

Ana Cristina Barbosa Castelo Branco

ProTaper Gold® versus WaveOne Gold®: Uma comparação de dois sistemas Gold

Universidade Fernando Pessoa

Faculdade Ciências da Saúde

Porto, 2020

Ana Cristina Barbosa Castelo Branco

ProTaper Gold® versus WaveOne Gold®: Uma comparação de dois sistemas Gold

Universidade Fernando Pessoa

Faculdade Ciências da Saúde

Porto, 2020

Ana Cristina Barbosa Castelo Branco

ProTaper Gold® versus WaveOne Gold®: Uma comparação de dois sistemas Gold

Trabalho apresentado à Faculdade de Ciências da Saúde
da Universidade Fernando Pessoa como parte dos requisitos
para obtenção do grau de Mestre em Medicina Dentária.

Ana Cristina Barbosa Castelo Branco

Resumo

A fratura dos instrumentos de Níquel Titânio continua sendo um problema para os endodontistas. Os fabricantes tem como desafio melhorar as propriedades mecânicas das ligas com o propósito de aumentar a resistência à fadiga cíclica reduzindo o risco de fraturas.

A moldagem do canal radicular é um procedimento crucial no tratamento endodôntico não cirúrgico que influencia as etapas subsequentes de desinfecção e obturação do canal radicular.

Este trabalho tem como objetivo comparar dois sistemas: ProTaper GOLD® e WaveOne GOLD® em relação a resistência à fadiga cíclica e a capacidade de centralização dos preparos.

Da análise realizada da literatura científica consultada, as melhorias nas propriedades das ligas como a flexibilidade, resultou em aumento da resistência à fadiga cíclica e melhor capacidade de centralização nos preparos.

Palavras-chave: Endodontia, ProTaper Gold e WaveOne Gold.

Abstract

The fracture of Nickel Titanium instruments remains a problem for endodontists. Manufacturers are challenged to improve the mechanical properties of alloys to increase cyclic fatigue resistance and reduce the risk of fractures.

Root canal shaping is a crucial procedure in non-surgical endodontic treatment that influences the subsequent stages of root canal disinfection and obturation.

This work aims to compare two systems: ProTaper GOLD® and WaveOne GOLD® in relation to cyclic fatigue resistance and the ability to centralize the preparations.

From the analysis of the scientific literature consulted, improvements in alloy properties such as flexibility resulted in increased cyclic fatigue resistance and better centering ability of the preparations.

Keywords: Endodontics, ProTaper Gold and WaveOne Gold.

Dedicatória

Dedico esse trabalho a toda minha família: em especial ao meu marido e companheiro Marcelo, minhas filhas Pietra e Giulia que são a razão do meu viver e, aos meus pais Castelo e Carminha que são os meus exemplos de vida.

Agradecimentos

Agradeço a todos que contribuíram para que eu conseguisse vencer esse desafio em minha vida.

Em especial a meu marido Marcelo pela paciência, parceria, apoio e colaboração no trabalho.

Aos meus pais por não pouparem esforços para me ajudar.

Ao orientador professor Dr. Tiago Reis por ter me aceitado como orientanda e ter disponibilidade e paciência para me guiar e ajudar neste trabalho.

Índice Geral

Sumário

Resumo	v
Abstract.....	vi
Dedicatória.....	vii
Agradecimentos	viii
Índice Geral.....	ix
Índice de Abreviaturas e Siglas.....	x
I. INTRODUÇÃO	1
1. Metodologia.....	2
II. DESENVOLVIMENTO.....	3
1. Evolução da Ligas.....	3
2. Tipos de fratura dos instrumentos.....	4
3. Instrumentação dos Sisemas de canais radiculares.....	4
4. Instrumentação Mecanizada	5
5. Características das limas	5
5.i. ProTaper Gold	6
5.ii. WaveOne Gold	6
6. Revisão de Literatura	7
III. DISCUSSÃO	13
IV. CONCLUSÃO	15
V. BIBLIOGRAFIA	16

Índice de Abreviaturas e Siglas

TENC- Tratamento endodôntico não cirúrgico

PQM- Preparo químico-mecânico

SCR- Sistema de canais radiculares

NiTi- Níquel- Titânio

PTG- ProTaper Gold®

WOG- WaveOne Gold®

NCF- Número de ciclos até a fratura

PTU- ProTaper Universal®

PTN- ProTaper Next®

WO-WaveOne®

REC- Reciproc®

Af- temperatura de transformação de fase

2S- 2 Shape®

Micro-CT- Microtomografia computadorizada

CBCT- Tomografia computadorizada de feixe cônico

HEDM- Hyflex EDM ®

VB -Vortex Blue®

OC- OneCurve ®

PDL- Pro design Sistema Logic®

SMI- Índice estrutural do modelo

I. INTRODUÇÃO

A Endodontia é a especialidade da Medicina Dentária responsável pelo tratamento de patologias da polpa. As principais alterações patológicas que acometem a polpa e os tecidos periradiculares são de natureza inflamatória e de etiologia infecciosa. Para tratar essas doenças recorreremos ao tratamento endodôntico não cirúrgico (TENC), que consiste em realizar uma preparação químico-mecânica (PQM) do sistema de canais radiculares (SCR) que é realizado por meio da utilização de instrumentos endodônticos e por substâncias ou soluções químicas auxiliares (Lopes, 2015). O objetivo principal da PQM é a remoção de restos pulpares, bactérias presentes nos canais radiculares; e a modelagem que amplia e cria a forma definida ao canal radicular criando condições necessárias para obturação do canal e estabelecimento da saúde (Mamede-Neto *et al.*, 2017; Keles *et al.*, 2019).

