

Inês Novaes Machado Stocker

Abordagem Clínica de Instrumentos Fracturados em Endodontia

Universidade Fernando Pessoa
Faculdade de Ciências da Saúde

Porto, 2013

Inês Novaes Machado Stocker

Abordagem Clínica de Instrumentos Fracturados em Endodontia

Universidade Fernando Pessoa
Faculdade de Ciências da Saúde

Porto, 2013

Inês Novaes Machado Stocker

Abordagem Clínica de Instrumentos Fracturados em Endodontia

*Trabalho apresentado à
Universidade Fernando Pessoa
como parte dos requisitos para
obtenção do grau de Mestre em
Medicina Dentária*

Resumo

Ao longo do tempo a Endodontia tem evoluído de forma a apresentar melhores resultados nos tratamentos preconizados. Os procedimentos de instrumentação foram os principais alvos de alterações. Inicialmente os instrumentos Endodônticos eram constituídos por aço de carbono, tendo evoluído para instrumentos de aço inoxidável e, mais recentemente, para instrumentos compostos por ligas quase equiatômicas de níquel e titânio. Estas limas surgiram com o objectivo de apresentarem melhores propriedades quer a nível de flexibilidade, quer a nível de resistência à fractura. No entanto, as complicações durante os tratamentos Endodônticos continuam a ocorrer, nomeadamente, a fractura dos instrumentos durante os procedimentos de instrumentação dos canais radiculares.

Há diversos factores que podem influenciar a fractura dos instrumentos Endodônticos, tais como, a morfologia dos canais radiculares, o grau de curvatura, o diâmetro e a conicidade dos instrumentos, entre outros, havendo, no entanto, algumas regras que, quando respeitadas, podem minimizar a probabilidade da sua ocorrência. Os instrumentos podem fracturar por dois motivos, torção ou fadiga cíclica, sendo também denominados como uso incorrecto ou uso excessivo, respectivamente.

Apesar de os instrumentos terem evoluído e existirem regras de utilização para reduzir a incidência de fractura, a separação das limas Endodônticas continua a ocorrer, sendo necessário saber qual o melhor tratamento a adoptar em cada caso, pois se a abordagem clínica, aquando da fractura não for a mais adequada, pode comprometer significativamente o sucesso do tratamento. A presença de um instrumento no sistema de canais radiculares pode dificultar ou até mesmo impedir os procedimentos de instrumentação e desinfeção, levando à permanência de polpa e bactérias no interior do sistema de canais radiculares e, conseqüentemente, ao insucesso do tratamento Endodôntico.

A abordagem clínica descrita na literatura relativamente à separação dos instrumentos Endodônticos inclui a remoção do fragmento, a realização do *bypass*, a obturação do

canal radicular até ao instrumento, a Cirurgia Endodôntica, ou em última instância, a exodontia do dente em questão.

Abstract

Over time Endodontics has evolved in order to perform better results in the recommended treatments. Instrumentation procedures were the main targets of change. Initially, the Endodontic instruments consisted of carbon steel, having evolved to stainless steel instruments and, more recently, to instruments with almost equiatomic alloys of nickel and titanium. These files have emerged in order to have better properties both in terms of flexibility and strenght to fracture. However, complications during Endodontic treatments continue to occur, in particular, instruments fracture during the instrumentation of root canals.

There are several factors which can influence the fracture of Endodontic instruments such as the root canal morphology, the curvature degree, diameter and instruments taper, among others. There are, however, some rules that when respected can minimize the probability of their occurrence. The instruments may fracture for two reasons, torsional stress or cyclic fatigue, also knownd as misuse or overuse, respectively.

Despite the instruments evolution and the existance of rules of use to reduce the incidence of fracture, separation of Endodontic files continues to occur. It is necessary to know what is the best treatment to adopt in each case, because if the clinical approach is not the most appropriate, it can significantly compromise the success of treatment. The presence of an instrument in the root canal system may difficult or even preclude the instrumentation and disinfection procedures leading to permanence of the pulp and bacterias within the root canals and, consequently, the failure of the Endodontic treatment.

The clinical approach described in literature concerning the Endodontic instruments separation include the fragment removal, the bypass execution, the root canal filling until the instrument, Endodontic Surgery or ultimately, the tooth extraction.

Agradecimentos

Agradeço a toda a minha família e amigos (em especial, Pai, Mãe, Irmã, Hugo, Mafalda e Renata) todo o suporte e incentivo para a conclusão desta monografia e, principalmente, do curso de Medicina Dentária.

Agradeço também a todos os colegas de curso, em especial ao meu binómio e melhor amigo, que sempre me apoiou em todas as situações e decisões que tomei ao longo desta caminhada.

A todos os professores que me acompanharam ao longo de todo o curso, muito obrigada por todos os ensinamentos.

