais desde o preparo convencional com o uso das limas manuais (You, Kim, Bae, Baek, Kum & Lee, 2011; Machado, Nabeshima, Leonardo & Cardenas, 2012).

Yared (2008) propôs uma técnica que simplificava a exploração do conduto radicular, reduzia a fadiga cíclica do instrumento, com adendo de ser mais segura e rápida. Essa técnica preconizava a utilização de um único instrumento de NiTi, tendo assim a finalidade de reduzir o número de instrumentos e seqüências utilizados no preparo do conduto, consequentemente se tornando mais simples.

O sistema Reciprocante consiste em um preparo mecanizado do conduto radicular, utilizando um instrumento de uso

único de liga M-Wire, com movimentos alternados, o que alivia a tensão no instrumento (Hussien & al-Gharrawi, 2019). E o uso da técnica de movimentos oscilatórios, alternando os sentidos horário e anti-horário proporciona uma ação mais eficaz do instrumento em todas as paredes dos canais (Keskin et al., 2017; Silva, Hecksher, Antunes, De-Deus, Elias & Vieira, 2018).

Em 2011, a partir dos conceitos propostos por Yared foram criados dois sistemas de instrumentos de uso único: WaveOne (DENTSPLY - York, Pensilvânia, EUA) e Reciproc (VDW – Munique, Alemanha). E ambos os instrumentos fabricados com a mesma liga de NiTi: a M-Wire (Ruddle, 2012; Capar, Ertas, Ok, Arslan & Ertas, 2014).

3.4 Sistema Reciproc

Idealizado por Yared (2008), o sistema de instrumentação Reciproc foi apresentada ao mercado em 2011, sistema esse comercializado pela empresa VDW (Munique, Alemanha). A forma como foi pensado e desenhado o Reciproc sempre foi com o intuito de ser um instrumento único, ou seja, somente ele seria capaz de instrumentar todo o canal (Miranda, Berger & Farhat, 2020).

Esse sistema foi desenvolvido para simplificar o processo de preparo do sistema de canais, ao passo que assegura a máxima segurança durante o tratamento. O instrumento Reciproc possui uma secção fixa em formato de um “S” em todo o seu eixo, em seus 3 mm iniciais sua conicidade também é fixa, e após diminuindo gradativamente até a ponta do instrumento (Machado et al., 2012).

O formato da parte ativa do instrumento Reciproc facilita a modelagem do conduto. Isso se deve ao fato de que seu movimento oscilatório é de 150° em sentido anti-horário, cortando a dentina e indo em direção ao ápice, e de 30° em sentido horário, indo em direção coronal e se desprendendo da dentina. Os instrumentos possuem tamanho e conicidade diferentes para preparar cada canal de acordo sua especificidade (Alsilani, Jadu, Bogari, Jan & Alhazzazi, 2016).

3.5 Sistema Reciproc Blue

Um novo sistema Reciprocante foi lançado no ano de 2017, o Reciproc Blue. E o diferencial desse sistema para os outros sistemas é o tipo de tratamento térmico à qual a parte ativa do instrumento é submetida, promovendo assim modificações microestruturais. E graças a esse tratamento térmico, esse sistema ganha uma característica que a torna única, sua cor azul (De-Deus, Silva, Vieira, Belladonna, Elias, Plotino & Grande, 2017).

Os sistemas de NiTi tratados termicamente com a tecnologia Blue Wire criam um preparo bem centrado e com a conicidade semelhante a anatomia do canal, mesmo em canais radiculares severamente curvados (Zupanc, Vahdat-Pajouh & Schäfer, 2018).

Assim como o sistema Reciproc, o Reciproc Blue (RCB) possui uma secção transversal em forma de um “S” na sua estrutura ativa, possuindo duas arestas cortantes. Ademais, a liga M-Wire modificada confere uma maior flexibilidade ao instrumento, aumentando a resistência a fratura cíclica e torsional. Outro diferencial é a sua ponta inativa que ajuda na prevenção de fraturas, falsos trajetos, perfurações ou degraus durante a instrumentação (De-Deus et al., 2017; Gündoğar & Özyürek, 2017).

Os instrumentos RCB foram criados com intuito de serem usados como instrumento de uso único. Assim, somente um instrumento seria capaz de preparar todo o canal, da cervical ao ápice. Hussien & Al-Gharrawi (2019) descreveram o Reciproc Blue como um instrumento capaz de fazer o trabalho de vários instrumentos, sejam eles manuais ou rotatórios, além de possibilitar uma irrigação e obturação mais satisfatórios.

Existem três tipos de instrumentos RCB a serem utilizados de acordo o canal que será instrumentado. São classificados em R25, R40 e R50. O R25 é utilizado na maioria dos casos, e é a escolha para preparar canais estreitos, assim tem um diâmetro apical de 0,25 mm e uma conicidade de 8% (0,08 mm/mm). Os instrumentos R40 são utilizados no preparo de canais

considerados médios, possuem um diâmetro apical de 0,40 mm e uma conicidade de 6% (0,06 mm/mm). E os instrumentos R50 são usados no preparo de canais mais largos, assim seu diâmetro apical é de 0,50 mm e possuem uma conicidade de 5% (0,05 mm/mm) (Yared, 2017).