A PQM encontra diversos desafios devido à grande variedade de tamanho, forma e variações anatômicas das raízes dentárias. A complexa anatomia do SCR causa desafios de instrumentação, que podem impedir a desinfecção adequada do mesmo, causando insucesso no tratamento, ou causando erros de procedimento, como fraturas dos instrumentos, transporte do canal, degraus ou perfurações (Al-Dhbaan *et al.*, 2018). De modo a ultrapassar essas dificuldades anatômicas e visando minimizar esses acidentes, modificações nas técnicas de instrumentação e nos instrumentos endodônticos têm sido sugeridas. Esses instrumentos endodônticos utilizados podem ser manuais de aço inoxidável ou Níquel-Titânio (NiTi); ou mecanizados (NiTi). Avanços tecnológicos têm permitido a confecção de instrumentos endodônticos com ligas de NiTi com diferentes tratamentos térmicos (Eugenio Pedullà *et al.*, 2013).

Sendo o sistema ProTaper Gold® (PTG) e WaveOne Gold® (WOG) dois sistemas fabricados na mesma liga, no entanto com características diferentes em diversos aspectos, o objetivo deste trabalho é comparar estes dois sistemas em relação à resistência à fratura por fadiga cíclica e a capacidade de centralidade da preparação assim como a manutenção da anatomia original do canal.

1. Metodologia

Para a elaboração deste trabalho foi realizada uma pesquisa bibliográfica nas bases de dados PubMed, Medline, Scielo e Google Académico, através do acesso da Biblioteca da Universidade Fernando Pessoa. As palavras chave utilizadas foram: ProTaper Gold, WaveOne Gold, endodontia e instrumentação. A pesquisa bibliográfica foi realizada entre setembro de 2020 e dezembro de 2020 recorrendo a várias combinações entre os termos de pesquisa, de modo a limitar a informação obtida ao tema proposto. Os critérios de inclusão restringiram a pesquisa a artigos escritos nas línguas inglesa e portuguesa, artigos publicados nos últimos 8 anos, sendo que, inicialmente, a seleção foi realizada com base na leitura do título e do resumo, tendo sido rejeitados todos aqueles que, divergiam substancialmente da temática em estudo ou cuja disponibilidade estava impossibilitada. Posteriormente, a exclusão foi determinada pela análise do conteúdo integral de cada artigo, tendo culminado num total de 30 artigos. Foi ainda utilizado um livro de referência na área.

II. DESENVOLVIMENTO

1. Evolução da Ligas

Inicialmente para a realização do TENC os instrumentos utilizados eram de aço inoxidável que possuem algumas desvantagens. A exemplo, temos o uso de muitas limas para conseguir o correto preparo do canal, o tempo elevado necessário para modelar o canal, e o alto índice de transporte apical que eram gerados. A necessidade de desenvolver procedimentos com maior eficiência e precisão e com o propósito de diminuir o risco de preparações defeituosas, fez muitos pesquisadores começarem a buscar novas tecnologias a fim de tornar mais efetivo e seguro o PQM dos canais. A introdução das ligas de NiTi no final da década de 1980 levou a uma revolução na endodontia, pois essas limas mostraram ter vantagens consideráveis sobre as limas de aço inoxidável (Tabassum, Zafar and Umer, 2019).

As limas de NiTi possuem composição de 56% Níquel e 44% Titânio e foram introduzidas para facilitar a instrumentação de canais de raiz curva. Vieram para superar o problema de rigidez associada dos instrumentos de aço inoxidável. Além da vantagem de maior flexibilidade e menor tempo de tratamento de trabalho, a liga de NiTi tem baixo módulo de elasticidade o que leva a menos erros de procedimento, como degraus ou transporte do canal devido à sua superelasticidade, em comparação com as limas aço inoxidável (Ye and Gao, 2012; Mamede-Neto *et al.*, 2017; Radwański, Łęski and Pawlicka, 2018).

Apesar de todas as vantagens das limas NiTi, a falha da lima durante o uso clínico é uma das principais complicações das limas NiTi (Özyürek, Yılmaz and Uslu, 2017). Melhoramentos iniciais dos instrumentos foram, na sua maioria, o resultado de alterações de design. Recentemente, novos desenhos, ligas, técnicas de fabricação e tratamentos de calor foram introduzidos pelos fabricantes (Scott *et al.*, 2019). Esses aperfeiçoamentos, especificamente os novos tratamentos térmicos e mecânicos trouxeram a liga de NiTi maior resistência à fratura cíclica e torsional, associadas a um melhor padrão de limpeza, menor desvio de canal radicular e menor tempo de execução (A. M. Elnaghy and Elsaka, 2016).

Surge então, a partir de 2008, o lançamento das limas M-Wire, desenvolvida por meio de processamento termomecânico onde adquiriu melhorias nas propriedades mecânicas. A seguir em 2010, desenvolvem-se as limas com controle de memória, as quais não recuperam a sua forma original quando são pré-curvados. A sua memória de forma, funciona de forma distinta dos instrumentos de NiTi das gerações anteriores. E então, são lançadas os sistemas de

instrumentação PTG e WOG que contam com um novo tratamento térmico, o Gold Wire (Cassimiro *et al.*, 2018).

Essa metalurgia foi desenvolvida com uma tecnologia de tratamento térmico específica de dois estágios. Também se verificou redução na quantidade de níquel na sua composição além do novo tratamento térmico posterior a sua fabricação. Essas inovações no processo de fabricação trouxeram uma lima menos rígida e com maior resistência à fadiga cíclica, o que reduz o risco de fratura das limas (Hieawy *et al.*, 2015; van der Vyver *et al.*, 2019)

O processamento termomecânico é frequentemente usado para otimizar a microestrutura e o comportamento de transformação de fase das ligas de NiTi. As limas são submetidas ao tratamento sob tensões em diferentes temperaturas, que resulta em uma liga com 3 fases microestruturais (martensita, R- Fase e austenita), que determina as propriedades mecânicas do metal. As fases são afetadas pelo estresse e ou temperatura. A fase austenítica ocorre em temperaturas mais altas e menores tensões; a fase de martensita ocorre em temperaturas mais baixas e maiores tensões, enquanto a fase R é uma fase intermediária que é formada na transformação para frente e para trás entre austenita e martensita (El-Anwar *et al.*, 2016; Keles *et al.*, 2019).

