FACULDADE SETE LAGOAS – FACSETE

Especialização em Endodontia

Camilla Gomes Vilaça

Lailla Lemes Alves

LIMAS DE NITI ROTATÓRIAS E RECIPROCANTES E SUAS IMPLICAÇÕES NA ENDODONTIA:

Uma revisão da literatura

Belo Horizonte

2024

Camilla Gomes Vilaça

Lailla Lemes Alves

LIMAS DE NITI ROTATÓRIAS E RECIPROCANTES E SUAS IMPLICAÇÕES NA ENDODONTIA:

Uma revisão da literatura

Orientadora: Prof. Dra. Sônia Lara Mendes
Monografia apresentada ao curso de especialização em Endodontia da Faculdade Sete Lagoas – FACSETE, como requisito parcial para obtenção do título de especialista em Endodontia.

Belo Horizonte

2024

Camilla Gomes Vilaça

Lailla Lemes Alves

LIMAS DE NITI ROTATÓRIAS E RECIPROCANTES E SUAS IMPLICAÇÕES NA ENDODONTIA:

Uma revisão da literatura

Monografia apresentada ao curso de especialização em Endodontia da Faculdade Sete Lagoas – FACSETE, como requisito parcial para obtenção do título de especialista em Endodontia.

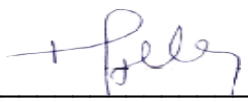
Aprovada em 27/03/2024 pela banca constituída pelos seguintes professores:



Prof. Orientadora: Prof. Dra. Sônia Lara Mendes



Prof. Orientadora: Prof. Dra. Paula Dominguete



Prof. Prof. Marcelo Magelli Decnop Batista

Belo Horizonte, 25 de março de 2024

RESUMO

O tratamento endodôntico tem como objetivo principal limpar e modelar o Sistema de Canais Radiculares, utilizando técnicas de preparo químico-mecânico que garantem um tratamento eficaz. Nas últimas décadas, as limas de Níquel-Titânio se tornaram amplamente utilizadas na endodontia, especialmente devido à sua maior flexibilidade em comparação com as limas manuais de aço-inoxidável. Essa flexibilidade permitiu que o instrumento fosse utilizado de forma mecanizada em movimento rotatório e reciprocante, reduzindo erros comuns no procedimento, como desvios e/ou perfurações do canal e formação de degraus. Foram comparados os instrumentos rotatórios e reciprocantes quanto a resistência à fadiga flexural, formação de trincas, fissuras e microfissuras no elemento dentário e extrusão apical de detritos como consequência da instrumentação. No entanto, de acordo com os estudos revisados, não há um instrumento ou cinemática ideal para o preparo dos canais radiculares. Mais estudos são necessários para um melhor entendimento e indicação adequada destes instrumentos para favorecer cada vez mais seus desempenhos no tratamento endodôntico.

Palavras-chave: preparos de canais radiculares, instrumentação rotatória e reciprocante, extrusão de detritos, resistência à fadiga flexural, resistência à torção.

ABSTRACT

Endodontic treatment aims to clean and shape the root canal system, using chemical-mechanical preparation techniques that guarantee effective treatment. In recent decades, Nickel-Titanium files have become widely used in endodontics, especially due to their greater flexibility compared to manual stainless steel files. This flexibility allowed the instrument to be used in a mechanized manner in a rotating and reciprocating movement, reducing common errors in the procedure, such as deviations and/or canal perforations and the formation of steps. The rotational and reciprocating kinematics were compared in terms of resistance to flexural fatigue of the instruments, formation of cracks, fissures and microcracks in the dental element and apical extrusion of debris as a consequence of the instrumentation. However, according to the studies reviewed, there is no ideal instrument or kinematics for root canal preparation. More studies are needed to determine the best endodontic treatment approach.

Key words: *root canal preparations, rotary and reciprocating instrumentation, debris extrusion, cyclic fatigue resistance, torsional resistance.*

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

NiTi - Níquel Titânio

PTG - ProTaper Gold

PTU - ProTaper Universal

SCR - Sistemas de Canais Radiculares

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO 07
2 OBJETIVOS 09
2.1 Objetivo geral 09
2.1.1 Objetivos específicos **..... 09**
3 MATERIAIS E MÉTODOS 10
4 REVISÃO DA LITERATURA 11
4.1 Histórico das cinemáticas de instrumentação 11
4.1.1 Instrumentação reciprocante **..... 13**
4.2 Resistência à fadiga flexural dos instrumentos 14
4.3 Formação de trincas, fissuras e microfissuras 16
4.4 Detritos extruídos apicalmente 18
5 DISCUSSÃO 20
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS 23
REFERÊNCIAS 24

1 INTRODUÇÃO

O tratamento endodôntico visa o preparo, a desinfecção do Sistema de Canais Radiculares (SCR) e a obturação, de forma mais hermética possível, evitando assim a possibilidade de reinfecção (TOMSON e SIMON, 2016).

A formatação dos SCR visa o desbridamento dos canais e sua preparação para receber a obturação (CALBERSON *et al.* 2004). Esse formato deve manter o eixo do canal no centro da raiz e ser cônico tendo o ápice com a menor conicidade e na posição original sem ser alargado (TOMSON e SIMON, 2016).