4. Resultados

O presente trabalho avaliou por meio de uma revisão de literatura, as propriedades mecânicas, vantagens e desvantagens de sistemas mecanizados de NiTi (RCB e WOG) no preparo químico-mecânico dos canais radiculares.

A princípio, foram realizadas coletas dos dados contendo as informações dos artigos a respeito dos instrumentos mecanizados, por meio do levantamento bibliográfico que estarão apresentadas na Tabela 1. Seguindo os critérios de inclusão, foram identificadas no Scielo um total de 14 referências bibliográficas, sendo selecionados 4 artigos. Já no Lilacs foram identificadas 146 referências e considerados 3 artigos. No PubMed, foram identificadas 219 referências, permanecendo 7 artigos. Foram encontrados 106 artigos na Science Direct, sendo selecionados 8 artigos. Desta forma, a partir da análise final, 22 artigos fizeram parte do presente estudo.

Tabela 1: Resultados do levantamento bibliográfico.

AUTOR/ANO	TÍTULO	RESULTADOS
GAVINI et al., 2018	Nickel-titanium instruments in endodontics: a concise review of the state of the art	A incorporação de novas estratégias de movimento (alternado ou contínuo) reduziu o risco de fratura do instrumento.
MADARATI et al., 2018	Modalities of using endodontic nickel-titanium rotary instruments and factors influencing their implementation in dental practice	A maioria dos CDs utilizavam instrumentos de NiTi há mais de três anos, e isso teve tendência de continuar devido aos inúmeros benefícios desses sistemas.
MOREIRA et al., 2021	Effects of clinical use of NiTi reciprocating instruments on cyclic and torsional resistance, and on roughness	O uso clínico dos instrumentos Reciproc quando comparado aos outros sistemas aumentou o tempo de preparo de conduto.
VYVER et al., 2014	Reciprocating instruments in Endodontics: a review of the literature: clinical review	Os sistemas reciprocantes estudados mantém a anatomia original do canal, e precisam de um tempo reduzido para preparação do canal em comparação com os sistemas rotatórios.
MANIGLIA-FERREIRA et al., 2017	Influence of reuse and cervical preflaring on the fracture strength of reciprocating instruments	O pré-alargamento cervical um aumento significativo no número de usos de forma segura dos sistemas WaveOne e Reciproc.
BRUSCHI et al., 2017	Analysis of cutting capacity, preparation time, and apical deviation after instrumentation of artificial curved canals with the waveone [®] and reciproc [®] reciprocating systems	O instrumento WaveOne Primary foi mais eficaz no quesito corte, porém teve um tempo de trabalho maior do que Reciproc R25. Desvio apical não divergiu significativamente entre eles.
SOUSA-NETO et al., 2020	A micro-CT evaluation of the performance of rotary and reciprocating single-file systems in shaping ability of curved root canals	Em geral, os instrumentos se comportaram de forma semelhante no preparo de canais radiculares curvos de molares inferiores, nos parâmetros avaliados.
FANGLI et al., 2019	Assessment of mechanical properties of WaveOne Gold Primary reciprocating instruments	WOG Primary apresentou maior resistência à fadiga cíclica em comparação com o WO Primary, e maior flexibilidade em comparação com o WO Primary.
KESKIN et al., 2018	Apically extruded debris and irrigants during root canal filling material removal using Reciproc Blue, WaveOne Gold, R-Endo and ProTaper Next systems	Todos os instrumentos causaram extrusão apical. Os sistemas ProTaper Next e WaveOne Gold apresentaram uma extrusão apical significativamente menor.
KARATAS et al., 2016	Influence of Instruments Used in Root Canal Preparation on Amount of Apically Extruded Debris	Todos os sistemas de instrumentação estudados apresentaram extrusão apical de debris.
PEREIRA et al., 2011	Physical and mechanical properties of a thermomechanically treated NiTi wire used in the manufacture of rotary endodontic instruments	Os instrumentos M-Wire possuem propriedades físicas e mecânicas que podem tornar os instrumentos endodônticos mais flexíveis e resistentes à fadiga do que aqueles feitos com ligas convencionais de NiTi.