Ao meu orientador, Dr. Miguel Albuquerque Matos, muito obrigada pela ajuda no desenvolvimento deste projecto.

Dedico especialmente esta monografia ao meu Pai, que nunca deixou de acreditar em mim e sempre me motivou ao longo deste percurso.

Índice Geral

Introdução	1
Materiais e Métodos	4
Desenvolvimento	
I. Tratamento Endodôntico não cirúrgico	5
II. Evolução dos materiais	6
III. Causas de fratura dos instrumentos Endodônticos	11
IV. Influência dos instrumentos fracturados no prognóstico.....	21
V. Abordagem clínica de instrumentos fracturados	23
1. Remoção de instrumentos fracturados.....	23
i. Ultrassons	28
ii. Sistemas de Microtubos.....	31
iii. Métodos químicos	41
iv. Remoção com Gutta-Percha	41
v. Métodos Elétricos	41
vi. Remoção com limas de Hedstrom.....	42
vii. Complicações associadas à remoção de instrumentos fracturados	43
2. <i>Bypass</i> de instrumentos fracturados	43
3. Obturação até ao instrumento fracturado.....	44
4. Cirurgia Apical	45
Conclusão	50
Referências Bibliográficas	51

Índice de Figuras

Figura 1: Realização da plataforma, alargando o canal e libertando a porção coronal do instrumento fracturado. Neste caso, foram utilizadas pontas ultrassónicas para o efeito (adaptado de vídeos didáticos de C. Ruddle).....	27
Figura 2: Kit Masserann®.....	32
Figura 3: Instrument Removal System (iRS)®.....	33
Figura 4: Kit Brasseler Endo Extractor® (adaptado de Cohen, Hargreaves, 2011).....	35
Figura 5: Kit Cancellier Extractor®.....	36
Figura 6: Roydent Extractor System®.....	37
Figura 7: Técnica de remoção com microtubo e lima Hedstrom (adaptado de Cohen, Hargreaves, 2011).....	38
Figura 8: Técnica de remoção com microtubo e ponta de laço (adaptado de Cohen, Hargreaves, 2011).....	39
Figura 9: Técnica de remoção com três limas Hedstrom (adaptado de Cohen, Hargreaves, 2011).....	42

Abreviaturas e Siglas

mm - Milímetros

° - Graus

% - Percentagem

kHz - Quilo-hertz

MTA - Agregado Trióxido Mineral

RPM - Rotações por minuto

iRS - Instrument Removal System

Introdução

A Endodontia é uma área da Medicina Dentária, que visa, acima de tudo, eliminar a dor e restituir o bem-estar do paciente, preservando a peça dentária. Esta área é responsável pelo estudo da polpa dentária, do sistema de canais radiculares e tecidos periapicais, bem como pelas patologias que os afectam.

Com a evolução da Endodontia, surgiram novas técnicas, materiais e instrumentos. Inicialmente os instrumentos utilizados para a realização do tratamento Endodôntico eram constituídos por aço de carbono, sendo seguidamente substituídos por aço inoxidável devido à oxidação que ocorria aquando da irrigação. Posteriormente foram substituídos por instrumentos compostos por ligas de níquel-titânio que apresentam melhores propriedades, tais como a flexibilidade e a memória elástica.

A década passada viu muitas mudanças na prática da Endodontia, bem como em materiais, técnicas, equipamento, design de instrumentos e tipos de metais usados para fabricar instrumentos Endodônticos. (Cohen, Hargreaves, 2011)

Atualmente, o tratamento Endodôntico é constituído por várias fases, como diagnóstico, cavidade de acesso, instrumentação, irrigação e obturação dos canais radiculares.

Para reduzir os erros iatrogénicos e facilitar a conformação e limpeza do sistema de canais, novos sistemas de instrumentação foram introduzidos, como os sistemas rotatórios em níquel-titânio. (Schäfer, 2004).

Este tipo de instrumentação com limas de níquel-titânio mecanizadas surgiu também com o objectivo de universalizar a técnica, reduzir o tempo dedicado à instrumentação e aumentar o tempo para a irrigação, uma vez que são os irrigantes que eliminam a componente bacteriana presente nos canais radiculares.

A preparação do canal radicular (instrumentação e irrigação), durante a qual os patogénicos microbianos presentes no sistema de canais radiculares são removidos, é provavelmente a etapa mais importante de um tratamento Endodôntico não-cirúrgico.

Uma vez que a desinfecção do sistema de canais radiculares é alcançada pela instrumentação mecânica e pela utilização de irrigantes e medicamentos, o alargamento e o aumento da conicidade do canal radicular é essencial para facilitar o fluxo do agente irrigante, tal como para a posterior colocação do material de obturação. No entanto, nenhum material é infalível. (Cheung, 2009)

Nos dias de hoje, a instrumentação é efectuada principalmente para possibilitar o aporte dos irrigantes a todo, ou a grande parte, do sistema dos canais radiculares.