Tradicionalmente, essa formatação é realizada com instrumentos manuais de aço inoxidável. As ligas de aço inoxidável possuem uma rigidez básica que associada ao aumento do tamanho do instrumento perdem flexibilidade, o que dificulta na adaptação dos instrumentos à morfologia de canais curvos e estreitos (WALIA, BRANTLEY, GERSTEIN, 1988). Além disso, favorece a formação de iatrogenias como perfuração do canal, fratura do instrumento, desvio do canal ou formação de degraus. As técnicas de instrumentação utilizando instrumentos manuais de aço inoxidável, tendem a ser demoradas (WALIA, BRANTLEY, GERSTEIN, 1988; CALBERSON *et al.* 2004).

Em busca de instrumentos com melhores propriedades foram produzidos instrumentos endodônticos com a liga de Níquel Titânio (NiTi). Esta liga já era utilizada na odontologia com finalidades ortodônticas e possui módulo de elasticidade baixo com ampla deformação elástica (WALIA, BRANTLEY, GERSTEIN, 1988). Desta maneira surgiram instrumentos mais flexíveis, com efeito de memória de forma e melhor resistência à fratura e consequentemente reduzindo as complicações durante o preparo (CALBERSON *et al.* 2004).

Associado ao uso dessa nova liga foram desenvolvidos instrumentos rotatórios acionados a motor. A instrumentação mecanizada, em comparação com limas manuais, produz preparos mais centrados e arredondados, com menos defeitos e menor tempo de preparo (CALBERSON *et al.* 2004; PEREIRA *et al.* 2012) e permitindo a preparação de canais curvos e estreitos com maior previsibilidade (PEREIRA *et al.* 2013).

Ao longo dos anos os instrumentos passaram por várias mudanças visando seu aprimoramento, dentre elas a alteração da sua conicidade, design da secção

transversal e o desenvolvimento desta liga que sofreram tratamentos termomecânicos e térmicos (MARTINS *et al*. 2022; TOMPSON, SIMON, 2016).

Em 2008, Yared propôs uma técnica de lima única com movimento oscilo-rotatório, hoje conhecido como reciprocante, no qual o instrumento gira no sentido anti-horário cortando a dentina e sofre uma pequena rotação horária desengatando o instrumento e aliviando seu estresse. Este movimento reduz a incidência de fraturas dos instrumentos (KIM *et al*. 2012). A partir disso, foram desenvolvidos sistemas de limas reciprocantes sendo as primeiras a surgir no mercado, a Reciproc (VDW, Alemanha) e WaveOne (Dentsply Maillefer, Suíça) (BURKLEIN, SCHAFER, 2012).

Apesar de toda evolução da técnica de preparo mecanizada com ligas de NiTi, ainda há uma preocupação que é a fratura inesperada do instrumento (PEREIRA *et al*. 2012; PEREIRA *et al*. 2013). As fraturas podem ser por sobrecarga de torção ou fadiga flexural do metal (MARTINS *et al*. 2022; PEREIRA *et al*. 2012). A sobrecarga de torção ocorre quando a ponta do instrumento se prende no interior dos canais e o restante do instrumento continua a girar até ultrapassar o limite elástico da liga. Já a fadiga flexural ocorre por excesso de esforços repetidos de compressão e tração, geralmente em regiões de curvaturas (ELNAGHY e ELSAKA, 2015).

Assim, torna-se relevante fazer uma revisão da literatura sobre as principais cinemáticas de instrumentação comparando suas características e seu impacto no resultado do tratamento endodôntico.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

O objetivo do presente estudo foi realizar uma revisão da literatura para comparar o desempenho dos principais instrumentos acionados a motor e suas implicações no tratamento endodôntico.

2.1.2 Objetivos específicos

Comparar o desempenho dos instrumentos rotatórias e reciprocantes quanto a:

- resistência à fadiga flexural;
- formação de trincas, fissuras e microfissuras no elemento dentário;
- extrusão apical de detritos como consequência da instrumentação.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

Foi realizada pesquisa bibliográfica na base de dados PubMed ao longo dos anos de 2022 e 2023, sendo selecionados 21 artigos, publicados entre os anos 1988 e 2022 apenas na língua inglesa. Foram utilizadas como palavras-chave os termos: *root canal preparations, rotary and reciprocating instrumentation, debris extrusion, cyclic fatigue resistance, torsional resistance.*

4 REVISÃO DA LITERATURA

4.1 Histórico dos instrumentos acionados a motor

Em busca de instrumentos endodônticos com propriedades melhores, Walia, Brantley e Gerstein (1988) realizaram um estudo *in vitro* utilizando fios ortodônticos de nitinol como material para confecção de limas endodônticas. Fabricaram limas manuais #15 de nitinol e de aço inoxidável para comparação. Tais limas passaram por testes de flexão e torção no sentido horário e anti-horário. Obtiveram como resultado que as limas de nitinol são mais flexíveis do que as limas de aço inoxidável, e apresentaram maior resistência à fratura por torção. Também perceberam ser possível pré-curvar as limas de Nitinol.