SADEGHI, 2011	Shaping ability of NiTi rotary versus stainless steel hand instruments in simulated curved canals	Na porções coronais dos condutos, os sistemas rotatórios NiTi alcançaram uma melhor formatação do canal.
SCHÄFER et al., 2012	Impact of nickel-titanium instrumentation of the root canal on clinical outcomes: a focused review	Os estudos indicam que o uso de instrumentos manuais ou rotatórios de NiTi aumenta significativamente as taxas de sucesso do tratamento endodôntico em comparação com o uso de instrumentos manuais de aço inoxidável.
HOU et al., 2021	Phase transformation behaviors and mechanical properties of NiTi endodontic files after gold heat treatment and blue heat treatment	Os instrumentos com tratamento térmico Blue Wire e Gold Wire exibiram propriedades de flexão e resistências à fadiga cíclica significativamente maiores, representando um desempenho melhorado em relação aos instrumentos tradicionais M-wire.
ADGÜZEL et al., 2017	Comparison of Cyclic Fatigue Resistance of WaveOne and WaveOne Gold Small, Primary, and Large Instruments	Os instrumentos WOG foram mais resistentes à fadiga cíclica do que os instrumentos WO.
TOPÇUOĞLU et al., 2017	Cyclic Fatigue Resistance of Reciproc Blue and Reciproc Files in an S-shaped Canal	Os instrumentos Reciproc Blue R25 e R40 mostraram maior CFR do que os Reciproc R25 e R40 em um canal artificial curvo.
YE et al., 2012	Metallurgical Characterization of M-Wire Nickel-Titanium Shape Memory Alloy Used for Endodontic Rotary Instruments during Low-cycle Fatigue.	Os rugeriram que os instrumentos endodônticos fabricados com liga M-Wire devem ter maior resistência e resistência ao desgaste do que instrumentos semelhantes feitos de ligas NiTi.
ÖZYÜREK et al., 2017	Shaping Ability of Reciproc, WaveOne GOLD, and HyFlex EDM Single-file Systems in Simulated S-shaped Canals	O sistema Reciproc Blue removeu uma quantidade estatisticamente significativamente maior de resina de todas as regiões do canal quando comparado com os grupos WaveOne Gold e Hyflex EDM.
FRANCO et al., 2011	Investigation on the Shaping Ability of Nickel-Titanium Files When Used with a Reciprocating Motion	A modelagem dos canais simulados é mais centralizada usando um movimento em rotação alternada, em comparação com a rotação contínua.
PLOTINO et al., 2014	Cutting Efficiency of Reciproc and WaveOne Reciprocating Instruments	O Reciproc R25 apresentou uma maior eficiência de corte do que o WaveOne Primary nos dois movimentos estudados, Contudo, não houve diferença significativa entre esses sistemas.
GÜNDOĞAR et al., 2017	Cyclic Fatigue Resistance of OneShape, HyFlex EDM, WaveOne Gold, and Reciproc Blue Nickel-titanium Instruments	O estudo demonstrou que a resistência à fadiga cíclica dos instrumentos HyFlex EDM era maior do que as resistências à fadiga cíclica da OneShape, Reciproc Blue e WaveOne Gold.
DE-DEUS et al., 2017	Blue Thermomechanical Treatment Optimizes Fatigue Resistance and Flexibility of the Reciproc Files	O RCB mostrou desempenho melhor quando comparado aos instrumentos NiTi convencionais, demonstrando flexibilidade e resistência à fadiga aprimoradas e microdureza reduzida, mantendo características semelhantes da superfície.

Fonte: Autores (2021).

5. Discussão

Muitos estudos foram conduzidos ao longo dos últimos anos com o objetivo de comparar, discutir e relatar na literatura o progresso da instrumentação mecanizada. Tendo assim, como intuito melhorar as características e a eficiência das técnicas, desse modo, promovendo um tratamento endodôntico mais seguro e eficaz.

Em um estudo comparativo, Sadeghi (2011) avaliaram a capacidade de modelagem dos canais de sistemas de instrumentação fabricados em NiTi e instrumentos de aço inoxidável, em canais artificiais que eram curvos e foi feita uma análise em diferentes pontos. Perceberam que na região coronal o preparo pelos instrumentos de NiTi foi mais geométrico, e mantiveram de forma mais fiel a conicidade anatômica do conduto. Já Schäfer & Bürklein (2012) em uma revisão narrativa, puderam observar que os estudos concordavam em afirmar que os sistemas de NiTi proporcionavam uma melhor técnica de alargamento e formatação do SCR. Ademais, Franco, Fabiani, Taschieri, Malentacca, Bortolin & Del Fabbro (2011) perceberam que a utilização de instrumentos mecanizados de NiTi apresenta uma melhor performance quando eram utilizadas em movimento recíproco/oscilatório.

Em seu estudo Vyver e Jonker (2014) fazem uma revisão a respeito das vantagens da instrumentação recíprocante, relatando assim uma menor ocorrência de situações em que o instrumento se prende as paredes do conduto, reduzindo fadiga

torcional; redução no número de ciclos de corte durante o PQM, reduzindo o risco de fratura. Plotino et al. (2014) relatam por meio de sua pesquisa, que essa vantagem dos instrumentos recíprocos quanto a eficiência de corte é explicado pelo design que são projetados. Corroborando essas afirmações, Yared & Ramli (2013) trazem que os sistemas de instrumentação mecanizados demandam um menor tempo de uso clínico, a quantidade de instrumentos utilizados é menor, fazendo que haja uma redução no número de etapas na preparação do SCR, logo tornando esse processo mais simples e eficaz.

