

Paola Bina

Efeito da esterilização nas limas endodônticas-uma revisão da literatura

Universidade Fernando Pessoa

Faculdade Ciências da Saúde

Porto, 2020

Paola Bina

Efeito da esterilização nas limas endodônticas-uma revisão da literatura

Universidade Fernando Pessoa

Faculdade Ciências da Saúde

Porto, 2020

Paola Bina

Efeito da esterilização nas limas endodônticas-uma revisão da literatura

Projeto de graduação à Universidade Fernando Pessoa
como parte dos requisitos para obtenção do grau de
Mestrado integrado em Medicina Dentária

[EB1]Resumo

A esterilização é considerada uma etapa fundamental para a reutilização dos instrumentos endodôntico, embora seja possível realizar com diferentes técnicas, pode alterar a estrutura das limas, alterando as suas características.

O objetivo desta revisão narrativa foi avaliar como a esterilização pode provocar alterações nos instrumentos endodônticos, em relação à resistência à fadiga cíclica, à torção, à microestrutura e microdureza. No entanto a análise da literatura não é consensual, pois os estudos revistos não apresentam protocolos semelhantes, o que dificulta a comparação de resultados e conclusões, existindo estudos contraditórios.

Assim sendo, são necessários mais estudos para determinar uma efetiva correlação entre a esterilização e o efeito que pode ter o calor e os agentes químicos sobre a resistência à fadiga cíclica, à microestrutura e microdureza dos instrumentos.

Palavras chave: *esterilização, limas endodônticas, níquel titânio, endodontia.*

Abstract

Sterilization is considered a fundamental step for the reuse of endodontic instruments, although it is possible to perform it with different techniques, it can change the structure of files, changing their characteristics.

The objective of this narrative review was to evaluate how sterilization can cause changes in endodontic instruments, in relation to resistance to cyclic fatigue, torsion, microstructure and microhardness. However, the analysis of the literature is not consensual, since the reviewed studies do not present similar protocols, which makes it difficult to compare results and conclusions, with the existence of contradictory studies.

Therefore, further studies are needed to determine an effective correlation between sterilization and the effect that heat and chemical agents can have on resistance to cyclic fatigue, microstructure and microhardness of instruments.

Keywords: sterilization, endodontic files, nickel titanium, endodontics.

Agradecimentos

Agradeço à minha família sem a qual tudo isso não seria possível, principalmente à minha avó, que sempre apoiou-me e incentivou-me mesmo nos momentos mais difíceis. Agradeço a todos os amigos que me acompanharam neste longo caminho e que conseguiram ficar perto de mim, mesmo à distância.

Agradeço a Martina, uma pessoa e colega maravilhosa que conseguiu me suportar durante esses anos e se tornou como uma irmã.

Agradeço aos meus colegas em particular Giovanni, Alessandra, Carla, Giulio e Antonio, que tornaram-se a minha segunda família, minha segunda casa e, graças aos esforços que assumimos, todos conseguimos realizar nosso grande sonho.

Agradeço ao meu orientador Mestre Tiago [t2]Reis, pela dedicação, disponibilidade e paciência incrível, meu grande exemplo pela humanidade, como profissional e como docente.

Índice

I. Introdução.....	1
II. Desenvolvimento	3
1.Instrumentos endodônticos em níquel titânio	3
2.Causas de fractura dos instrumentos.....	3
2.i Fractura por Fadiga cíclica	4
2.ii Fractura por Torção	4
3.Esterilização	5
4.Revisão da literatura	6
III. Discussão	13
IV. Conclusão	15
V- Bibliografia.....	16

Lista de Símbolos e Abreviaturas:

EDM: EDM Onefile

NaOCl: hipoclorito de sódio

NCF: número de rotações antes da rutura

NiTi: níquel-titânio

PTG: ProTaper Gold™

PTN: ProTaper Next®

PTU: ProTaper®Universal

TFA: TF™ Adapative

TF™: Twisted Files™

TiN: nitreto de titânio

rpm: rotações por minuto

I. Introdução

A endodontia representa o ramo da medicina dentária que trata do estudo da morfologia, fisiologia e patologia da polpa dentária e do periodonto a ela dependente. O objetivo final da endodontia é que os pacientes mantenham os seus dentes naturais em funcionamento e mantenham a estética (Berutti *et al.*, 2013).

A introdução da instrumentação mecanizada em endodontia representa um grande avanço, com melhorias na qualidade e previsibilidade da preparação do canal radicular e uma redução significativa de erros processuais. (Gambarini *et al.*, 2011)

As limas de níquel de titânio (NiTi), ao contrário das limas de aço usadas no passado, são consideravelmente melhores pois possuem memória de forma e superelasticidade, sendo que estas são particularmente úteis porque oferecem a capacidade ao instrumento de sofrer flexão enquanto em rotação, permitindo a adaptação à anatomia do canal e de o manter centrado, mesmo na presença de curvas acentuadas. (Gambarini 2013)

O stress térmico colocado na lima endodôntica após cada ciclo de esterilização pode enfraquecer significativamente a lima, o que torna o instrumento mais propenso a fraturas com o uso subsequente. (Bruce *et al.*, 2000)

O objetivo deste trabalho foi avaliar a literatura atual sobre os efeitos da esterilização sobre os instrumentos endodônticos.