A partir disso, novos instrumentos de NiTi foram desenvolvidos para uso na endodontia com movimento mecânico. Para avaliar as novas limas Tharuni *et al.* (1996) usaram blocos de resinas em canais curvos simulados, *in vitro,* prepararam 12 destes blocos com limas rotatórias de NiTi Lightspeed e outros 12 com limas manuais de aço inoxidável tipo K, com a finalidade de comparar e avaliar a sua eficiência no preparo de canais curvos. Os autores observaram, por meio de imagens radiográficas ampliadas, que as limas Lightspeed prepararam canais mantendo o eixo central, e apresentaram menor formação de ângulos, devido às suas características de design e flexibilidade. Já as limas tipo K causaram mais alargamento no terço apical e maiores erros no preparo como incidência de transporte, zíper e formação de ângulos. Portanto, concluíram que as limas Lightspeed são mais adequadas para a preparação de canais curvos do que as limas tipo K.

Com a validação dos instrumentos de NiTi e suas propriedades, o mercado passou a buscar melhorias no design dos instrumentos e sequência de tratamento. Para determinar a capacidade de modelagem dos instrumentos ProTaper Universal (PTU) em canais radiculares simulados, Calberson *et al.* (2004) utilizaram blocos de resina divididos em 4 grupos onde variaram a angulação e a posição da curvatura dos canais. Todos os canais foram preparados com instrumentos PTU conforme instruções do fabricante. Fotografias de antes e depois do preparo foram registradas e sobrepostas para avaliação dos resultados obtidos. Neste estudo, os instrumentos PTU conseguiram realizar preparos cônicos em todos os canais, independentemente do tipo de canal. Porém, para evitar a remoção excessiva na curva interna, cuidados

devem ser tomados ao usar as limas F2 e F3. Devido a rigidez da lima F3, esta sofreu maiores deformações e foi recomendado cuidado ao usá-la em canais curvos.

Com o uso do NiTi já consolidado através de uma ampla variedade de sistemas de limas da liga em uso clínico, o mercado percebeu que poderia aperfeiçoar as propriedades da mesma através de tratamentos no material. Pereira *et al.* (2012) compararam as propriedades físicas e mecânicas de fios de NiTi convencional versus NiTi tratado termomecanicamente com a finalidade de se tornarem instrumentos endodônticos rotatórios. Foram usados dois fios de NiTi, um processado de forma convencional denominado C-wire e o outro M-wire que recebeu tratamento térmico de acordo com o fabricante. Avaliaram a composição química, a constituição de fases, as temperaturas de transformação, testes de carga/descarga de tração e fizeram medições de microdureza. Como resultado, o fio M-Wire apresentou temperaturas de transformação mais altas que o fio convencional, continha pequenas quantidades de B19 martensita e fase R, apresentaram a mesma dureza Vickers, mas menor módulo de elasticidade aparente e menor tensão de transformação e histerese mecânica. Sendo assim, concluíram que o fio M-Wire apresentou propriedades físicas e mecânicas que podem tornar as limas endodônticas mais flexíveis e resistentes à fadiga do que aquelas feitas com fios de NiTi processados convencionalmente. Em outro estudo, Pereira *et al.* (2013) submeteram esses mesmos fios a testes de tração e flexão de três pontos, foram feitas medições de microdureza Vickers e testes de fadiga de flexão rotatória. O fio M-Wire aparentemente aumentou a resistência à tração e a microdureza Vickers, devido a seu tratamento termomecânico. Mas, seu módulo de Young aparente foi menor que o do fio de NiTi convencional. Nos ensaios de flexão de três pontos houve uma maior flexibilidade para M-Wire que também exibiu um número significativamente maior de ciclos até a falha. Portanto o M-Wire apresentou propriedades mecânicas vantajosas, o que pode tornar os instrumentos endodônticos mais flexíveis e resistentes à fadiga do que aqueles feitos com fios de NiTi não tratados termomecanicamente.

Em 2014, foram introduzidas no mercado limas feitas com uma liga de NiTi com controle de memória. Elnaghy e Elsaka (2015) avaliaram e compararam as propriedades mecânicas dos instrumentos Protaper Gold (PTG) e PTU. Foram avaliadas a resistência à fadiga flexural, resistência à torção, resistência à flexão e microdureza Vickers de ambos os sistemas. Tais testes revelaram que a PTG apresentou uma resistência à fadiga flexural e flexibilidade significativamente maior

do que a PTU. Isso pode ser atribuído ao tratamento térmico realizado na PTG. O instrumento PTU teve maior resistência ao estresse torcional e microdureza do que o instrumento PTG.

Diante dos bons resultados científicos e clínicos surgiram em massa no mercado vários sistemas semelhantes. Para comparar os instrumentos endodônticos semelhantes de diferentes sistemas rotatórios tratados termicamente Martins *et al.* (2022) avaliaram o design, proporção níquel/titânio, temperaturas de transformação de fase, microdureza, fadiga flexural e resistência à torção e flexão de cinco instrumentos de modelagem de canais radiculares F1 dos sistemas Go-Taper Flex, PTG, Super Files Blue, Premium Taper Gold e EdgeTaper Platinum, além de um PTU convencional usado como controle. Os instrumentos foram semelhantes quanto à relação níquel/titânio e design geral. O Go-Taper Flex teve as temperaturas de transformação mais próximas do PTG. PTU e Go-Taper Flex tiveram a maior microdureza. O tempo de fratura do Super Files Blue foi 3x e 7x maior que o PTG e o PTU, respectivamente. Nenhuma diferença foi observada no torque máximo para fratura entre PTG e os demais sistemas, exceto o Premium Taper Gold e Go-Taper Flex. Cargas de flexão significativamente menores do que PTG foram observadas para os instrumentos EdgeTaper Platinum e Premium Taper Gold. O Super Files Blue superou o PTG no teste de fadiga cíclica, enquanto o EdgeTaper Platinum e o Premium Taper Gold foram mais flexíveis. Premium Taper Gold e Go-Taper Flex apresentaram menor resistência à torção.