A partir de um estudo comparativo, Pereira, Peixoto, Viana, Oliveira, Gonzalez, Buono & Bahia (2012) observaram que as propriedades físicas e mecânicas de instrumentos endodônticos produzidos com o tratamento térmico M-Wire oferecem mais flexibilidade e resistência fadiga quando comparados a instrumentos convencionais de NiTi. Nesse sentido, Ye & Gao (2012) após a realização de um estudo, sugeriram que aqueles instrumentos que são produzidos em liga M-Wire são mais resistentes aos convencionais por causa da sua microestrutura nano cristalina martensítica.

Gündoğar e Özyürek (2017) citam que o sistema Reciproc Blue se diferencia dos demais devido à sua capacidade de modificação da liga NiTi, que é determinada pelas alterações na sua microestrutura. Ainda neste estudo, os autores citam que a sua cor azulada devido ao tratamento térmico Blue Wire não é sua única peculiaridade, já que a parte ativa desse instrumento é uma secção transversal em forma de “S”, com duas arestas de corte e uma ponta inativa.

Topçuoğlu e Topçuoğlu (2017) avaliaram a relação de quantidades de debris extruídos apicalmente durante o retratamento de canal, para tal utilizaram canais artificiais e fizeram um comparativo entre os sistemas RCB e Reciproc. Assim sendo, os autores observaram e relataram que o RCB expulsou significativamente menor quantitativo de debris do que o Reciproc.

Em estudo realizado por De-Deus et al. (2017), foram analisados 45 testes de flexão entre os sistemas Reciproc e Reciproc Blue, estes foram sujeitos à resistência a fadiga cíclica, onde o tempo de fratura foi medido num canal de aço inoxidável. Os resultados mostraram que o RCB apresentou uma fadiga cíclica significativamente menor do que o Reciproc. E nesse mesmo estudo, foi observado que o tratamento térmico a qual os instrumentos são submetidos favoreciam um metal mais macio, conferindo assim maior flexibilidade e resistência a fratura. Complementando, Hou et al. (2021) observaram que após o tratamento térmico Blue Wire, o sistema RCB apresentava melhores propriedades mecânicas comparados as ligas NiTi convencionais, demonstrando desempenho aprimorado, além de ainda ser concedido a esses instrumentos propriedade de memória de forma, ou seja, uma superelasticidade.

Segundo um estudo de Karatas, Ersoy, Gündüz, Uygun, Kol e Çakici (2016), os autores fazem uma comparação entre os sistemas WaveOne e WaveOne Gold, alegando que os instrumentos WOG possuem uma ou duas arestas de corte em seu desenho de parte ativa em forma de paralelogramo, divergindo do WO, que tem um desenho transversal triangular. E de acordo Campos, Silva, Aguiar, Vieira, Ferreira e Ferreira (2019), esse sistema foi otimizado em seu diâmetro de ponta e em suas espirais, fazendo assim que melhorasse a sua segurança e a eficiência no preparo do canal radicular.

Keskin e Sariyilmaz (2018) relatou em seu trabalho que todos os sistemas estudados apresentaram extrusão apical de debris, contudo o WOG apresentou menos extrusão que o RCB. Ainda nesse artigo, os autores descrevem que o WOG exhibe secções transversais deslocadas que permitem espaço de corte, carregamento e transporte aprimorados de detritos em direção coronal, sugerindo que isso pode ser o responsável pela quantidade reduzida de detritos e extrusão de irrigantes apicalmente do WOG comparado ao RCB.

Fangli, Maki, Kimura, Nishijo, Tokita, Ebihara e Okiji (2019) demonstraram em seu estudo que o sistema WOG Primary levou um tempo maior para fraturar em comparação ao WO Primary. Assim, como citam Adgüzel e Capar (2017), que demonstraram através do seu estudo que a resistência a fadiga cíclica é maior nos instrumentos WOG do que a do WO. Ainda no estudo de Fangli et al. (2019), as autores descrevem que o design, o tratamento térmico e a forma da secção transversal dos

instrumentos WOG podem ter uma influência significativa no desempenho durante a instrumentação e na resistência a fadiga cíclica. E por final ainda citam que o tratamento Gold Wire a que esse instrumento é submetido, pode ser o responsável por essa melhoria de propriedades mecânicas.

6. Considerações Finais

Os instrumentos reciprocantes foram um marco desde a sua introdução na endodontia. Estas novas tecnologias não só trouxeram facilidade, como fizeram com que o tratamento se tornasse mais seguro e confortável para profissional e paciente.

E a introdução dos novos sistemas Reciproc Blue e WaveOne Gold apresentaram uma proposta de instrumentação inovadora, já que além de tornar mais fácil a técnica, não se faz necessário pré-alargamentos dos condutos, bem como utilização de outros instrumentos, diminuindo tempo de trabalho e risco de infecção cruzada.