1. Materiais e métodos

A pesquisa para este trabalho foi realizada entre Janeiro e Março de 2020 utilizando as bases dados PubMed, B-On e Scielo, através do acesso da Biblioteca da Universidade Fernando Pessoa. Os critérios de inclusão restringiram a pesquisa a artigos publicados nos últimos vinte anos, em língua inglesa, portuguesa e italiana. 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 leituras e análise do conteúdo integral de cada artigo, tendo culminado num total de 31 artigos. Foi também consultado um livro de referência na área.

As palavras chaves utilizadas foram: *esterilização, limas endodônticas, níquel titânio, endodontia.*

II. Desenvolvimento

1. Instrumentos endodônticos em níquel titânio

Os instrumentos rotativos de NiTi foram introduzidos no campo endodôntico devido ao seu comportamento superelástico, mostrando-se mais flexíveis e com uma maior resistência à fratura por torção, em relação aos instrumentos tradicionais de aço inoxidável (Aun *et al.*, 2016; *Gambarini* 2013)

Esta inovação permitiu obter limas tecnologicamente mais avançadas, com maior capacidade de corte e maior resistência ao stress físico, reduzindo assim o risco de fraturas nas curvaturas dos canais radiculares (Bahia *et al.*, 2005; Tripi *et al.*, 2006).

A introdução da liga de NiTi, na endodontia levou a vantagens indiscutíveis, tais como: acelerar e simplificar os procedimentos operativos, previsibilidade e eficácia do tratamento (*Gambarini* 2013).

A liga NiTi utilizada em instrumentos endodônticos contém aproximadamente 56% em peso de níquel e 44% em peso de titânio, resultando em uma proporção atômica quase um para um, ou seja, uma proporção equiatômica (Thompson 2000). Esta liga existe em três fases principais: Fase austenítica, fase martensítica e fase intermediária ou R, que é a fase de transição entre as duas anteriores (Zupanc *et al.*, 2018).

As propriedades mecânicas das ligas de NiTi são determinadas pelas proporções e características das fases microestruturais que se encontram presentes na mesma liga. As ligas convencionais de NiTi apresentam a fase austenítica à temperatura ambiente, no entanto, através de tratamentos térmicos, existe transição entre fases, assim podem estar presentes à temperatura ambiente, a fase martensítica, fase -R ou mais do que uma fase. As temperaturas de transformação estão dependentes da composição da liga (Thompson 2000).

2. Causas de fractura dos instrumentos

Vários estudos demonstraram que a fratura de instrumentos de níquel-titânio utilizados em o movimento ocorre de duas maneiras diferentes: fratura por torção e fratura por fadiga cíclica (*Gambarini et al.*, 2011)

Apesar das vantagens oferecidas pela liga NiTi, a fratura do instrumento é ainda uma preocupação clínica (Gavini. *et al.*, 2018).

O objetivo final é produzir instrumentos com maior flexibilidade e aumento da resistência à fadiga cíclica, em comparação com as construídas com a liga tradicional de NiTi (Larsen *et al.*, 2009).

As possíveis estratégias para aumentar a resistência à fadiga cíclica dos instrumentos rotativos de NiTi incluem uma melhoria no processo de fabricação ou o uso de novas ligas com propriedades mecânicas superiores (Plotino *et al.*, 2012).

2.i Fractura por Fadiga cíclica

Durante a fase de preparação do canal, os instrumentos endodônticos estão sujeitos a diferentes forças, incluindo flexão, torção, tração e pressão apical (Schrader *et al.*, 2005).

A rotação dentro de uma curvatura do canal radicular dos instrumentos endodônticos determina um processo de fadiga cíclica, gerando ciclos de tensão / compressão no ponto de flexão máxima até que a fratura ocorra (Cheung *et al.*, 2007; Gambarini *et al.*, 2011).

O procedimento de fratura ocorre com a formação e propagação de fissuras na superfície perpendicular à direção da tensão aplicada. O processo ocorre em três etapas: formação de fissura, propagação da mesma e fratura final (Kuhn *et al.*, 2001).

Os testes para determinar a fratura por fadiga cíclica são realizados através de um simulador de canal com características determinadas de diâmetro interno, ângulo e raio de curvatura. A fratura dos instrumentos pode ser determinada multiplicando o tempo de fratura por o número de rotações por minuto (rpm). Um valor mais alto de número dos ciclos antes da fratura (NCF) indica uma maior resistência à fratura por fadiga cíclica dos instrumentos testados (Plotino *et al.*, 2012).

2.ii Fractura por Torção

A fratura por torção ocorre quando a ponta do instrumento endodôntico se prende ao canal enquanto a peça de mão continua a girar. Quando o torque excede o limite elástico do

metal a fratura do instrumento é inevitável. Esse tipo de fratura tem sido associado à aplicação de força apical excessiva durante a instrumentação (Gambarini *et al.*, 2011).

3. Esterilização

O controle de infecções é uma questão importante na medicina dentária, principalmente devido à preocupação com doenças contagiosas transmitidas nos serviços de saúde. A limpeza e esterilização dos instrumentos endodônticos entre as sessões de tratamento são essenciais para prevenir a infecção cruzada. (Viana *et al.*, 2006).

O procedimento de esterilização segue as etapas de desinfecção, limpeza, lavagem, secagem, embalagem e esterilização por calor (Laneve *et al.*, 2019). As etapas de desinfecção e limpeza reduzem a carga bacteriana e removem detritos das lâminas dos instrumentos e, em seguida, a etapa de esterilização elimina qualquer forma de microrganismos, incluindo esporos (Sheth *et al.*, 2017). O método mais amplamente descrito na literatura científica para esterilização no campo odontológico é a esterilização por calor. A esterilização pelo calor envolve o uso de autoclaves que atingem uma temperatura de 134 ° C, que, com a ação do vapor a uma pressão de 2.06 bar, esteriliza os instrumentos (Raju *et al.*, 2013; Zhao *et al.*, 2016).