Com o objetivo de reduzir o número de instrumentos utilizados para a preparação do canal e diminuir os custos comparando com outras técnicas rotatórias de NiTi, Yared (2008) descreveu uma nova técnica de preparo do canal usando apenas um instrumento rotatório de NiTi. A técnica consistiu na utilização do instrumento rotatório F2 do sistema PTU em um movimento no sentido anti-horário e horário. Apesar da necessidade de mais estudos serem realizados, essa técnica se mostrou promissora, com vantagens como um número reduzido de instrumentos, menor custo, redução da fadiga do instrumento e a eliminação de possível contaminação cruzada por príons associada ao uso único de instrumentos endodônticos.

Com a proposta de um instrumento de uso único com movimento reciprocante em substituição aos sistemas e suas sequências de instrumentação, a fabricante Dentsply lançou em 2011 as limas WaveOne. Berutti *et al.* (2012) objetivaram

comparar a capacidade de preservar a anatomia do canal radicular, usando blocos de resinas em canais curvos simulados, *in vitro*. Foram preparados 15 destes blocos com limas WaveOne Primary e outros 15 com limas do sistema PTU até a lima rotatória F2. Analisaram a relação curvatura-raio e o erro relativo do eixo, representando a modificação da curvatura do canal. O fator de instrumento foi significativo tanto para o parâmetro curvatura-raio quanto para o parâmetro erro relativo do eixo, onde mostrou que a lima reciprocante WaveOne Primary manteve melhor a anatomia original do canal, com menor modificação da curvatura do canal quando comparada com o sistema PTU até F2.

A partir da mesma ideia inspiradora, a fabricante VDW, concomitantemente a concorrente, lançou as limas Reciproc para suprir a nova demanda. Kim *et al.* (2012) compararam a resistência à fadiga flexural e resistência à torção das limas Reciproc e WaveOne, *in vitro*. Dez limas de cada sistema (Reciproc R25 e WaveOne Primary) passaram por testes de fadiga flexural até a sua fratura. Para servir como controle e comparação, utilizaram limas PTU F2 em rotação contínua. Para avaliar a resistência à torção um torsiômetro foi utilizado após fixar rigidamente os 5 mm apicais do instrumento. Os autores observaram que ambas as limas reciprocantes demonstraram fadiga flexural e resistências torcionais significativamente maiores do que PTU. A análise fotográfica mostrou características típicas de fadiga flexural e falha torcional para todos os instrumentos.

4.2 Resistência à fadiga flexural dos instrumentos

Com o objetivo de comparar o efeito cinemático de instrumentos de NiTi com movimento reciprocante e de rotação contínua para resistência à fadiga flexural, Ahn, Kim e Kim (2016) fizeram uma revisão sistemática *in vitro*, onde doze estudos foram selecionados com a temática fadiga flexural. A maioria dos artigos desta revisão aludiu que o movimento reciprocante proporcionou maior resistência à fadiga flexural do que o movimento rotatório. A fadiga flexural de instrumentos rotatórios foi influenciada por vários fatores, como velocidade de rotação, ângulo de curvatura do canal radicular, torque, desenho do instrumento, liga e tipo de cinemática utilizada. Como todos os estudos utilizaram canais artificiais projetados para minimizar a influência de outras variáveis, apenas o desenho do instrumento, a liga e o tipo de cinemática foram diferentes nos estudos revisados.

Ferreira *et al*. (2016) realizaram uma revisão de literatura com 20 artigos incluídos para analisar a correlação das cinemáticas e a resistência à fadiga flexural de instrumentos endodônticos rotatórios e reciprocantes de NiTi. Observaram que maioria dos estudos relata que o movimento reciprocante melhora a resistência à fadiga dos instrumentos endodônticos, em comparação com o movimento rotatório, independentemente de outras variáveis, como a velocidade de rotação, o ângulo ou raio de curvatura dos canais simulados, a geometria e a conicidade, ou as características da superfície dos instrumentos. No entanto, os autores destacam que a falta de padronização dos ensaios laboratoriais continua sendo um grande problema, pois as diferentes condições de ensaio impedem o estabelecimento de uma base de evidências científicas imparcial.

Ozyurek (2016), com o objetivo de comparar a resistência à fadiga flexural das limas Reciproc R25, WaveOne Primary e WaveOne Gold Primary, utilizaram vinte instrumentos de cada sistema em um ensaio de fadiga flexural, divididos aleatoriamente em 3 grupos. Todos os instrumentos foram girados até ocorrer a fratura, e o tempo até a fratura foi registrado em segundos e o número de ciclos até a falha foi calculado. Houve uma diferença significativa entre os grupos, onde WaveOne Gold Primary apresentou a maior média de número de ciclos até a falha e WaveOne Primary apresentou a menor média de número de ciclos até a falha. Concluiu-se que, dentro das limitações deste estudo, a resistência à fadiga flexural do sistema de lima única WaveOne Gold Primary foi maior do que a dos instrumentos de lima única WaveOne Primary e Reciproc R25.