Assim, conclui-se que não existe um sistema perfeito, cada um possui suas vantagens e desvantagens quando comparados com sistemas semelhantes. Por isso é imprescindível entender como o sistema funciona, e dominar o seu uso para obtenção de melhores resultados na terapêutica endodôntica.

E para isso ainda há a necessidade de mais publicações com evidências sobre esse tema. Desse modo, para que haja uma melhor prática clínica e uma maior segurança, estudos in vitro e in vivo devem ser realizados para atestar a segurança, eficácia e desempenho destes instrumentos.

Referências

- Adigüzel, M., & Capar, I. D. (2017). Comparison of cyclic fatigue resistance of WaveOne and WaveOne Gold small, primary, and large instruments. *Journal of endodontics*, 43(4), 623-627. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2016.11.021>
- Alsilani, R., Jadu, F., Bogari, D. F., Jan, A. M., & Alhazzazi, T. Y. (2016). Single file reciprocating systems: A systematic review and meta-analysis of the literature: Comparison of reciproc and WaveOne. *Journal of International Society of Preventive & Community Dentistry*, 6 (5), 402-409. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5109853/pdf/JISPCD-6-402.pdf>
- Aranguren, J., & Kuttler, S. (2015). WaveOne Gold, Surfea el conducto radicular con confianza. *Soluciones Clínicas en Odontología*, 3, 4-9. https://easydental.cl/wp-content/uploads/2018/01/Articulo_Wave_One_Gold.pdf
- Bastos, M. M. B., Hanan, A. R. A., Bastos, A. M. B., Marques, A. A. F., Garcia, L. D. F. R., & Sponchiado, E. C. (2017). Topographic and Chemical Analysis of Reciprocating and Rotary Instruments Surface after Continuous Use. *Brazilian dental journal*, 28 (4), 461-466. <http://dx.doi.org/10.1590/0103-6440201701528>
- Bruschi, J., Boff, L. B., & Melo, T. A. F. D. (2017). Analysis of cutting capacity, preparation time, and apical deviation after instrumentation of artificial curved canals with the waveone® and reciproc® reciprocating systems. *RGO-Revista Gaúcha de Odontologia*, 65, 191-195. <https://doi.org/10.1590/1981-863720170002000013216>
- Bueno, C. S. P., de Oliveira, D. P., Pelegrine, R. A., Fontana, C. E., Rocha, D. G. P., & da Silveira Bueno, C. E. (2017). Fracture incidence of WaveOne and Reciproc files during root canal preparation of up to 3 posterior teeth: a prospective clinical study. *Journal of endodontics*, 43(5), 705-708. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2016.12.024>
- Campos, F. D. A. T., Silva, C. D. A. M., Aguiar, J. P., Vieira, A. P. D. S. B., Ferreira, J. M. C., & Ferreira, M. F. (2019). Sistemas rotatórios e reciprocantes na endodontia. *Revista Campo do Saber*, 4(5), 189-212. <https://periodicos.iesp.edu.br/index.php/campodosaber/article/view/176/154>
- Capar, I. D., Ertas, H., Ok, E., Arslan, H., & Ertas, E. T. (2014). Comparative study of different novel nickel-titanium rotary systems for root canal preparation in severely curved root canals. *Journal of Endodontics*, 40 (6), 852-856. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2013.10.010>
- D'Amario, M., De Angelis, F., Mancino, M., Frascaria, M., Capogreco, M., & D'Arcangelo, C. (2017). Canal shaping of different single-file systems in curved root canals. *Journal of dental sciences*, 12(4), 328-332. <https://doi.org/10.1016/j.jds.2017.03.001>
- De-Deus, G., Silva, E. J. N. L., Vieira, V. T. L., Belladonna, F. G., Elias, C. N., Plotino, G., & Grande, N. M. (2017). Blue thermomechanical treatment optimizes fatigue resistance and flexibility of the Reciproc files. *Journal of endodontics*, 43 (3), 462-466. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2016.10.039>
- El-Anwar, M. I., Yousief, S. A., Kataia, E. M., & El-Wahab, T. M. A. (2016). Finite Element Study on Continuous Rotating versus Reciprocating Nickel-Titanium Instruments. *Brazilian dental journal*, 27 (4), 436-441. <https://doi.org/10.1590/0103-6440201600480>
- Fangli, T., Maki, K., Kimura, S., Nishijo, M., Tokita, D., Ebihara, A., & Okiji, T. (2019). Assessment of mechanical properties of WaveOne Gold Primary reciprocating instruments. *Dental materials journal*, 38(3), 490-495. <https://doi.org/10.4012/dmj.2018-203>
- Ferreira, F. G., Barbosa, I. B., Scelza, P., Montagnana, M. B., Russano, D., Neff, J., & Scelza, M. Z. (2017). Noncontact three-dimensional evaluation of surface alterations and wear in NiTi endodontic instruments. *Brazilian oral research*, 31 (1), 74-82. <https://doi.org/10.1590/1807-3107BOR-2017.vol31.0074>