Os instrumentos NiTi são geralmente reutilizados na prática clínica por razões econômicas, o que leva à sua repetida esterilização em autoclave. Tem sido sugerido que o retratamento térmico adicional dos instrumentos NiTi, que acontece durante a esterilização, podem aumentar a sua flexibilidade (Yahata *et al.*, 2009). No entanto as propriedades de memória de forma e superelasticidade são fortemente dependentes do historial de processamento termomecânico aquando da sua manufacturação (Zinelis *et al.*, 2007), A esterilização por calor pode conduzir a alterações nas propriedades físicas e mecânicas dos instrumentos. Essas alterações podem afetar as superfícies externas com fenômenos de microcavitação e corrosão, uma redução na capacidade de corte e / ou influenciando a resistência à fadiga cíclica ou torção (Dioguardi *et alii.*, 2019).

O hipoclorito de sódio (NaOCl) é o irrigante mais comumente usado tratamento endodôntico tendo o potencial de aumentar a corrosão (Bulem *et al.*, 2013). O NaOCl remove seletivamente o níquel da superfície do instrumento e causa microcavitação (Bulem *et al.*, 2013).

4. Revisão da literatura

Plotino *et al.*, (2011), realizaram um estudo em que compararam o efeito da esterilização sobre a resistência à fadiga cíclica dos instrumentos endodônticos rotativos NiTi. Foram selecionados quatro sistemas de instrumentação NiTi do mesmo calibre e conicidade (40.04), K3™, Mtwo®, Vortex® e K3™ XF. Cada grupo de 24 instrumentos foi subdividido em 2 grupos: (1) instrumentos que seriam esterilizados e (2) instrumentos que não seriam esterilizados. O grupo dos instrumentos esterilizados sofreram 10 ciclos de esterilização a uma temperatura de 134 graus por 35 minutos. Ao fim dos ciclos, os instrumentos de cada grupo foram testados, medindo o NCF. Os instrumentos foram colocados em rotação, através de um motor endodôntico a 300 rpm até à fratura do instrumento. Os resultados entre esterilizados e não esterilizados por cada tipo dos instrumentos mostraram só diferenças estatisticamente significativas do sistema K3™ XF (762 contra 651 NCF). Os outros sistemas não mostraram diferenças significativas na NCF média (K3™, 424 contra 439 NCF; Mtwo®, 409 contra 419 NCF; Vortex®, 454 contra 480 NCF). Em conclusão, repetidos ciclos de esterilização não afectaram as propriedades mecânicas dos instrumentos com excepção de K3™ XF em que foi demonstrado um incremento significativo da resistência a fadiga cíclica.

Em outro estudo, Özyürek *et al.*, (2017) avaliaram o mesmo efeito da esterilização sobre a fadiga cíclica dos instrumentos de três sistemas NiTi: (1) ProTaper®Universal (PTU) (lima F2), (2) ProTaper Next® (PTN) (lima X2) e (3) ProTaper Gold™ (PTG) (lima F2). O estudo foi realizado com 80 instrumentos de cada sistema divididos em quatro subgrupos. Os instrumentos do grupo 1 (n = 20) foram sujeitos ao teste de resistência à fadiga cíclica sem sofrerem qualquer ciclo de esterilização. Os instrumentos do grupo 2 (n = 20) após dez ciclos de esterilização. Os instrumentos do grupo 3 (n = 20) foram utilizados 25%, 50% e 75% dos ciclos até fratura, utilizando os dados obtidos no grupo 1 após cada fase os instrumentos foram sujeitos ao processo de esterilização. O mesmo procedimento de ciclos de utilização (25%, 50% e 75%) do grupo 3 foi aplicado ao grupo 4 (n = 20). No entanto, no grupo 4, as limas não foram expostas a nenhum procedimento de esterilização em autoclave. Ao comparar o grupo 1 e o grupo 2, os valores de NCF dos sistemas PTG e PTN do grupo 2 foram significativamente maiores que os grupos sem esterilização (grupo 1) exceto para PTU. Um valor NCF significativamente mais alto foi observado para limas PTN no grupo 3 do que PTN no grupo 4. Um NCF significativamente maior também foi verificado para o sistema PTG no grupo 2 do que

nos grupos 3 e 4. Assim concluíram que as limas PTG são mais resistentes à fadiga cíclica em comparação com as limas PTU e PTN e que a esterilização em autoclave incrementou a resistência a fadiga cíclica para os sistemas PTN e PTG.