Thu *et al.* (2020) compararam a resistência à fadiga flexural estática e dinâmica de instrumentos de NiTi rotatórios e reciprocantes de diferentes características metalúrgicas e de design, para estabelecer o efeito de redução da fadiga do movimento de bicada entre os diferentes instrumentos de NiTi. No estudo foram utilizadas as limas PTG, Hyflex EDM, Reciproc Blue e WaveOne Gold, onde cada sistema de instrumentos foi dividido em dois grupos com 10 instrumentos cada, para os testes de resistência à fadiga flexural estática e dinâmica utilizando um canal artificial de aço inoxidável. O Reciproc Blue e o Hyflex EDM apresentaram número de ciclos até a fratura significativamente maior nos testes de resistência à fadiga flexural estática e dinâmica. O teste de resistência à fadiga flexural dinâmica apresentou números de ciclos até a fratura significativamente maior que o teste de resistência à fadiga flexural estática no PTG e Hyflex EDM. Não houve diferença significativa entre

o Reciproc Blue e o WaveOne Gold entre os dois modos de teste. Concluíram neste estudo experimental que a resistência à fadiga flexural dinâmica foi significativamente maior do que a estática em instrumentos rotatórios, mas não em instrumentos reciprocantes.

4.3 Formação de trincas, fissuras e microfissuras

Diante dos vários instrumentos rotatórios e reciprocantes é preciso avaliar a relação aos possíveis danos causados ao elemento dentário preparado e seu periodonto. Para avaliar a incidência de defeitos dentinários após o preparo dos SCR Burklein, Tsotsis e Schafer (2013) realizaram um estudo com cem incisivos centrais inferiores extraídos, divididos em 5 grupos, onde um deles foi usado para controle e os outros instrumentados usando os sistemas Reciproc, WaveOne, Mtwo e PTU. Foram feitas secções horizontais nas raízes a 3, 6 e 9 mm do ápice e avaliadas ao microscópio, e os defeitos dentinários encontrados foram registrados e analisados. No grupo controle não havia nenhum defeito. Já para os canais instrumentados, independente do sistema utilizado, houve algum tipo de defeito dentinário. Rachaduras completas foram encontradas em maior número na instrumentação com Reciproc do que nos sistemas de sequência completa. Apesar das limas reciprocantes terem produzido mais trincas incompletas apicalmente (3mm) em comparação com as limas rotatórias, estatisticamente, não houve diferença em relação aos valores resumidos de todas as secções transversais.

Martins *et al*. (2021) compararam a formação de microfissuras em raízes de dentes extraídos após o preparo de canais radiculares retos e curvos com instrumentação manual, rotatória e reciprocante. Foram formados seis grupos de incisivos inferiores e canais mesiais curvos de molares inferiores e instrumentos com PTU *for Hand Use*, HyFlex EDM e Reciproc Blue. Para avaliação imagens transversais de microtomografia computadorizada foram geradas antes e depois do preparo dos canais radiculares. Após análise e comparação dos registros anteriores ao preparo perceberam que todas as microfissuras encontradas após a instrumentação já existiam antes de cada técnica. Portanto, nenhuma nova microfissura foi gerada independente da técnica, cinemática ou curvatura do canal.

Kansal *et al.* (2014) compararam a formação de fissuras dentinárias com instrumentos trabalhando em rotação contínua e movimento reciprocante, onde

utilizaram 120 pré-molares inferiores humanos extraídos, sendo 30 dentes para controle e os 90 dentes restantes divididos em 3 grupos dependendo da técnica de preparo do canal radicular. As amostras do Grupo 1 foram tratadas com limas WaveOne Primary, as amostras do grupo 2 somente com PTU F2 trabalhando em movimento reciprocante, e as amostras do grupo 3 foram preparadas com a sequência PTU até F2 em movimento de rotação contínua. As raízes foram então seccionadas a 3, 6 e 9 mm do ápice, e a superfície de corte foi observada sob um estereomicroscópio quanto à presença de microfissuras dentinárias. Observaram que o grupo controle apresentou 0% de trincas, enquanto os grupos 1, 2 e 3 causaram trincas em 15%, 26% e 53% das amostras, respectivamente. Uma diferença estatisticamente significativa foi encontrada entre os grupos que utilizaram o movimento reciprocante e o grupo de rotação contínua. No entanto, nenhuma diferença significativa foi encontrada entre os 2 grupos de limas em movimento reciprocante. Concluíram que as fissuras dentinárias são produzidas independentemente da cinemática do movimento, e que dentro dos limites deste estudo e da literatura atual, tal incidência é menor com instrumentos que trabalham em movimento reciprocante em comparação com aqueles que trabalham em rotação contínua.

Na revisão da literatura realizada por Ahn, Kim e Kim (2016) também foi avaliado a formação de defeitos ou trincas dentinárias através de 13 estudos *in vitro* selecionados que comparavam as cinemáticas rotatória e reciprocante. Dois desses estudos de defeitos ou fissuras afirmaram que o movimento reciprocante produziu mais defeitos dentinários do que o movimento rotatório. No entanto, a relação entre cinemática e a formação desses defeitos ainda é controvérsia, pois o risco de formação de defeitos dentinários está relacionado a outras variáveis como à seção transversal, tamanho, conicidade, método de fabricação e ligas utilizadas nos instrumentos, juntamente com a técnica de preparação do SCR. Clinicamente, a taxa de falha relatada do tratamento endodôntico devido à fratura radicular vertical é baixa. Além disso, as fraturas radiculares verticais podem ser resultado de alguns fatores de difícil controle como lesão física traumática, carga oclusal, hábito parafuncional, fraturas radiculares patológicas induzidas por reabsorção, procedimentos de obturação do canal radicular ou espaço após preparação. Considerando esses fatores, outros estudos clínicos são necessários para avaliar o impacto da cinemática da instrumentação nos resultados do tratamento.