- Franco, V., Fabiani, C., Taschieri, S., Malentacca, A., Bortolin, M., & Del Fabbro, M. (2011). Investigation on the shaping ability of nickel-titanium files when used with a reciprocating motion. *Journal of endodontics*, 37(10), 1398-1401. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2011.06.030>
- Gavini, G., Santos, M. D., Caldeira, C. L., Machado, M. E. D. L., Freire, L. G., Iglecias, E. F., ... & Candeiro, G. T. D. M. (2018). Nickel–titanium instruments in endodontics: a concise review of the state of the art. *Brazilian oral research*, 32 (suppl 1), 44-65. <https://www.scielo.br/j/bor/a/DDVdbgHDPwFkn5QQLWZV7y/?lang=en&format=pdf>
- Grossi G. M., Cunha L. A., Lacerda M. F., Girelli C. F. M., & Xavier V. F. G. (2017). Comparação entre as limas Reciproc e WaveOne na formação e centralização do canal: uma revisão integrativa. *Revista da faculdade de Odontologia-UPF (Passo Fundo)*, 22 (2), 230-235. <http://seer.upf.br/index.php/rfo/article/view/7058/4617>
- Gündoğar, M., & Özyürek, T. (2017). Cyclic fatigue resistance of OneShape, HyFlex EDM, WaveOne Gold, and Reciproc Blue nickel-titanium instruments. *Journal of endodontics*, 43 (7), 1192-1196. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2017.03.009>
- Hou, X. M., Yang, Y. J., & Qian, J. (2021). Phase transformation behaviors and mechanical properties of NiTi endodontic files after gold heat treatment and blue heat treatment. *Journal of Oral Science*, 63 (1), 8-13. https://www.jstage.jst.go.jp/article/josnusd/63/1/63_19-0331/_pdf/-char/ja
- Hussien, S. W., & Al-Gharrawi, H. A. (2019). Incidence of Dentinal Root Defects Caused by RECIPROC Blue, ProTaper Gold, ProTaper NEXT and RECIPROC Nickel Titanium Rotary Instruments. *The journal of contemporary dental practice*, 20 (3), 291-297. <https://europepmc.org/article/med/31204320>
- Jorgensen, B., Williamson, A., Chu, R., & Qian, F. (2017). The efficacy of the WaveOne reciprocating file system versus the ProTaper retreatment system in endodontic retreatment of two different obturating techniques. *Journal of endodontics*, 43 (6), 1011-1013. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2017.01.018>
- Karataş, E., Ersoy, İ., Gündüz, H. A., Uygun, A. D., Kol, E., & Çakıcı, F. (2016). Influence of instruments used in root canal preparation on amount of apically extruded debris. *Artificial organs*, 40(8), 774-777. <https://doi.org/10.1111/aor.12675>
- Keskin C., Inan U., Demiral M., & Keles A. Cyclic fatigue resistance of Reciproc Blue, Reciproc, and WaveOne Gold reciprocating instruments. (2017). *Journal of Endodontics*, 43 (8), 1360-1363. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0099239917303722>
- Keskin, C., & Saryılmaz, E. (2018). Apically extruded debris and irrigants during root canal filling material removal using Reciproc Blue, WaveOne Gold, R-Endo and ProTaper Next systems. *Journal of dental research, dental clinics, dental prospects*, 12(4), 272-276. <https://dx.doi.org/10.15171%2Fjoddd.2018.042>
- Kim, H. C., Kwak, S. W., Cheung, G. S. P., Ko, D. H., Chung, S. M., & Lee, W. (2012). Cyclic fatigue and torsional resistance of two new nickel-titanium instruments used in reciprocation motion: Reciproc versus WaveOne. *Journal of endodontics*, 38 (4), 541-544. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2011.11.014>
- Leonardo, R. D. T., Puente, C. G., Jaime, A., & Jent, C. (2013). Mechanized instrumentation of root canals oscillating systems. *Journal of Contemporary Dental Practice*, 14 (1), 149-152. <https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/74306/2-s2.0-84876826562.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Lima, L.C., Cornélio, A.L.G. (2020) Instrumentação com sistema recíprocante: revisão de Literatura. *Revista Odontológica do Planalto Central*, 18 (1), 1-18. https://dspace.uniceplac.edu.br/bitstream/123456789/482/1/Layssa%20Chaves%20Lima_0011592.pdf
- Machado, M. E. D. L., Nabeshima, C. K., Leonardo, M. F. D. P., & Cardenas, J. E. V. (2012). Análise do tempo de trabalho da instrumentação recíproca com limaúnica: WaveOne e Reciproc. *Revista da associação paulista de cirurgiões dentistas*, 66(2), 120-125. <http://revodonto.bvsalud.org/pdf/apcd/v66n2/a06v66n2.pdf>
- Madarati, A. A., & Habib, A. A. (2018). Modalities of using endodontic nickel-titanium rotary instruments and factors influencing their implementation in dental practice. *BMC oral health*, 18 (1), 1-10. <https://link.springer.com/content/pdf/10.1186/s12903-018-0660-x.pdf>
- Magalhães, R. R. S. D., Braga, L. C. M., Pereira, É. S. J., Peixoto, I. F. D. C., Buono, V. T. L., & Bahia, M. G. D. A. (2016). The impact of clinical use on the torsional behavior of Reciproc and WaveOne instruments. *Journal of Applied Oral Science*, 24, 310-316. <https://doi.org/10.1590/1678-775720150596>
- Maniglia-Ferreira, C., de Almeida Gomes, F., Ximenes, T., Neto, M. A. T., Arruda, T. E., Ribamar, G. G., & Herculano, L. F. G. (2017). Influence of reuse and cervical preflaring on the fracture strength of reciprocating instruments. *European journal of dentistry*, 11(01), 041-047. https://www.thieme-connect.com/products/ejournals/pdf/10.4103/ejd.ejd_272_16.pdf
- Miranda, C., Berger, C. R., & Farhat, D. S. (2020). Uso dos sistemas recíprocantes para o preparo dos canais radiculares: reciproc e reciproc blue. *Revista Journal of Health*, 21 (1), 64-75. <http://www.cesca.com.br/revistas/index.php/JournalofHealth/article/view/933/404>
- Moreira, E. J. L., Antunes, H. D. S., Vieira, V. T. L., Cavalcante, D. M., Oliveira, H. E., Oliveira, D. D. S., ... & Silva, E. J. N. L. D. (2021). Effects of clinical use of NiTi reciprocating instruments on cyclic and torsional resistance, and on roughness. *Brazilian Oral Research*, 35 (1), 1-10. <https://doi.org/10.1590/1807-3107bor-2021.vol35.0021>
- Nakatsukasa, T., Ebihara, A., Kimura, S., Maki, K., Nishijo, M., Tokita, D., & Okiji, T. (2021). Comparative evaluation of mechanical properties and shaping performance of heat-treated nickel titanium rotary instruments used in the single-length technique. *Dental Materials Journal*, 40 (3), 743-749. https://www.jstage.jst.go.jp/article/dmj/40/3/40_2020-255/_pdf/-char/ja
- Nathani, T. I., Nathani, A. I., Banode, A. M., Khakiani, M. I., Fernandez, J. G. O., Terol, F. D. S., & Sans, F. A. (2018). Apical preparation size after repetitive pecking to the working length using different endodontic file systems. *Giornale Italiano di Endodonzia*, 32(2), 80-85. <https://doi.org/10.1016/j.gien.2018.09.003>
- Oliveira, D. J. F., Leoni, G. B., da Silva Goulart, R., de Sousa-Neto, M. D., Sousa, Y. T. C. S., & Silva, R. G. (2019). Changes in geometry and transportation of root canals with severe curvature prepared by different heat-treated nickel-titanium instruments: a micro-computed tomographic study. *Journal of endodontics*, 45(6), 768-773. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2019.02.018>
- Özyürek, T., Yılmaz, K., & Uslu, G. (2017). Shaping ability of Reciproc, WaveOne GOLD, and HyFlex EDM single-file systems in simulated S-shaped