Em outro estudo, Zhao *et al.*, (2015) compararam sistemas de instrumentos NiTi: (1) três com tratamento termo mecânico (Twisted Files™ (TF™), HyFlex™ CM e K3XF™), e (2) dois sem tratamento (Race® e K3™) do mesmo calibre e conicidade (30.06). No estudo foi testado o efeito da esterilização em autoclave sobre NCF antes e depois do ciclo de esterilização. Também neste estudo os instrumentos foram divididos em 4 grupos. Grupo 1 (n=20) foi testado sem qualquer esterilização, de modo a definir o NCF. Grupo 2 (n=20) foram testados depois 10 ciclos de esterilização. Cada ciclo incluiu esterilização a 134 graus com uma pressão de 2 bar por 20 minutos e depois secagem (por outro 15 minutos). Grupo 3 (n=20), os instrumentos foram autoclavados a 25%, 50% e 75% do número de ciclos médio até a falha (NCF) determinado no grupo 1. Por fim o grupo 4 (n=20), os instrumentos foram utilizados com o mesmo protocolo do grupo 3, no entanto sem estarem sujeitos ao processo de esterilização. Todos os instrumentos foram submetidos a um teste de fadiga cíclica num simulador de canal feito em metal. Observaram que no grupo 1 os sistemas HyFlex™CM, TF™ e K3XF™, apresentaram resistência à fratura por fadiga cíclica superior aos sistemas Race® e K3™. Também foi descrito que a esterilização aumentava significativamente o NCF dos sistemas HyFlex™ CM, TF™ e K3XF™ quer no grupo 3 quer no grupo 4. Concluíram que a esterilização dos HyFlex™ CM, TF™ e K3XF™ antes da sua utilização, incrementou a resistência a fadiga cíclica destes, no entanto não havia diferenças entre os sistemas Race® e K3™.

Pedullà *et al.*, (2018) realizaram um estudo utilizando dois sistemas de instrumentação, TF™ e Hyflex™ CM, subdivididos em 7 grupos (15 instrumentos por cada grupo). Grupo 1 (grupo de controlo) não foi submetido a esterilização em autoclave nem imerso em NaOCl. Os instrumentos dos grupos 2 e 3 foram imersos em NaOCl 5% por 3 minutos 1 ou 3 vezes respetivamente. Os grupos 4 e 5 foram esterilizados respetivamente 1 e 3 vezes. Por fim o grupo 6 e 7 foram sujeitos ao ciclo de esterilização e à imersão em NaOCl, respetivamente 1 e 3 vezes. Concluíram que a imersão em 5% NaOCl quer seja 1 quer 3 vezes, não produz efeito significativo na performance dos instrumentos para qualquer um dos sistemas testados. Os instrumentos TF™ autoclavados 3 vezes apresentaram menor resistência à fadiga cíclica do que as novas, no entanto, a fadiga cíclica do sistema TF™ não era afetada pelo procedimento de esterilização por 1 vez. Por

outro lado, nenhuma diferença de fadiga cíclica foi encontrada entre o controle e todos os grupos de teste Hyflex™ CM.

Hilfer *et al.*, (2010) realizaram um estudo sobre o efeito dos múltiplos ciclos de esterilização sobre a fadiga cíclica dos sistemas GT® Series X™ e TF™. O estudo foi constituído por oito grupos, (4 grupos experimentais e 4 grupos controle); sendo utilizados os seguintes instrumentos de cada sistema: GT® Série X™ (20 / .06 e 20 / .04) e TF™ (25 / .06 e 25 / .04). Os instrumentos controle foram utilizados para determinar o NCF. Os grupos experimentais foram utilizados até 25%, 50%, 75% do NCF e / ou falha do instrumento com ciclos de esterilização em autoclave (132 C por 6 minutos e 2,41 bar) após cada fração de utilização Foi concluído neste estudo que a esterilização em autoclave não demonstrou efeitos significativos no GT®Series X™ (20 / .04) ou (20 / .06) e também nos instrumentos TF™ (25 / .04). No entanto os TF™ (25 / .06) demonstraram um NCF significativamente menor após o ciclo de esterilização em autoclave do que o controle.

Emad *et al.*, (2017) avaliaram vários instrumentos do sistema de instrumentação Proflexendo (Nexen, Houston, TX, USA), utilizando 120 instrumentos: 40 instrumentos (40/.04), 40 instrumentos (30/.04) e 40 instrumentos (20/.06), para demonstrar o efeito da esterilização. Cada calibre foi dividido em 4 grupos: grupo 1 representa os instrumentos sem esterilização, grupo 2 que foi submetido a dois ciclos de esterilização, grupo 3 a cinco ciclos e por fim o grupo 4 submetido a dez ciclos. Todos os instrumentos foram sujeitos ao teste de resistência à fadiga cíclica em um canal artificial de metal com utilização de um óleo para evitar a fricção. Os resultados demonstraram que no grupo 1 o NCF era maior para os instrumentos 30/.04 em seguida para os 40/.04 e por fim para os 20/.06. Os ciclos de esterilização (x2, x5 e x10) levaram a uma redução significativa do NCF para o grupo dos instrumentos 40/.04 em relação ao grupo de controle. No que se refere ao grupo dos instrumentos 30/.04, dois e cinco ciclos de esterilização reduziram significativamente o NCF, no entanto com dez ciclos o NCF aumentou em comparação com o controle. Os instrumentos 20/.06 tiveram um aumento do NCF quando sujeitos a dois e cinco ciclos de esterilização, no entanto uma diminuição do NCF para dez ciclos. Concluíram que a utilização única dos instrumentos é recomendada, especialmente dos calibres 40/.04 e 20/.06.