4.4 Detritos extruídos apicalmente

Burklein e Schafer (2012) avaliaram a quantidade de detritos extruídos apicalmente através de um estudo *in vitro*, utilizando oitenta incisivos centrais inferiores extraídos. Tais dentes foram distribuídos em 4 grupos e os canais foram instrumentados usando os sistemas Reciproc, WaveOne, Mtwo e PTU e água destilada como irrigante. Os detritos extruídos apicalmente foram coletados em frascos de vidro, pesados e avaliados. O tempo de preparo dos canais com cada instrumento foi registrado. Concluíram que todos os sistemas causaram extrusão de detritos, porém a instrumentação utilizando limas rotatórias foi associada a menos extrusão de detritos em comparação com o uso de sistemas reciprocantes. Também foi observado que a instrumentação foi significativamente mais rápida usando o Reciproc do que com todos os outros instrumentos.

Ainda para comparar a quantidade de detritos extruídos apicalmente durante um retratamento endodôntico utilizando o sistema de Retratamento PTU e os sistemas reciprocantes Reciproc e WaveOne, Silva *et al.* (2014) utilizaram, num estudo *in vitro*, 45 pré-molares inferiores de canal único, extraídos e divididos em três grupos. Em cada grupo foi usado um sistema para remoção do material obturador, sendo eles o PTU Retratamento associado ao sistema PTU (até lima F4 40/0.06), sistema Reciproc (Reciproc R40 [40/0.06]) e sistema WaveOne (WaveOne Large [40/0,08]). Como irrigante foi utilizado hipoclorito de sódio. Os detritos extruídos apicalmente foram coletados em frascos de vidro e depois secos, pesados e analisados estatisticamente. Os autores concluíram que todos os sistemas causaram extrusão apical de detritos, porém o sistema de Retratamento PTU produziu significativamente mais detritos em comparação com os sistemas Reciproc e WaveOne.

Ahn, Kim e Kim (2016) selecionaram também 14 estudos *in vitro* para extrusão de detritos apicais na sua revisão de literatura comparando as cinemáticas reciprocante e rotatória. Com esse estudo perceberam a controvérsia se o movimento reciprocante produz mais extrusão de detritos apicais do que o rotatório porque 4 estudos afirmaram que o movimento reciprocante produziu mais detritos apicais do que o movimento rotatório ao mesmo tempo que outros 4 estudos abordaram resultados opostos, e 6 estudos não mostraram diferenças significativas entre os dois movimentos.

Silva *et al*. (2015) avaliaram a quantidade de detritos extruídos apicalmente produzidos pelos sistemas PTU, ProTaper Next, WaveOne e Reciproc após preparos com alargamento apicais até o diâmetro de uma lima manual 40. Sessenta pré-molares inferiores com canal único distribuídos aleatoriamente em 4 grupos: PTU, ProTaper Next, WaveOne e Reciproc. Água destilada foi usada como irrigante e os detritos extrusados apicalmente de cada dente foram coletados em frascos de vidro pré-pesados e secos. Após análise dos resultados concluíram que todos os sistemas foram associados à extrusão apical de detritos quando os canais foram preparados para um tamanho apical largo. O sistema PTU foi associado a mais extrusão de detritos que os demais sistemas.

5 DISCUSSÃO

Os instrumentos fabricados a partir da liga de NiTi revolucionaram a endodontia devido principalmente a característica de superelasticidade que agregou aos instrumentos maior resistência às fraturas e melhor adaptação à anatomia do SCR se comparado que a técnica de formatação manual. Estes instrumentos surgiram em associação ao preparo mecanizado (Tharuni *et al*, 1996).

A liga de NiTi ganhou destaque e recebeu tratamentos termomecânicos e mecânicos para aperfeiçoar suas propriedades e aumentar a elasticidade e a resistência do material. É consenso entre os autores que as ligas com tratamento termomecânico têm propriedades melhoradas e a cada tratamento diferente o fio agrega características específicas. Pereira *et al* (2012 e 2013) demonstraram que o fio M-Wire possui menor módulo de elasticidade e menor tensão de transformação e histerese mecânica, tornando-o mais flexível e resistente à fadiga do que o fio convencional. Já Elnaghy e Elsaka (2015) avaliaram instrumentos com tratamento Gold e concluíram que os instrumentos com esta liga possuem maior resistência à fadiga flexural e maior flexibilidade em relação ao convencional. Martins *et al* (2022) demonstraram que embora existam sistemas com propostas semelhantes o fato de cada um possa sua fabricação e tratamentos próprios faz com que as propriedades sejam diferentes.