canals. *Journal of Endodontics*, 43(5), 805-809. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2016.12.010>

Pereira, E. S. J., Peixoto, I. F. C., Viana, A. C. D., Oliveira, I. I., Gonzalez, B. M., Buono, V. T. L., & Bahia, M. G. A. (2012). Physical and mechanical properties of a thermomechanically treated NiTi wire used in the manufacture of rotary endodontic instruments. *International endodontic journal*, 45(5), 469-474. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2591.2011.01998.x>

Plotino, G., Rubini, A. G., Grande, N. M., Testarelli, L., & Gambarini, G. (2014). Cutting efficiency of Reciproc and WaveOne reciprocating instruments. *Journal of Endodontics*, 40(8), 1228-1230. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2014.01.041>

Prados-Privado, M., Rojo, R., Ivorra, C., & Prados-Frutos, J. C. (2019). Finite element analysis comparing WaveOne, WaveOne Gold, Reciproc and Reciproc Blue responses with bending and torsion tests. *Journal of the mechanical behavior of biomedical materials*, 90 (1), 165-172. <https://doi.org/10.1016/j.jmbbm.2018.10.016>

Prichard, J. Rotation or reciprocation: a contemporary look at NiTi instruments. (2012) *British Dental Journal*, 212(7), 345-346. <https://www.nature.com/articles/sj.bdj.2012.268.pdf?origin=ppub>

Ruddle, C. J. (2012). Endodontic canal preparation: WaveOne single-file technique. *Dentistry Today*, 31 (1), 124-126. https://static.theruddleshow.com/show-downloads/s2e01/WaveOne_Jan2012.pdf