Viana *et al.*, (2006) examinaram o efeito da esterilização sobre a fadiga cíclica do sistema Profile®. A esterilização foi realizada em calor seco ou em autoclave. A amostra foi constituída por: (1) dez instrumentos do tipo 25/06 e dez instrumentos 30/06, sendo

submetidos ao teste de fadiga cíclica para determinar a NCF; (2) 30 instrumentos (15 do tipo 25/06 e 15 do tipo 30/06) foram submetidos ao teste de fadiga cíclica após 5 ciclos de esterilização; (3) instrumentos , anteriormente usados até a metade da NCF, depois esterilizados e testados da mesma forma que os outros. O teste de fadiga cíclica foi realizado em um canal de metal artificial no qual o instrumento montado em um motor endodôntico a uma velocidade de 250 rpm e o NCF foi calculado posteriormente. Os resultados mostraram uma diminuição da NCF à medida que o calibre dos instrumentos não esterilizados aumenta. Para o grupo 2, foi demonstrado um aumento na resistência à fadiga cíclica com um aumento maior nos instrumentos do calibre 30, sem diferença entre os dois tipos de esterilização. O grupo 3 para instrumentos esterilizados mostrou um aumento significativo no número de ciclos restantes antes do intervalo. Concluindo que, embora tenha havido um leve aumento na resistência após 5 ciclos, mas não estatisticamente significativo, os ciclos de esterilização não fortalecem os instrumentos, mas também não têm efeitos deletérios.

O objetivo do estudo de Schäfer *et al.*, (2002) foi avaliar as possíveis relações entre o efeito da esterilização sobre a eficácia de corte de limas K em NiTi, revestidos para uma camada de nitreto de titânio (TiN), atendendo que este revestimento aumenta a eficácia de corte. A amostra foi constituída por um total de 96 instrumentos (calibre 35), subdivididos em dois grupos: (1) grupo A e (2) grupo B. O grupo A representa os instrumentos sem tratamento de TiN, enquanto o grupo B representa os instrumentos com o revestimento de TiN. Cada grupo foi subdividido em 4 subgrupos: (1) A1 e B1 instrumentos esterilizados cinco vezes;(2) A2 e B2 esterilizados dez vezes; (3) A3 e B3 imersos em NaOCl a 5,25% por 30 minutos e sujeitos a cinco ciclos de esterilização e (4) A.C e B.C são os instrumentos de controlo que não foram expostos ao NaOCl nem submetidos a nenhum ciclo de esterilização. Cada ciclo de esterilização foi realizado a 134 °C e 2 bar por 30 min. Nos resultados os autores avaliaram a eficácia de corte dos vários grupos, através de um aparelho computadorizado, que realiza a rotação dos instrumentos num canal cilíndrico em plástico, medindo a máxima penetração do instrumento na parede do canal. Os resultados demonstraram que, em comparação com o grupo de controlo, nos instrumentos não revestidos, a esterilização influencia negativamente a sua eficácia de corte, no entanto em relação aos instrumentos revestidos, a esterilização não teve influência.

King *et al.*, (2012) compararam dois sistemas de instrumentos: GT®Series X™ (20/.06) e TF™ (25/.06). O estudo utilizou 160 instrumentos (80 de cada tipo de lima), subdivididos em 4 grupos:(1) Grupo 0 os instrumentos de controlo, (2) grupo 1 instrumentos esterilizados três vezes, (3) grupo 2 esterilizados cinco vezes e (4) o grupo 3 esterilizados sete vezes. Após os ciclos de esterilização os instrumentos foram submetidos a um teste torsional. O teste torsional foi realizado em um torçômetro computadorizado, cada instrumento foi colocado em rotação no sentido horário, a uma velocidade de duas rotações por minuto até à fratura da ponta, registando o momento de torção e graus de rotação. Em relação a máxima torção, foi demonstrado uma diferença significativa para o sistema GT®Series X™ quando submetido a três e cinco ciclos de esterilização em relação ao grupo de controlo, por outro lado o sistema TF™ não mostrou nenhuma diferença com o grupo de controlo. O teste de maior grau de rotação até rutura mostrou uma diferença significativa para o sistema TF™ com qualquer ciclo de esterilização em comparação com o grupo controlo. O sistema GT®Series X™ não mostrou diferença significativa entre os diversos grupos e o grupo de controlo. Concluíram então que a esterilização não afeta a força torsional do sistema TF™, no entanto após 3 ciclos de esterilização o sistema GT®Series X™ mostrou uma significativa diminuição da resistência a fratura.

No estudo de Wooyoung *et al.*, (2019), foram avaliados 4 sistemas de instrumentos: (1) PTU (lima F2), (2) K3XF™ (lima 25.08), (3) TFA (lima ML-1) e HyFlex® EDM Onefile (EDM). Os instrumentos foram subdivididos em duas categorias: uma categoria foi sujeita ao teste de resistência à fadiga cíclica (C) e uma categoria sujeita ao teste de resistência à fratura torsional (T). A categoria C, por sua vez, foi dividida em três subgrupos: os instrumentos de controlo, de modo a estabelecer o NCF (CGr1), instrumentos esterilizados por dez ciclos de esterilização (CGr2) e por fim instrumentos esterilizados depois de 25%,50% e 75% do NCF do grupo de controlo e posteriormente testados até ao seu NCF. Por seu lado, a categoria T, foi dividida em três subgrupos: instrumentos de controlo submetidos ao teste de fratura torsional (TGr1), instrumentos submetidos ao mesmo teste depois de 3 ciclos de esterilização (TGr2) e após sete ciclos de esterilização (TGr3). Os resultados obtidos para a categoria C, demonstraram que: (1) entre os sistemas de instrumentação EDM, PTU e TFA não havia diferenças significativas no NCF no entanto o sistema EDM apresentaram o NCF mais elevado de todos; (2) o NCF medio do sistema K3XF™ foi inferior no grupo CGr2 em comparação

com o CGr1; (3) entre os sistemas PTU, TFA não existiram diferenças significativas entre o CGr1 e CGr2. Quando observado a categoria T o valor de torção máxima não mostrou diferenças significativas entre os sistemas PTU, K3XFTM e TFA, no entanto no caso do sistema EDM diminuiu significativamente no grupo TGr2. Os autores concluíram que a esterilização por autoclave, não influenciaram significativamente a resistência à fadiga cíclica nem torsional.