A cinemática do preparo também se destacou, primeiro com o surgimento do preparo mecânico que utilizava originalmente o movimento rotatório dos instrumentos, com giro a direita. Em 2008, Yared propôs a utilização de um movimento oscilo-rotatório com a finalidade de reduzir o número de instrumentos, menor custo, reduzir a fadiga e eliminar a possibilidade de contaminação cruzada através do instrumento. Diante disso, foram desenvolvidos instrumentos específicos para a utilização dessa cinemática. Em 2012, Berutti *et al* avaliaram as limas reciprocantes WaveOne quanto a sua capacidade de modelagem e concluíram que as limas mantiveram melhor a anatomia original do canal. Já Kim *et al* (2012) compararam a resistência das limas reciprocantes WaveOne e Reciproc com a rotatória PTU. Os autores demonstraram que ambas as reciprocantes apresentaram fadiga flexural e resistência torcional maiores apesar de haver características de falha em todos os instrumentos.

Em 2016, Ahn, Kim e Kim buscaram responder, através de uma revisão sistemática da literatura, a essa questão de qual cinemática proporciona maior resistência à fadiga flexural. Eles concluíram que o movimento reciprocante proporciona maior resistência à fadiga flexural em comparação com o rotatório em canais artificiais. Estes resultados corroboram os achados de Ferreira *et al* (2016). Ainda em 2016, Ozyurek comparou a resistência à fadiga flexural de instrumentos reciprocantes com tratamento termomecânico com os de NiTi convencional. Os autores perceberam que o tratamento também é significativo nessa cinemática, pois a lima WaveOne Gold foi mais resistente que WaveOne e Reciproc que são fabricados em NiTi convencional.

Em relação à resistência à fadiga flexural, Thu *et al* (2020) compararam a resistência estática e dinâmica de instrumentos de NiTi rotatórios e reciprocantes. Demonstraram que Reciproc Blue e Hyflex EDM obtiveram maior número de ciclos até a fratura tanto estática quanto dinamicamente. Concluíram que a fadiga flexural dinâmica foi maior do que a estática em instrumentos rotatórios, mas não em instrumentos reciprocantes.

Em relação a formação de trincas e fissuras dentinárias há controvérsias pois Burklein, Tsotsis e Schafer (2013) e Kansal *et al*. (2014) afirmam que independente do sistema utilizado, houve algum tipo de defeito dentinário que não existia no grupo controle. Em contrapartida, Martins *et al*. (2021) alegam que todas as microfissuras encontradas após a instrumentação já existiam antes dessa intervenção. E ainda há divergências entre aqueles que observaram formação de trincas. Burklein, Tsotsis e Schafer (2013) apontaram maior número naqueles canais preparados com cinemática reciprocante o que diverge de Kansal *et al*. (2014) que afirmam se tratar de uma menor incidência de formação desses defeitos através do uso de instrumentos reciprocantes quando comparados à cinemática rotatória. Embora, Burklein, Tsotsis e Schafer (2013) não encontraram diferenças estatísticas em relação aos valores resumidos de todas as seções transversais analisadas. Essa inconsistência dos resultados vai de encontro com os achados de Ahn, Kim e Kim (2016) que perceberam que a extrusão de detritos não mostrou diferenças significativas entre os dois movimentos na maioria dos artigos analisados e os demais artigos se mostram conflitantes, pois a cada artigo que afirma que o movimento reciprocante extrui menos existe um outro que expressa o resultado contrário.

Burklein e Schafer (2012) concluíram que todos os sistemas causaram extrusão de detritos no tratamento endodôntico e Silva *et al.* (2014) chegaram ao mesmo resultado durante o retratamento e observaram ainda maior extrusão no uso do sistema rotatório durante o retratamento. Porém, não há um consenso em relação ao tipo de cinemática causar mais extrusão, pois Burklein e Schafer (2012) e Ahn, Kim e Kim (2016) destacam a existência de muitas outras variáveis determinantes na formação desses defeitos dentinários. Ahn, Kim e Kim (2016) ressaltam ainda a existência de muitos estudos com resultados conflitantes.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao longo das últimas décadas houve um avanço tecnológico significativo no tratamento endodôntico, tornando-os mais previsíveis. Dentre eles, a instrumentação mecanizada aliada ao uso de instrumentos flexíveis de NiTi recebem o papel de destaque, elevando o índice de sucesso destes tratamentos.

Apesar disto, podemos observar que não há consenso na literatura sobre qual seria o instrumento ou cinemática ideal.

Sendo assim, a pesquisa deve ser encorajada para que possamos avançar cada dia mais com o único objetivo de aumentar o índice de sucesso do tratamento endodôntico.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AHN, S. Y.; KIM, H. C.; KIM, E. Kinematic Effects of Nickel-Titanium Instruments with Reciprocating or Continuous Rotation Motion: A Systematic Review of In Vitro Studies. Journal of Endodontics, v. 42, n. 7, p. 1009-1017, 2016.

BERUTTI, E.; CHIANDUSSI, G.; PAOLINO, D. S.; SCOTTI, N.; CANTATORE, G.; CASTELLUCCI, A.; PASQUALINI, D. Canal Shaping with WaveOne Primary Reciprocating Files and ProTaper Sistem: A Comparative Study. Journal of Endodontics, v. 38, n. 4, p. 505-509, 2012.

BURKLEIN, S.; SCHAFER, E. Apically Extruded Debris with Reciprocating Single-File and Full-Sequence Rotary Instrumentation Systems. Journal of Endodontics, v. 38, n. 6, p. 850-852, 2012.

BURKLEIN, S.; TSOTSIS, P.; SCHAFER, E. Incidence of Dentinal Defects After Root Canal Preparation: Reciprocanting Versus Rotary Instrumentation. Journal of Endodontics, v. 39, n. 4, p. 501-504, 2013.