2. Tipos de fratura dos instrumentos

A fratura das limas de NiTi ocorre devido a fadiga cíclica ou torsional (E. Pedullà *et al.*, 2013). A fadiga cíclica ocorre quando o instrumento gira em um canal curvo sendo sujeito a uma alternância entre compressão e tensão. A falha por torção ocorre quando a ponta do instrumento está bloqueada no canal enquanto a haste continua a girar. A fratura devido à fadiga cíclica pode ocorrer sem qualquer defeito visível de deformação permanente e conseqüentemente esses instrumentos podem fraturar sem nenhum sinal de alerta. Neste contexto, os métodos aperfeiçoados de resistência à fratura por fadiga cíclica têm sido propostos para instrumentos endodônticos, incluindo a modificação da composição química da liga NiTi, mudando o processo de fabricação, e novas seções transversais projetos, processos termomecânicos, e cinemática. (Olcay, Eyuboglu and Erkan, 2019).

3. Instrumentação dos Sistemas de canais radiculares

A instrumentação do canal radicular é um dos procedimentos mais importantes no tratamento do canal radicular. É essencial para determinar a eficiência de todos os procedimentos

subsequentes, incluindo desinfecção química e obturação do canal radicular (A. M. E. Elnaghy and Elsaka, 2016).

A importância de manter os preparos centralizados e mantendo a anatomia original do canal é o resultado da interação de 3 fatores principais: a cinemática do movimento realizado pelos instrumentos, a seção transversal da lima, e o tipo de liga da mesma. A mecânica correta de instrumentação do canal radicular deve resultar em um preparo cônico contínuo do canal em forma de funil que corresponde a anatomia original do original. Considerando a complexa morfologia interna dos canais radiculares curvos, esse preparo é frequentemente difícil de alcançar. Erros de preparação iatrogênica de canais curvos pode resultar em transporte apical do canal, preparações não-centradas, formação de degraus, ou perfuração (Mamede-Neto et al., 2017).

4. Instrumentação Mecanizada

Os sistemas PTG e WOG apresentam movimentos distintos, sistema PTG é utilizado num movimento rotatório contínuo, enquanto o sistema WOG é utilizado com um movimento recíprocante (Elnaghy and Elsaka, 2016; Elnaghy and Elsaka, 2017).

A cinemática utilizada pelo sistema de limas PTG é o movimento rotatório contínuo de 360° em direção ao ápice (Hieawy *et al.*, 2015; Mamede-Neto *et al.*, 2018).

O movimento recíprocante consiste em uma rotação maior no sentido anti-horário onde ele avança para apical, cortando dentina e é seguida de uma rotação menor no sentido horário, havendo a libertação e desprendimento da dentina, recuando no sentido cervical. A cinemática utilizada pelo sistema de lima WOG realiza 150° no sentido anti-horário e 30° no sentido horário. Esse movimento favorece o avanço progressivo do instrumento em 120° através do canal até o comprimento de trabalho evitando o efeito de “aparafusamento” (Elnaghy and Elsaka, 2017).

5. Características das limas

O sistema PTG foi desenvolvido com metalurgia avançada e apresenta um desenho cônico progressivo que é reivindicado pelo fabricante para aumentar a eficiência e a segurança do corte. Eles possuem geometria idêntica ao sistema ProTaper Universal® (PTU) apresentando uma seção transversal triangular convexa, ou seja, um triângulo equilátero com lados convexos e ponta inativa não cortante. O sistema PTG é constituído pelas limas SX, S1, S2, conhecidas

como “*shaping files*”, criadas para trabalhar o terço coronário e médio. A lima S1 tem um diâmetro em D0 de 0,19mm e em D16 de 1,2mm. Esta lima serve para o alargamento do terço mais coronário do canal radicular. A lima S2 tem um diâmetro em D0 de 0,20mm e em D16 de 1,2mm e serve para a preparação do terço médio do canal. A lima Sx, será usada opcionalmente, ou seja, só se a entrada do canal necessitar de ser alargada removendo interferências coronárias. Tem um diâmetro em D0 de 0,19mm e em D16 é de 1,19mm. As limas de acabamento PTG (F1, F2, F3, F4, F5) conhecidas como “*finishing files*” que servem para preparar o terço apical. As “*finishing files*” são utilizadas para instrumentar, expandir e modelar o terço apical, e nos 3 mm apicais tem conicidade constante, que decresce até D16, para aumentar a flexibilidade na parte coronal do instrumento. A lima F1 tem uma haste de fixação com um anel de cor amarela e o seu diâmetro em D0 é de 0,20mm e uma conicidade de 7%; a lima F2 tem uma haste de fixação com anel vermelho e o seu diâmetro em D0 mede 0,25mm e uma conicidade de 8%; a lima F3 tem um anel de cor azul, e o seu diâmetro apical é de 0,30mm e uma conicidade de 9%; a lima F4 é caracterizado pela presença de dois anéis pretos com um diâmetro apical de 0,40mm, e uma conicidade de 6%; a lima F5 é caracterizado por ter dois anéis amarelos com um diâmetro em ponta de 0,50mm, e uma conicidade de 5% (Gagliardi *et al.*, 2015; Hieawy *et al.*, 2015; A. M. E. Elnaghy and Elsaka, 2016; Özyürek, Yılmaz and Uslu, 2017; Al-Dhbaan *et al.*, 2018; Mamede-Neto *et al.*, 2018)

5.ii. WaveOne Gold

O sistema WOG combina a técnica original do instrumento recíproco do seu predecessor Wave One® (WO) com os avanços metalúrgicos de uma técnica de ouro, que dá ao sistema a aparência dourada. WOG foi fabricado com desenho e liga diferente da WO (feita de liga M-Wire e secao transversal triangular), apresentando conicidade variada ao longo de todo o comprimento ativo e uma secção transversal em forma de paralelogramo com arestas de 85°. Essas arestas reduzem significativamente o torque, minimizam o efeito do aparafusamento na eficiência de corte e permitem uma melhor remoção de detritos (Al-Dhbaan *et al.*, 2018; Olcay, Eyuboglu and Erkan, 2019; Scott *et al.*, 2019; van der Vyver *et al.*, 2019). Possui quatro instrumentos distintos para atender uma variedade maior de tamanhos e formas de canais: “*small*” (20.07), “*primary*” (25.07), “*medium*” (35.06) e “*large*” (40.05). (Elnaghy and Elsaka, 2017; Singh, Mirdha, P H Shilpa, *et al.*, 2019)

6. Revisão de Literatura

De acordo com a literatura, relativamente à resistência à fratura por fadiga cíclica existem estudos com diversos resultados.