Num estudo conduzido por Bruce *et al.*, (2000), foi examinado o efeito dos múltiplos ciclos de esterilização em autoclave entre limas K em aço inoxidável e NiTi. A amostra consistiu em 100 limas K-file (calibre 30) e 100 limas K Ni-Ti (calibre 30) divididas cada tipologia em dez grupos de 10 instrumentos. A esterilização foi efetuada por meio de duas técnicas diferentes: (1) Quatro grupos de aço inoxidável e quatro grupos de níquel-titânio foram esterilizadas, cada grupo com incrementos de 10 ciclos. Cada ciclo consistiu em 132 ° C a 20 bar por 30 minutos. Um quinto grupo de cada liga foi mantido como controle e não foi submetido a nenhum tratamento de esterilização; (2) para os grupos restantes; sendo seguidos os mesmo números de ciclos de esterilização da anterior, no entanto realizando uma esterilização rápida utilizando água destilada a uma temperatura de 132° C a 35 bar por 10 minutos. O teste torsional foi realizado para cada lima por meio de um aparelho de teste de torção em que a lima foi torcida em sentido horário a uma velocidade de 1,9 rpm até a fratura. Após a fratura dos instrumentos, estes foram sujeitos a testes para avaliar as alterações em relação à microdureza e microestrutura. Assim foi concluído que nem o número dos ciclos nem o tipo de técnica de esterilização afeta significativamente a resistência à torção, a microdureza e a microestrutura das duas ligas.

O objectivo do estudo de Caroline *et al.*, (2008) foi examinar a superfície das limas Ni-Ti depois múltiplos ciclos de esterilização em autoclave, analisando subsequentemente a profundidade de irregularidades encontradas. Foram seleccionados dois sistemas de instrumentos Ni-Ti: GT® (20/06) e Profile® (20/06). Cada instrumento foi submetido a 1, 5, 10 ciclos de esterilização. Os ciclos de esterilização foram realizados a 121 °C, 15 bar por 15 minutos e depois deixados secar e arrefecer à temperatura ambiente. De seguida cada lima foi analisada ao microscópio. As mesmas limas foram utilizadas como controlo antes de qualquer ciclo de autoclave. Em relação ao sistema GT® a exposição a 10 ciclos de esterilização aumentou significativamente a profundidade de irregularidades em relação ao controlo e à exposição de um ciclo. Em relação ao sistema Profile® os resultados mostraram um aumento significativo depois 5 e 10 ciclos de esterilização em

comparação com o controlo. Entre os dois sistemas verificou-se a existência de diferenças entre o número de ciclos necessários para aumentar a profundidade das irregularidades. Enquanto o sistema Profile® apresentou alterações após 5 ciclos de esterilização, o sistema GT® só apresentou após 10 ciclos. Embora a causa deste fenómeno não esteja bem definida, os autores sugerem que pode ser explicado pelas diferenças na manufatura dos sistemas. Em conclusão foi demonstrado que mais ciclos de esterilização provocavam um aumento das irregularidades da superfície na parte ativa dos Ni-Ti com variabilidade entre as limas observadas, no entanto um ciclo único não foi prejudicial para qualquer sistema.

Num estudo de Yilmaz *et al.*, (2018) foi avaliado o efeito da esterilização sobre a rugosidade da superfície dos sistemas de instrumentos Hyflex™ CM e Hyflex™ EDM. Foram utilizados 8 instrumentos de cada sistema, subdivididos em 4 subgrupos. Um primeiro grupo (1) que não recebia a esterilização, utilizado como controlo, e outros (2, 3 e 4) esterilizados uma, cinco e dez vezes respectivamente. Subsequentemente foi analisada a superfície ao microscópio e os resultados demonstraram que em relação ao Hyflex™ CM não havia aumento significativo da rugosidade da superfície depois 10 ciclos de esterilização, enquanto nos Hyflex™ EDM foi observado um aumento significativo depois 5 ciclos. Em conclusão o estudo recomendou que os operadores prestassem atenção ao uso repetido desses instrumentos, produzidos com a mesma liga, mas com métodos de produção diferentes, dadas as diferenças de impacto na rugosidade da superfície após repetidos ciclos de autoclave.

Dioguardi *et al.*, (2019) conduziram um estudo de meta-análise sobre o efeito da esterilização nas propriedades torsionais dos instrumentos endodônticos. O primeiro parâmetro (1) foi avaliar o efeito da variação da resistência à torção dos instrumentos NiTi em comparação com o controlo não sujeito a esterilização; (2) o segundo parâmetro foi de avaliar a variação da flexão angular dos instrumentos NiTi em comparação com o controlo não esterilizados; o terceiro (3) e o quarto (4) parâmetros foram os mesmos dos anteriores mas avaliando instrumentos em aço inoxidável. A análise estatística, pelo parâmetro (1), os autores concluíram que havia um desfavorável efeito da esterilização sobre a resistência à fadiga torsional mas não estatisticamente significativo; em relação ao parâmetro (2) os autores concordaram com o facto que a esterilização provocou uma redução da deflexão angular para o grupo de instrumentos esterilizados; o parâmetro 3 e 4 não havia diferenças entre os dois grupos depois da esterilização.