Sadeghi, S. (2011). Shaping ability of NiTi rotary versus stainless steel hand instruments in simulated curved canals. *Medicina Oral, Patologia, Oral Cirurgia Bucal*, 16(3), e454-458. <http://dx.doi.org/doi:10.4317/medoral.16.e454>

Santa-Rosa, C. C., Resende, P. D., da Cunha Peixoto, I. F., Buono, V. T. L., Viana, A. C. D., & de Azevedo Bahia, M. G. (2018). Evaluating the cutting efficiency of NiTi instruments with reciprocating motions. *Arquivos em Odontologia*, 54 (10), 1-8. <https://periodicos.ufmg.br/index.php/arquiosemodontologia/article/view/3776/9770>

Scelza, P., Harry, Davidowicz., Silva, L. E. D., Barbosa, I. B., & Scelza, M. Z. (2015). A comparison of two reciprocating instruments using bending stress and cyclic fatigue tests. *Brazilian oral research*, 29 (1), 1-7. <https://doi.org/10.1590/1807-3107BOR-2015.vol29.0107>

Schäfer, E., & Bürklein, S. (2012). Impact of nickel-titanium instrumentation of the root canal on clinical outcomes: a focused review. *Odontology*, 100(2), 130-136. <https://doi.org/10.1007/s10266-012-0066-1>

Silva, E. J. N. L., Hecksher, F., Antunes, H. S., De-Deus, G., Elias, C. N., & Vieira, V. T. L. (2018). Torsional fatigue resistance of blue-treated reciprocating instruments. *Journal of endodontics*, 44 (6), 1038-1041. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2018.03.005>

Silva, E. J. N. L., Vieira, V. C. G., Tameirão, M. D. N., Belladonna, F. G., Neves, A. D. A., Souza, E. M., & De-Deus, G. (2016). Quantitative transportation assessment in curved canals prepared with an off-centered rectangular design system. *Brazilian oral research*, 30 (1), 43-49. <https://doi.org/10.1590/1807-3107BOR-2016.vol30.0043>

Sousa-Neto, M. D., Crozeta, B. M., Lopes, F. C., Mazzi-Chaves, J. F., Pereira, R. D., Silva-Sousa, A. C., ... & Silva-Sousa, Y. T. C. (2020). A micro-CT evaluation of the performance of rotary and reciprocating single-file systems in shaping ability of curved root canals. *Brazilian oral research*, 34. <https://doi.org/10.1590/1807-3107bor-2020.vol34.0039>

Souza, J. P., de Oliveira, L. K. L., de Araújo, W. R., & Lopes, L. P. B. (2020). Instrumentação endodôntica mecanizada e suas evoluções-Revisão de literatura. *Brazilian Journal of Development*, 6 (12), 96231-96240. <https://www.brazilianjournals.com/index.php/BRJD/article/view/21278/16993>

Topçuoğlu, H. S., & Topçuoğlu, G. (2017). Cyclic fatigue resistance of Reciproc Blue and Reciproc files in an S-shaped canal. *Journal of endodontics*, 43(10), 1679-1682. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2017.04.009>

Van der Vyver P. V. D. & Jonker C. Reciprocating instruments in Endodontics: a review of the literature: clinical review. (2014). *South African Dental Journal*, 69(9), 404-409. <https://hdl.handle.net/10520/EJC160578>

Webber, J., Machtou, P., Pertot, W., Kuttler, S., Ruddle, C., & West, J. (2011). The WaveOne single-file reciprocating system. *Roots*, 1 (1), 28-33. http://moderndentistrymedia.com/jan_feb2012/webber.pdf

Yared, G. (2017). Reciproc blue: the new generation of reciprocation. *Giornale italiano di endodonzia*, 32 (2), 96-101. <https://doi.org/10.1016/j.gien.2017.09.003>

Yared, G. Canal preparation using only one Ni-Ti rotary instrument: preliminary observations. (2008). *International Endodontic Journal*, 41 (4), 339-344. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2591.2007.01351.x>

Yared, G., & Alasmir Ramli, G. (2013). Single file reciprocation: A literature review. *Endodontic Practice Today*, 7(3), 171-178. <http://www.healthmantra.com/rotary/recipro-review.pdf>

Ye, J., & Gao, Y. (2012). Metallurgical characterization of M-Wire nickel-titanium shape memory alloy used for endodontic rotary instruments during low-cycle fatigue. *Journal of endodontics*, 38(1), 105-107. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2011.09.028>

You, S. Y., Kim, H. C., Bae, K. S., Baek, S. H., Kum, K. Y., & Lee, W. (2011). Shaping ability of reciprocating motion in curved root canals: a comparative study with micro-computed tomography. *Journal of endodontics*, 37 (9), 1296-1300. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2011.05.021>

Zupanc, J., Vahdat-Pajouh, N., & Schäfer, E. (2018). New thermomechanically treated NiTi alloys—a review. *International endodontic journal*, 51(10), 1088-1103. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1111/iej.12924>