Elnaghy and Elsaka, (2016) compararam os sistemas PTU e PTG em relação à resistência à fratura por fadiga cíclica e por torção, utilizando canais simulados para comparar o número de ciclos até a falha (NCF). Após os testes, verificaram que PTU apresenta maior resistência a tensão de torção e microdureza que os instrumentos PTG. Mas por outro lado, a PTG tinha uma resistência maior a fadiga cíclica e maior flexibilidade que a PTU. As diferenças do tratamento térmico e do comportamento de transformação de fase dos dois sistemas explica os resultados encontrados e são responsáveis pelo aumento da resistência a fadiga cíclica da PTG.

Num estudo realizado com os sistemas WOG e o sistema Reciproc® (REC), estes foram imersos em hipoclorito de sódio (NaOCl) e o soro fisiológico à temperatura corporal, com o objectivo de avaliar os efeitos das soluções irrigantes sobre a resistência à fratura por fadiga cíclica. Os instrumentos foram utilizados em canais simulados com angulo de curvatura de 60°, imersos na solução de teste até a fratura, e o NCF foi registado. Podemos concluir com esse estudo que a imersão do sistema WOG e REC quer em soro fisiológico quer em NaOCl diminuiu consideravelmente a sua resistência à fadiga cíclica. Dos sistemas testados, WOG apresentaram um número significativamente maior NCF do que os instrumentos REC, o que comprova que a resistência à fadiga dos instrumentos WOG foi maior do que a dos instrumentos REC nas condições do estudo (Elnaghy and Elsaka, 2017).

Ahmet Keles *et al.* (2019), testaram a hipótese de que a temperatura do NaOCl tem uma influência na resistência a fadiga cíclica comparando os sistemas WOG, REC, WO, Reciproc Blue® (RPB) e One Shape®, demonstrando que a imersão em NaOCl a 60° afetou negativamente a resistência à fadiga cíclica de todos os instrumentos testados. Portanto os instrumentos devem trabalhar a temperatura corporal durante o uso clínico. A RPB apresentou maior resistência à fadiga cíclica em comparação com os outros sistemas. As limas tratadas com calor apresentaram maior resistência à fadiga do que as limas tradicionais.

A temperatura do meio ambiente e no meio intracanal e sua influência na resistência a fadiga cíclica dos instrumentos PTG e PTU, foi objeto desse estudo. Os testes realizados mostraram que PTU teve uma redução significativa na resistência a fadiga cíclica na temperatura intracanal em comparação com a temperatura ambiente. Enquanto os instrumentos PTG exibiram

resistência maior à fadiga cíclica do que os instrumentos PTU, tanto em temperatura ambiente quanto intracanal. A temperatura intracanal influenciou na resistência à fadiga cíclica de instrumentos produzidos com níquel-titânio tradicional, enquanto não influenciou na vida em fadiga de instrumentos produzidos com tratamento térmico de ouro. (Plotino *et al.*, 2017).

Ficou também comprovado por Hieawy *et al.*,(2015), que o processo de fabricação das limas produz diferentes comportamentos de transformação de fase, que gera diferentes comportamentos mecânicos. Os instrumentos PTG tinham comportamento de transformação de fase diferente do PTU, o que pode ser atribuído ao historial de tratamento térmico especial dos instrumentos PTG. Obteve-se como resultado uma maior resistência à fadiga cíclica e maior flexibilidade conferidos aos instrumentos PTG, o que corrobora com a ideia de que o tratamento térmico da liga de NiTi tem um forte impacto sobre os comportamentos mecânicos. Os instrumentos PTG podem ser mais adequados para a preparação de canais com uma curvatura mais abrupta.

O objetivo de outro estudo foi avaliar a resistência a fadiga cíclica dos sistemas WOG, WO e EdgeFile X1®. Foram testados em canais simulados com ângulo de 60° a temperatura corporal 37°. Foram identificadas algumas limitações nesse estudo como por exemplo ter sido realizado um teste estático, ou seja, em que não existe movimento por parte do micromotor, usando apenas um ângulo e um raio de curvatura, o que dificulta a transferência dos resultados para a prática clínica. Com as limitações deste estudo, concluíram que os instrumentos fabricados com as novas ligas apresentam melhor resistência à fadiga cíclica que os instrumentos em M-wire. (Scott *et al.*, 2019)

Para verificar os efeitos da esterilização por autoclave sobre a vida cíclica dos instrumentos, foram testados os instrumentos PTG, PTU e ProTaper Next® (PTN) em canais artificiais. Foi verificado o NCF e foi concluído que a PTG mostrou NCF significativamente mais elevado que a PTU e PTN. O instrumento PTG feito de nova liga de ouro é mais resistente à falha por fadiga cíclica do que o PTN e PTU. A autoclavagem não causou danos à lima, ao contrário, aumentou a resistência à fadiga cíclica do PTG. Os autores atribuíram o resultado à flexibilidade que as limas PTG ganharam durante o processo de fabricação termomecânica. (Özyürek, Yılmaz and Uslu, 2017).