III. Discussão

Os efeitos da esterilização das limas NiTi geram posições contrastantes, alguns estudos sugerem que a esterilização pode aumentar a resistência à fadiga cíclica ou à torção da liga NiTi, enquanto outros estudos relatam maior suscetibilidade à fadiga cíclica e à torção. Pesquisas adicionais sugerem que diferentes esterilizações em autoclave dos instrumentos NiTi afetam negativamente a propriedades mecânicas e levam à falha prematura dos instrumentos (King *et al.*, 2011)

De acordo com a literatura revista, não há evidências científicas suficientes para indicar a correlação entre a esterilização dos instrumentos endodônticos e a sua resistência relativa à fadiga cíclica, torção, variação da microestrutura e microdureza. Existem diversas limitações nos estudos, que dificultam o estabelecimento de evidência científica.

Nomeadamente, todos os estudos são realizados *in vitro* em canais simulados, o que não traduz a realidade clínica e as variações anatômicas que são encontradas em tratamentos realizados em dentes. (Bruce *et al.*, (2000), Schäfer (2002), Viana *et al.*, (2006), Hilfer *et al.*, (2011), King *et al.*, (2012), Plotino *et al.*, 2012, Zhao *et al.*, (2015), Ozüryek *et al.*, 2017, Pedullà *et al.*, (2018), , Dioguardi *et al.*, (2019), Emad (2019), Wooyoung *et al.*, (2019)).

Outra limitação observada é a falta de um protocolo transversal e estandarizado nos estudos disponíveis, ou seja cada trabalho apresenta um protocolo específico, o que dificulta a comparação entre os mesmos, nomeadamente a utilização de instrumentações estáticas ou ativas. Observamos que no trabalho de Özyürek *et al.*, (2017) em que o teste é realizado de modo estático, ao contrário de Pedullà *et al.*, (2018) que realizaram uma instrumentação ativa em que a lima realiza movimentos de vai-vem. Portanto, as conclusões de testes dinâmicos devem ser consideradas mais relevante clinicamente comparadas com testes estáticos. (Hülsmann *et al.*, 2019).

É importante lembrar que todos os autores usaram tubos-guia de metal como canais artificiais para simular a geometria do canal radicular em estudos de fadiga. Os canais artificiais assim preparados podem sofrer desgaste durante os testes e não limitar suficientemente o eixo do instrumento, o que tenderá a recuperar sua forma reta original, alinhando-se em uma trajetória de maior raio e menor deformação. (Viana *et al.*, 2006)

Outro parâmetro que também é variável nos trabalhos analisados é a utilização de lubrificantes ou não. A utilização de lubrificantes em canal de metal vai reduzir o atrito que pode gerar na instrumentação. Além disso, até certo ponto, o uso de diferentes lubrificantes durante os testes pode ser responsável por resultados inconsistentes (Hülsmann *et al.*, 2019).

Obviamente, a falha mais notável de numerosos estudos é o facto de que o impacto da temperatura ambiente, uma vez que as limas de NiTi são resfriadas à temperatura ambiente após a esterilização, no entanto nenhuma informação é dada sobre a temperatura usada durante a parte laboratorial (Schäfer (2002), Viana *et al.*, (2006), Pedullà *et al.* (2018), Wooyoung *et al.*, (2019)).

Estudos anteriores indicaram que a resistência à fadiga cíclica era diferente entre a temperatura ambiente e a temperatura corporal (Wooyoung *et al.*, 2019).

Assim de futuro, deveriam ser implementados protocolos específicos e estandardizados para este tipo de estudos, de modo a que os seus resultados sejam comparados e reproduzíveis. Assim também, a introdução de um novo protocolo de esterilização, poderia sempre ser comparado com o protocolo estandardizado.

IV. Conclusão

A esterilização, que é uma etapa fundamental para a reutilização dos instrumentos endodônticos.

Os efeitos da esterilização, sobre a resistência à fadiga cíclica, torsional e à microestrutura dos instrumentos endodônticos, analisando a literatura, não são conclusivos, mas parecem não serem demasiados prejudiciais.

Tendo em conta a leitura da literatura, as conclusões dos estudos são ainda hoje questionáveis, pois existem demasiadas diferenças entre protocolos utilizados, não sendo os estudos comparáveis entre si e muitas vezes não reprodutíveis.

Seria ideal a definição de um protocolo estandardizado de modo a que se obtivessem resultados comparáveis entre os estudos.