CALBERSON, F. L. G.; DEROOSE, C. A. J. G.; HOMMEZ, G. M. G.; DE MOOR, R. J. G. Shaping Ability of ProTaper Nickel-Titanium Files in Simulated Resin Root Canals. Internacional Endodontic Journal, v. 37, n. 9, p. 613-623, 2004.

ELNAGHY, A. M.; ELSAKA, S. E. Mechanical Properties of ProTaper Gold Nickel-Titanium Rotary Instruments. International Endodontic Journal, v. 49, n. 11, p. 1073-1078, 2015.

FERREIRA, F.; ADEODATO, C.; BARBOSA, I.; ABOUD, L.; SCELZA, P.; SCELZA, M. Zaccaro. Movement kinematics and cyclic fatigue of NiTi rotary instruments: a systematic review. International Endodontic Journal, v. 50, n. 2, p. 143-152, 2016.

KANSAL, R.; RAJPUT, A.; TALWAR, S.; ROONGTA, R.; VERMA, M. Assessment of Dentinal Damage during Canal Preparation Using Reciprocating and Rotary Files. Journal of Endodontics, v. 40, n. 9, p. 1443-1446, 2014.

KIM, H.; KWAK, S.; CHEUNG, G. S.; KO, D.; CHUNG, S.; LEE, W. Cyclic Fatigue and Torsional Resistance of Two New Nickel-Titanium Instruments Used in Reciprocating Motion: Reciproc Versus WaveOne. Journal of Endodontics, v. 38, n. 4, p. 541-544, 2012.

MARTINS, J. N. R.; SILVA, E. J. N. L.; MARQUES, D.; PEREIRA, M. R.; VIEIRA, V. T. L.; ARANTES-OLIVEIRA, S.; MARTINS, R. F.; BRAZ FERNANDES, F.; VERSIANI, M. Design, Metallurgical Features, and Mechanical Behaviour of NiTi Endodontic Instruments from Five Different Heat-Treated Rotary Sistems. Materials, v. 15, n. 3, p. 1009, 2022.

MARTINS, J. C. L. G. D.; OLIVEIRA, B. P.; DUARTE, D. A.; ANTONINO, A. C. D.; AGUIAR, C. M.; CAMARA, A. C. Micro-computed tomographic assessment of dentinal microcrack formation in straight and curved root canals in extracted teeth prepared with hand, rotary and reciprocating instruments. Internacional Endodontic Journal, v. 54, n. 8, p. 1362-1368, 2021.

ÖZYÜREK, Taha. Cyclic Fatigue Resistance of Reciproc, WaveOne, and WaveOne Gold Nickel-Titanium Instruments. Journal Of Endodontics, v. 42, n. 10, p. 1536-1539, 2016.

PEREIRA, E. S. J.; GOMES, R. O.; LEROY, A. M. F.; SINGH, R.; PETERS, O. A.; BAHIA, M. G. A.; BUONO, V. T. L. Mechanical Behavior of M-Wire and Conventional NiTi wire Used to Manufacture Rotary Endodontic Instruments. Academy of Dental Materials, v. 29, n. 12, p. 318-324, 2013.

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. Physical and Mechanical Properties of a Thermomechanically Treated NiTi wire Used in the Manufacture of Rotary Endodontic Instruments. Internacional Endodontic Journal, v. 45, n. 5, p. 469-474, 2012.

SILVA, E. J. N. L.; CARAPIÁ, M. F.; LOPES, R. M.; BELLADONNA, F. G.; SENNA, P. M.; SOUZA, E. M.; DE-DEUS, G. Comparison of apically extruded debris after large apical preparations by full-sequence rotary and single-file reciprocating systems. International Endodontic Journal, v. 49, n. 7, p. 700-705, 29 jul. 2015.

SILVA, E. J. N. L.; SÁ, L.; BELLADONNA, F. G.; NEVES, A. A.; ARCCOSI-MENDONÇA, T.; VIEIRA, V. T. L.; DE-DEUS, G.; MOREIRA, E. J. Reciprocanting Versus Rotary Systems for Root Filling Removal: Assessment of the Apically Extruded Material. Journal of Endodontics, v. 40, n. 12, p.2077-2080, 2014.

THARUNI, S. L.; PARAMESWARAN, A.; SUKUMARAN, V. G. A. Comparison of Canal Preparation Using the K-File LightSpeed in rsin Blocks. Journal of Endodontics, v. 22, n. 9, p. 474-476, 1996.

TOMPSON, P. L.; SIMON, S. R. Contemporary Cleaning and Shaping of the Root Canal System. Primary Dental Journal, v. 5, n. 2, p. 46-53, 2016.

THU, M.; EBIHARA, A.; MAKI, K.; MIKI, N.; OKIJI, T. Cyclic Fatigue Resistance of Rotary and Reciprocating Nickel-Titanium Instruments Subjected to Static and Dynamic Tests. Journal of Endodontics, v. 46, n. 11, p. 1752-1757, 2020.

WALIA, Harmeet; BRANTLEY, Willian A.; GERSTEIN, Harold. 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.

YARED, G. Canal Preparation Using Only One Ni-Ti Rotary Instrument: Preliminary Observations. International Endodontic Journal, v. 41, n. 4, p. 339-344, 2008.