Tem sido relatado que o raio de curvatura, ângulo de curvatura e tamanho do instrumento são fatores importantes na fratura do instrumento devido à fadiga cíclica. A preparação do canal

radicular em canais estreitos e curvos é um desafio, mesmo para endodontistas experientes. (Ferreira and Ferreira, 2012). Com a finalidade de avaliar o efeito da localização da curvatura do canal sobre a resistência a fadiga cíclica, este estudo avaliou os resultados dos preparos com instrumentos WO, WOG, REC e REC B, em dois pontos distintos, curvatura na parte coronal e/ou curvatura na parte apical de canais artificiais. Os resultados demonstraram que os instrumentos reciprocantes experimentam uma diminuição da resistência à fadiga cíclica quando operados em canais com curvaturas coronais e do terço médio quando comparados com curvaturas do terço apical. (Sobotkiewicz *et al.*, 2020)

Em um estudo com instrumentos reciprocantes WOG, e de rotação contínua PTN e 2Shape® (2S), foi avaliado os resultados da comparação entre o NCF, tempo de falha, e o comprimento do fragmento fraturado. Sendo que os melhores resultados foram obtidos pela WOG, seguido pela PTN e por fim pela 2S. Uma provável explicação para o resultado deste estudo pode ser devido às diferenças nas características metalúrgicas, desenhos transversais e propriedades cinemáticas das limas NiTi entre os instrumentos testados. (K Olcayet, 2019).

Outro estudo comparou a resistência à fadiga cíclica dos sistemas WOG, REC, WO em canais artificiais com dupla curvatura em forma de S. A curva coronal tinha um ângulo de curvatura de 60° e estava localizado a 8 mm da ponta do instrumento; a curva apical tinha um ângulo de 70°. de curvatura a 2 mm da ponta. O sistema WOG exibiu maior resistência à fadiga do que a REC e este maior que WO. Isto pode ser explicado devido as diferenças metalúrgicas entre os instrumentos nomeadamente pelo tratamento térmico Gold que proporciona maior flexibilidade.(Topçuoğlu *et al.*, 2017)

Gambarini *et al.*, (2019) realizou um estudo com o objetivo de avaliar a resistência à fadiga cíclica dos sistemas WOG e EdgeOne Fire™ . Esses dois sistemas têm as mesmas características tridimensionais: são semelhantes em design e foram testados com a mesma cinemática recíprocante conforme sugerido pelo fabricante. Os resultados demonstram, neste estudo, que o sistema EOF é duas vezes mais resistente à fadiga cíclica em comparação com o sistema WOG. Este resultado pode ser explicado devido ao peculiar aspecto tridimensional da matriz cristalina da liga Fire-wire que confere maior flexibilidade e resistência à fadiga cíclica aos instrumentos.

Em outro estudo foram avaliados quatro sistemas: Hyflex EDM® (HEDM), Vortex Blue® (VB), PTG, OneCurve® (OC), todos os sistemas apresentam ligas de NiTi com diferentes

tratamentos térmicos, com dimensões semelhantes e funcionam com um movimento rotativo no sentido horário. Foram testados em canais artificiais com ângulo de curvatura de 60°, até a fratura. Os resultados obtidos mostraram que o sistema HEDM apresentou a maior resistência à fadiga cíclica entre todos os outros sistemas. O sistema OC apresentou uma resistência à fadiga maior do que PTG e VB, no entanto, não houve diferença significativa entre os instrumentos PTG e VB no NCF. (AD Uygun, M Unal, S Falakaloglu, 2019).

Anteriormente, outro estudo avaliou a resistência à fadiga cíclica de instrumentos HEDM, PTG e PTU. Eles relataram que o sistema HEDM apresentou a maior resistência à fadiga cíclica, seguidos dos sistemas PTG e PTU, o que está de acordo com o estudo de Uygun. (Kaval, Capar and Ertas, 2016)

Na literatura existem também diversos estudos que avaliam a capacidade de centralidade da preparação assim como a manutenção da anatomia original do canal.

Foi realizado um estudo com o objectivo de comparar a capacidade de modelagem da liga M-Wire, representado pelos sistemas WO e REC com as novas tecnologias Gold e Blue representados respectivamente pelos sistemas WOG e REC B, em raízes com ângulo de curvatura de 25-35°. Os sistemas foram testados num total de 80 molares extraídos onde obteve-se uma homogeneidade em relação aos 3 parâmetros: curvatura do canal, raio do canal e comprimento de trabalho. O resultado desse estudo demonstra que as novas gerações apresentam desempenho semelhante aos seus predecessores em M-wire. Concluíram que o tratamento térmico não teve impacto significativo sobre a capacidade de moldagem em dentes com esse ângulo de curvatura (Bürklein, Flüch and Schäfer, 2019).

Em 2019, um estudo avaliou o efeito da instrumentação do canal radicular de instrumentos fabricados com níquel titânio, liga M-Wire e liga Gold com diferentes técnicas de preparação. Foi utilizado imagem tomográfica microcomputadorizada (Micro-CT) em molares extraídos antes da instrumentação e após a mesma para comparar a relação de centralização e os valores de transporte do canal nos níveis apical, médio e coronal e as mudanças gerais no volume do canal. Verificou-se que WOG mostrou melhor capacidade de moldagem do canal radicular e removeu menos dentina das paredes do canal. Os instrumentos de NiTi (OneShape) e M-Wire (PTN) transportaram significativamente mais o canal.(van der Vyver *et al.*, 2019).

Num estudo realizado por Jason Gagliardi *et al.*, (2015), foi comparado os sistemas PTN, PTG e PTU em molares extraídos. As imagens registadas foram avaliadas para medições

morfométricas bidimensionais e tridimensionais do transporte do canal, capacidade de centralização, paredes intocadas do canal e espessura de dentina remanescente. Verificou-se que embora as limas PTG e PTN não partilhem a mesma geometria nem a mesma metalurgia, têm uma maior capacidade de manter o canal centrado, produzem menos transporte do canal e mantiveram mais dentina em relação às limas do sistema PTU. Isso se deve pois PTN possui maior flexibilidade pelo tipo de liga M-Wire e pela consequência das suas características da sua secção transversal. Em contrapartida, PTG e PTU apesar de compartilharem a mesma geometria são fabricadas com ligas diferentes, sendo PTG mais flexível conferido por seu tratamento térmico posterior a fabricação.