V- Bibliografia

- Aun, D.P. *et alii.* (2016). Enhancement of NiTi superelastic endodontic instruments by TiO₂ coating. *Materials Science and Engineering C.*, 68, pp. 675-80.
- Bahia, M. G. A. *et alii.*, (2005). Physical and mechanical characterization and the influence of cyclic loading on the behaviour of nickel-titanium wires employed in the manufacture of rotary endodontic instruments. *International Endodontic Journal*, 38(11), pp. 795–801.
- Berutti, E., Gagliani, M. (2013), *Manuale di Endodonzia*, Edra-Masson.
- Bruce, R. Hilt *et alii.*, (2000). Torsional Properties of Stainless-Steel and Nickel-Titanium Files After Multiple Autoclave Sterilizations. *Journal of Endodontics*. 26(2) pp. 76-80.
- Bulem, U. K., Kececi, A.D., Guldass, H. E. (2013). Experimental evaluation of cyclic fatigue resistance of four different nickel-titanium instruments after immersion in sodium hypochlorite and/or sterilization. *Journal of Applied Oral Science*, 21(6), pp. 505–510.
- Caroline, R. A. Valois *et alii.*, (2008). Multiple Autoclave Cycles Affect the Surface of Rotary Nickel-Titanium Files: An Atomic Force Microscopy Study. *Journal of Endodontics*. 34(7), pp. 859-862.
- Cheung, G. S. P., e Darvell, B. W. (2007). Low-cycle fatigue of NiTi rotary instruments of various cross-sectional shapes. *International Endodontic Journal*, 40(8), pp. 626–632.
- Dioguardi, M., *et alii.*, (2019). Effects of Hot Sterilization on Torsional Properties of Endodontic Instruments: Systematic Review with Meta-Analysis. 12(13), p. 2190.
- Emad O. Alshwaimi. (2019). Effect of Sterilization on Cyclic Fatigue Resistance of Proflexendo Endodontic Rotary Files. *Saudi Journal of Medicine & Medical Sciences*, 7(3), pp. 151-155.
- Gambarini, G. *et alii.* (2011). Mechanical properties of nickel-titanium rotary instruments produced with a new manufacturing technique. *International Endodontic Journal*, 44(4), pp. 337–341.
- Gambarini, G. (2013), *Manuale di Endodonzia*, Edra-Masson, (3) pp. 252-266.
- Gavini, G. *et alii.* (2018). Nickel–titanium instruments in endodontics: a concise review of the state of the art. *Brazilian Oral Research*, 32(1), p. e67.
- Hilfer, P. B. *et alii.* (2011). Multiple Autoclave Cycle Effects on Cyclic Fatigue of Nickel-Titanium Rotary Files Produced by New Manufacturing Methods. *Journal of Endodontics*, 37(1), pp. 72–74.
- Hülsmann, M., Donnermeyer, D., Schäfer, E. (2019). A critical appraisal of studies on cyclic fatigue resistance of engine-driven endodontic instruments. *International Endodontic Journal*. 52, pp. 1427–1445.
- King, J. B. *et alii.* (2011). The effect of autoclaving on torsional moment of two nickel-titanium endodontic files. *International Endodontic Journal*, 45(2), pp. 156–161.
- Kuhn, G., Tavernier, B., & Jordan, L. (2001). Influence of Structure on Nickel-Titanium Endodontic Instruments Failure. *Journal of Endodontics*, 27(8), pp. 516–520.
- Laneve, E. *et alii.* (2019). Sterilisation in Dentistry: A Review of the Literature. *International Journal of Dentistry*, 8, pp. 1–9.
- Larsen, C. M. *et alii.* (2009). Cyclic Fatigue Analysis of a New Generation of Nickel Titanium Rotary Instruments. *Journal of Endodontics*, 35(3), pp. 401–403.

- Özyürek, T., Yılmaz, K., 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 alii.* (2018). Cyclic Fatigue Resistance of Heat-treated Nickel-titanium Instruments after Immersion in Sodium Hypochlorite and/or Sterilization. *Journal of Endodontics*, 44(4), pp. 648–653.
- Plotino, G. *et alii.* (2012). Experimental Evaluation on the Influence of Autoclave Sterilization on the Cyclic Fatigue of New Nickel-Titanium Rotary Instruments. *Journal of Endodontics*, 38(2), pp. 222–225.
- Raju, T.B. *et alii.* (2013) Sterilizing Endodontic Files by four different sterilization methods to prevent cross-infection-An In-vitro Study. *Journal of International Oral Health*, 5(6), pp. 108–112.
- Schäfer, E. (2002). Effect of sterilization on the cutting efficiency of PVD-coated nickel-titanium endodontic instruments. *International Endodontic Journal*, 35, pp. 867-872.
- Schrader, C., Peters, O. (2005). Analysis of Torque and Force with Differently Tapered Rotary Endodontic Instruments In Vitro. *Journal of Endodontics*, 31(2), pp. 120–123.
- Sheth, N.C., *et alii.*, (2017). Evaluation of new technique of sterilization using biological indicator. *Journal of Conservative Dentistry*, 20(5), pp. 346–350.
- Thompson, S. A. (2000). An overview of nickel-titanium alloys used in dentistry. *International Endodontic Journal*, 33(4), pp.297–310.
- Tripi, T. R., Bonaccorso, A., Condorelli, G. G. (2006). Cyclic fatigue of different nickel-titanium endodontic rotary instruments. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*, 102(4), pp. e106–e114.
- Viana, A. C. D. *et alii.* (2006). Influence of sterilization on mechanical properties and fatigue resistance of nickel–titanium rotary endodontic instruments. *International Endodontic Journal*, 39(9), pp. 709–715.
- Wooyoung, K. *et alii.* (2019). Effect of autoclave sterilization on cyclic fatigue and torsional fracture resistance of NiTi rotary instruments. *Odontology*, 108(2), pp. 194-201.
- Yahata, Y. *et alii.*, (2009). Effect of heat treatment on transformation temperatures and bending properties of nickel-titanium endodontic instruments. *International Endodontic Journal* 42, pp. 621–626.
- Yılmaz, K., Uslu, G., Özyürek, T. (2018). Effect of multiple autoclave cycles on the surface roughness of HyFlex CM and HyFlex EDM files: an atomic force microscopy study. *Clinical Oral Investigation*, 22(9), pp. 2975-2980.
- Zhao, D. *et alii.* (2015). Effect of autoclave sterilization on the cyclic fatigue resistance of thermally treated Nickel-Titanium instruments. *International Endodontic Journal*, 49(10), pp. 990–995.
- Zupanc, J., Vahdat-Pajouh, N., Schäfer, E. (2018). New thermomechanically treated NiTi alloys – a review. *International Endodontic Journal* 51(10), pp. 1088-1100