Num outro estudo, foram testados os sistemas PTG e PTU em primeiros molares mandibulares extraídos, com ângulo de curvatura de 25-30°. Três níveis foram escolhidos, incluindo 3, 5 e 7 mm, onde normalmente existem curvaturas com alta suscetibilidade a acidentes iatrogênicos. Constatou-se que os sistemas rotativos PTG e PTU mostraram capacidades similares de instrumentação de canais radiculares. Nos resultados não houve diferença significativa entre os sistemas PTG e PTU no volume médio de dentina removida, transporte do canal e relação de centralização, após análise utilizando imagens de tomografia computadorizada de feixe cônico (CBCT) (A. Elnaghy and Elsaka, 2016).

Assim como Hakan Arslan *et al.*, (2020), que comparou os sistemas PTG, PTU, REC na preparação de canais radiculares de molares mandibulares extraídos com raios de curvatura de 35-70° e teve o mesmo objetivo do estudo anterior além do tempo de trabalho, utilizando CBCT. E o resultado obtido foi que nos níveis de 3, 5 e 7 mm, não houve diferença significativa no transporte do canal radicular e na relação de centralização entre os grupos, havendo diferença apenas nos tempos de instrumentação. O transporte do canal radicular e a relação de centralidade com o PTG foram similares aos obtidos com o PTU e o REC. Nem a cinemática diferente foi motivo para diferenças significativas nesses parâmetros.

Nesse estudo, foram comparados os sistemas WOG e 2S em molares inferiores recém extraídos, com ângulo de 25-30°, onde apenas as raízes mesiais foram utilizadas nesse estudo. Com o mesmo objetivo de avaliar o transporte apical, a capacidade de centralização e o volume de dentina removida com o uso de CBCT, foi relatado que não houve diferenças estatisticamente significativas entre os grupos e pode-se concluir que a 2S e WOG preservaram bem a anatomia original do canal e não eliminou o excesso de dentina durante a moldagem e limpeza. Os

resultados entre movimento rotativo e recíprocante foram semelhantes sem diferenças significativas. (Singh, Mirdha, P. H. Shilpa, *et al.*, 2019)

Em outro estudo foram avaliados os sistemas PTU, PTN, Hyflex CM®, HEDM e WOG. O objetivo foi verificar a influência do processo de fabricação de instrumentos na instrumentação de canais artificiais em forma de “L”. Em termos de transporte apical foram observadas diferenças estatisticamente significativas entre os sistemas PTU e WOG. O transporte apical mais baixo foi observado no sistema WOG. No presente estudo, foram incluídos sistemas de todas as gerações, sendo 1ª geração- PTU, 2ª geração - PTN (M-Wire) e Hyflex CM (CM), e a 3ª geração- HEDM e WOG. WOG cuja liga foi submetida ao processo de tratamento térmico manteve o curso original do canal e contribuiu a uma perda menor do comprimento de trabalho e apical transporte. (Radwański, Łęski and Pawlicka, 2018)

O objetivo deste estudo foi realizar uma avaliação por Micro-CT dos parâmetros de volume de dentina removida, aumento de volume do canal radicular, área de superfície do canal radicular não tocada, volume de resíduos de tecidos duros acumulados e o índice estrutural do modelo (SMI) - reconhecido pelo aspecto transversal do canal: redondo ou em forma de fita. Foi realizado o preparo em dentes indicados para extração: primeiros e segundos molares mandibulares em raízes mesiais com ângulo de curvatura de 10-30°, usando os sistemas REC, PTN, ProDesign Sistemas Logic® (PDL) e WOG. Os parâmetros analisados no presente estudo são representativos da qualidade de limpeza e preparação do canal radicular. As áreas intocadas da parede e a percentagem de dentina removida, reflete a capacidade de modelagem dos sistemas de instrumentação. Obteve-se um resultado similar em relação aos parâmetros analisados, com exceção do SMI, em que a taxa de variação deste parâmetro foi maior após o uso dos sistemas PTN e WOG do que após o uso o sistema PDL. A explicação para esses valores se justifica pela diferença de geometria dos instrumentos, levando o sistema PTN a realizar uma rotação fora do centro de massa, causando um movimento sinuoso. WOG por sua vez, tem uma secção transversal que os leva a fazer contato com a parede do canal alternadamente, por meio de uma ou duas pontas de corte. Esses movimentos dos sistemas PTN e WOG poderiam levar a uma modelagem mais afunilada do que que é produzido com o sistema PDL. Com relação ao impacto do SMI, pode-se assumir que, valores aumentados seria desejável, considerando que isso permitiria uma maior quantidade de espaço livre para a agitação dos irrigantes, bem como facilitar o preenchimento das raízes. Por outro lado, no caso de raízes mais finas, um aumento na SMI poderia levar a fragilidade (Stringheta *et al.*, 2019).

III. DISCUSSÃO

Consideramos que houve um grande impacto do tratamento térmico sobre a resistência à fadiga cíclica dos sistemas PTG e WOG quando comparados com as ligas de gerações anteriores. Os resultados dos artigos Hieawy *et al.*, (2015); A. M. Elnaghy and Elsaka, (2016); Plotino *et al.*, (2017); Topçuoğlu *et al.*, (2017); Olcay, Eyuboglu and Erkan, (2019); Scott *et al.*, (2019) demonstraram valores significativos de diminuição de risco à fratura. A melhoria na flexibilidade das ligas obtidas por esse processo de fabricação foi primordial para tal acontecimento.

Também foi observado fatores que influenciaram negativamente a resistência à fadiga cíclica do sistema WOG, como por exemplo a imersão dos instrumentos em soluções salinas e NaOCl e a alta temperatura intracanal de 60°, sendo indicado o uso em temperatura corporal Hieawy *et al.*, (2015); Elnaghy and Elsaka, (2017). Já Plotino *et al.*, (2017), verificou que no sistema PTG, o aumento da temperatura intracanal não teve impacto, levando-nos a concluir que a temperatura em que os sistemas são testados pode influenciar os resultados da resistência a fadiga cíclica em ligas de NiTi.

Devemos ter total atenção a anatomia das raízes pois, Topçuoğlu *et al.*, (2017), comprovou melhores resultados da WOG em relação a outros sistemas, no preparo de canais com curvaturas em S. Em contrapartida, Sobotkiewicz *et al.*, (2020), demonstrou que a localização da curvatura do canal em canais curvos, especificamente a região coronal ou de terço médio, mostrou ser mais suscetível à fratura no sistema WOG. Assim o médico dentista deve avaliar sempre a anatomia canal, de modo a selecionar o sistema mais adequado para diminuir o risco de fratura de instrumentos.

Um fator que afetou positivamente a resistência à fadiga cíclica do sistema PTG segundo Özyürek *et al.*, (2017), foi a esterilização em autoclave a 170°. Ao contrário do que se pensava a esterilização não foi suficiente para afetar as propriedades mecânicas das ligas, no entanto deveriam ser realizados mais estudos sobre este tema.

Ficou comprovado por Pedullà *et al.*, (2013) que a cinemática rotativa e recíproca dos sistemas PTG e WOG, respectivamente também apresentou diferenças, sendo demonstrados a superioridade do movimento recíproco sobre o contínuo.

Em relação a capacidade de modelagem, muitos estudos Gagliardi *et al.*, (2015); Radwański, Łęski and Pawlicka, (2018); Stringheta *et al.*, (2019); van der Vyver *et al.*, (2019) avaliaram os sistemas PTG e WOG e, de acordo com seu tratamento térmico, suas geometrias e secções transversal, comprovaram que esse processo de fabricação trouxe uma eficácia de corte gerando melhorias de resultados nos parâmetros: transporte apical, volume de dentina removida e a capacidade de centralização, em relação aos sistemas de gerações anteriores. Sendo importante a manutenção da anatomia original do canal, pois aumenta o sucesso do TENC, no entanto a falta de contato nas paredes dentinárias pode fazer persistir restos bacterianos levando ao insucesso do tratamento.

No entanto outros estudos não encontraram diferenças significativas nas capacidades de modelagem dos sistemas Gold em comparação com outras gerações e até mesmo com seus antecessores. Isso se deve a alguns fatores como: anatomia dos canais selecionados não serem suficientemente complexas; uso de Rx para avaliação dos parâmetros, ser menos fiável que outras técnicas como uso de CBCT e melhor ainda por Micro-CT; e não menos importante pelas propriedades metalúrgicas e mecânicas dos sistemas em comparação. (A. M. E. Elnaghy and Elsaka, 2016; Bürklein, Flüch and Schäfer, 2019; Singh, Mirdha, P H Shilpa, *et al.*, 2019).

Existem limitações dos estudos nomeadamente a utilização de dentes extraídos ou canais simulados. Sendo que com dentes extraídos existe a dificuldade de padronizar as amostras, o que pode levar à existência de viéses que podem condicionar os resultados. Com a utilização de dentes artificiais, temos uma vantagem nesse aspecto pois temos padrões definidos e precisos de forma, conicidade e grau de curvatura. Entretanto eles não refletem os mesmos cenários experimentais devido à complexidade da anatomia dos canais. Outra desvantagem do uso de canais simulados em resina, um material que tem características físicas diferentes da dentina, especialmente no que diz respeito a microdureza e as propriedades térmicas. Testes em blocos de resina tem maior probabilidade em mostrar maior desvio ou transporte apical. As comparações entre sistemas podem ser realizadas, porém não podem ser transferidas diretamente para avaliações em situações clínicas. (Al-Dhbaan *et al.*, 2018; Radwański, Łęski and Pawlicka, 2018)

Devemos entender como os sistemas funcionam o que irá proporcionar um tratamento mais eficaz e seguro, tanto para o paciente, como para o profissional.

IV. CONCLUSÃO

As ligas com tratamento térmico são mais resistentes à fadiga cíclica que as ligas de NiTi de gerações anteriores, mesmo quando submetidas a fatores que podem influenciá-las negativamente.

Produzem melhores resultados nos preparos garantindo a manutenção da anatomia original dos canais trabalhados .

O sistema WOG, através do movimento recíprocante apresentou resultados superiores aos sistemas que realizam o movimento contínuo.

Com o uso desses sistemas, ampliam-se os casos de sucesso, abrangendo dentes com anatomias mais complexas, trazendo uma maior valia ao profissional e ao paciente.

V. BIBLIOGRAFIA

AD Uygun, M Unal, S Falakaloglu, Y. G. (2019). Comparison of the cyclic fatigue resistance of hyflex EDM, vortex blue, protaper gold, and onecurve nickel–Titanium instruments AD. *Nigerian Journal of Clinical Practice*, 22, pp. 1070–1077.

Al-Dhbaan, A. A. *et al.* (2018). Shaping ability of ProTaper gold and WaveOne gold nickel-titanium rotary file in different canal configurations. *Saudi Endodontic Journal*, 8(3), pp. 202–207.

Arslan, H. *et al.* (2020). Comparative study of ProTaper gold, reciproc, and ProTaper universal for root canal preparation in severely curved root canals. *Journal of Conservative Dentistry*, pp. 1–5.

Bürklein, S., Flüch, S. and Schäfer, E. (2019). Shaping ability of reciprocating single-file systems in severely curved canals: WaveOne and Reciproc versus WaveOne Gold and Reciproc blue. *Odontology*. Springer Japan, 107(1), pp. 96–102.

Cassimiro, M. *et al.* (2018). Effects of reciproc, protaper next and waveone gold on root canal walls: A stereomicroscope analysis. *Iranian Endodontic Journal*, 13(2), pp. 228–233.

El-Anwar, M. I. *et al.* (2016). Finite element study on continuous rotating versus reciprocating nickel-titanium instruments. *Brazilian Dental Journal*, 27(4), pp. 436–441.

Elnaghy, A. and Elsaka, S. (2016). Shaping ability of ProTaper Gold and ProTaper Universal files by using cone-beam computed tomography. *Indian Journal of Dental Research*, 27(1), pp. 37–41.

Elnaghy, A. M. and Elsaka, S. E. (2016). Mechanical properties of ProTaper Gold nickel-titanium rotary instruments. *International Endodontic Journal*, 49(11), pp. 1073–1078.

Elnaghy, A. M. and Elsaka, S. E. (2017). Effect of sodium hypochlorite and saline on cyclic fatigue resistance of WaveOne Gold and Reciproc reciprocating instruments. *International Endodontic Journal*, 50(10), pp. 991–998.

Ferreira, M. and Ferreira, H. (2012). Defects in ProFile rotary nickel-titanium files after clinical use. *Journal of Endodontics*, 6(2), pp. 113–117.

Gagliardi, J. *et al.* (2015). Evaluation of the shaping characteristics of ProTaper Gold, ProTaper NEXT, and ProTaper Universal in curved canals. *Journal of Endodontics*, 41(10), pp. 1718–

1724.

Gambarini, G. *et al.* (2019). Differences in cyclic fatigue lifespan between two different heat treated NiTi endodontic rotary instruments: WaveOne Gold vs EdgeOne Fire. *Journal of Clinical and Experimental Dentistry*, 11(7), pp. e609–e613.

Hieawy, A. *et al.* (2015). Phase Transformation Behavior and Resistance to Bending and Cyclic Fatigue of ProTaper Gold and ProTaper Universal Instruments. *Journal of Endodontics*. Elsevier Ltd, 41(7), pp. 1134–1138.

Kaval, M. E., Capar, I. D. and Ertas, H. (2016). Evaluation of the Cyclic Fatigue and Torsional Resistance of Novel Nickel-Titanium Rotary Files with Various Alloy Properties. *Journal of Endodontics*, 42(12), pp. 1840–1843.

Keles, A. *et al.* (2019). Effect of Temperature of Sodium Hypochlorite on Cyclic Fatigue Resistance of Heat-treated Reciprocating Files. *Journal of Endodontics*. Elsevier Inc, 45(2), pp. 205–208.

Lopes *et al.*, (2015). Preparo Químico-Mecânico dos Canais Radiculares. In: Lopes, H. e Siqueira, J. (2015). *Endodontia: Biologia e Técnica*. 4ª Edição. Rio de Janeiro. Elsevier Editora LTDA. pp. 709-713.

Mamede-Neto, I. *et al.* (2017). Root Canal Transportation and Centering Ability of Nickel-Titanium Rotary Instruments in Mandibular Premolars Assessed Using Cone-Beam Computed Tomography. *The Open Dentistry Journal*, 11(1), pp. 71–78.

Mamede-Neto, I. *et al.* (2018). Multidimensional Analysis of Curved Root Canal Preparation Using Continuous or Reciprocating Nickel-titanium Instruments. *The Open Dentistry Journal*, 12(1), pp. 32–45.

Olçay, K., Eyuboglu, T. F. and Erkan, E. (2019). Cyclic fatigue resistance of waveone gold, protaper next and 2shape nickel titanium rotary instruments using a reliable method for measuring temperature. *Nigerian Journal of Clinical Practice*, 22(10), pp. 1335–1340.

Özyürek, T., Yılmaz, K. and Uslu, G. (2017). The effects of autoclave sterilization on the cyclic fatigue resistance of ProTaper Universal, ProTaper Next, and ProTaper Gold nickel-titanium instruments. *Restorative Dentistry & Endodontics*, 42(4), p. 301.

Pedullà, E. *et al.* (2013). Cyclic fatigue resistance of two reciprocating nickel-titanium instruments after immersion in sodium hypochlorite. *International Endodontic Journal*, 46(2),

pp. 155–159.

Pedullà, Eugenio *et al.* (2013). Influence of continuous or reciprocating motion on cyclic fatigue resistance of 4 different nickel-titanium rotary instruments. *Journal of Endodontics*, 39(2), pp. 258–261.

Plotino, G. *et al.* (2017). Influence of Temperature on Cyclic Fatigue Resistance of ProTaper Gold and ProTaper Universal Rotary Files. *Journal of Endodontics*, 43(2), pp. 200–202.

Radwański, M., Łęski, M. and Pawlicka, H. (2018). The influence of the manufacturing process of rotary files on the shaping of L-shaped canals. *Dental and Medical Problems*, 55(4), pp. 389–394.

Scott, R. *et al.* (2019). Resistance to cyclic fatigue of reciprocating instruments determined at body temperature and phase transformation analysis. *Australian Endodontic Journal*, 45(3), pp. 400–406.

Singh, S., Mirdha, N., Shilpa, P. H., *et al.* (2019). Shaping ability of 2Shape and WaveOne Gold files using cone-beam computed tomography. *Journal of International Society of Preventive and Community Dentistry*, 9(3), pp. 245–249.

Sobotkiewicz, T. *et al.* (2020). Effect of canal curvature location on the cyclic fatigue resistance of reciprocating files. *Clinical Oral Investigations*, 5(3), pp.120-131.

Stringheta, C. P. *et al.* (2019). Micro-computed tomographic evaluation of the shaping ability of four instrumentation systems in curved root canals. *International Endodontic Journal*, 52(6), pp. 908–916.

Tabassum, S., Zafar, K. and Umer, F. (2019). Nickel-titanium rotary file systems: What's new? *European Endodontic Journal*, 4(3), pp. 111–117.

Topçuoğlu, H. S. *et al.* (2017). Laboratory comparison of cyclic fatigue resistance of WaveOne Gold, Reciproc and WaveOne files in canals with a double curvature. *International Endodontic Journal*, 50(7), pp. 713–717.

van der Vyver, P. J. *et al.* (2019). Root Canal Shaping Using Nickel Titanium, M-Wire, and Gold Wire: A Micro-computed Tomographic Comparative Study of One Shape, ProTaper Next, and WaveOne Gold Instruments in Maxillary First Molars. *Journal of Endodontics*. Elsevier Inc, 45(1), pp. 62–67.

Ye, J. and 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*. Elsevier Ltd, 38(1), pp. 105–107.