A conformação do sistema de canais, por intermédio de instrumentos Endodônticos, é uma fase considerada essencial, uma vez que tem um efeito direto na eficácia de limpeza química dos canais.

Por vezes, os instrumentos utilizados durante o tratamento Endodôntico podem fracturar no interior dos canais radiculares.

Um instrumento irá fracturar se a sua resistência máxima for excedida, ou se uma fenda se estender a um grau que a secção transversal intacta remanescente do material é incapaz de suportar a carga de funcionamento habitual. Um instrumento fracturado num canal radicular é uma preocupação para o paciente, e por isso também para o dentista, pois a maior parte dos pacientes não quer manter um fragmento (metálico) num dente (mesmo que este não esteja em contacto com os restantes tecidos). Se o tratamento fracassar, o incidente pode levar a um processo por parte do paciente. (Cheung, 2009)

Muitos clínicos associam “instrumento fracturado” a uma lima separada, mas o termo é também aplicado a cones de prata fracturados, segmentos de lentulo, brocas de Gates-Glidden, ou qualquer outro que cause obstrução do canal. (Ruddle, 2004)

Os instrumentos Endodônticos não devem ser usados na ausência de irrigação, uma vez que esta, para além de eliminar a carga bacteriana, é responsável pela lubrificação do canal, diminuindo assim o atrito entre o instrumento e as paredes do canal. Se fossem utilizadas as técnicas adequadas de limpeza e manuseamento, a fractura de instrumentos deveria acontecer raramente. No entanto, elas ocorrem e não de uma forma tão rara,

sendo necessário saber o que fazer nestas situações. Primeiramente devem ser feitas radiografias de forma a confirmar se o instrumento realmente fracturou e, em caso afirmativo, saber a sua localização, o tamanho do segmento, a anatomia do canal e, principalmente, saber como resolver estas situações.

Durante os últimos 25 anos tem-se trabalhado intensamente para standardizar os instrumentos e melhorar a qualidade dos mesmos.

A autora desta monografia, intitulada como “Abordagem Clínica de Instrumentos Fracturados em Endodontia”, fez a seleção do tema com o objectivo de adquirir um conhecimento mais amplo relativamente às causas de fractura, à influência que estas têm no prognóstico de um dente e, principalmente, como atuar nestas situações, aumentando, desta forma, as suas capacidades na área da Medicina Dentária.

Materiais e Métodos

A presente monografia tem como objectivo a realização de uma revisão bibliográfica acerca das fracturas dos instrumentos Endodônticos. São abordadas as causas de fractura, formas de prevenção da sua ocorrência, influência no prognóstico e abordagem clínica a adoptar, dependendo das diferentes situações.

A pesquisa bibliográfica foi baseada em artigos científicos e livros, publicados entre os anos de 1997 e 2012, utilizando as palavras-chave: “fractured instrument”, “file removal”, “separated nickel titanium files”, “instruments retrieval” e “ultrasonics”, com restrição bibliográfica em português, espanhol e inglês. As pesquisas foram realizadas nas bibliotecas da Universidade Fernando Pessoa e da Faculdade de Medicina Dentária da Universidade do Porto, com os motores de busca *PubMed*, *B-on* e *Science Direct*.

Desenvolvimento

I. Tratamento Endodôntico não cirúrgico

As fases do tratamento Endodôntico não cirúrgico foram descritas por Schilder, Weine e Bence no ano de 1974. Estas estão divididas em fase de diagnóstico, fase operatória e fase de obturação. A fase de diagnóstico é baseada na identificação da causa da doença e consequente determinação do tipo de tratamento a realizar. A fase operatória consiste na preparação química e mecânica do sistema de canais radiculares, na qual é conformado o canal para se proceder à obturação. A fase de obturação tem como objectivo o selamento tridimensional do sistema de canais radiculares, não permitindo a infiltração bacteriana, e consiste no preenchimento dos canais radiculares com um material biocompatível e não reabsorvível (Castellucci, 2005).

Na fase operatória, a preparação químico-mecânica conjuga a instrumentação mecânica, com recurso a limas Endodônticas, com irrigação química, com recurso a soluções desinfectantes (Yang, 2007).

A preparação químico-mecânica do sistema de canais radiculares baseia-se na eliminação das bactérias, remoção de tecidos moles e duros infectados, matéria orgânica e inorgânica, e manter a integridade das estruturas radiculares (Cohen, Hargreaves, 2011).

A obturação do sistema de canais radiculares visa um preenchimento completo e tridimensional após a preparação químico-mecânica, de forma a perpetuar as condições de assepsia obtidas nas fases anteriores do tratamento. Um estudo realizado por Ingle mostrou que 58% dos fracassos Endodônticos eram devidos à obturação incompleta. No entanto, uma obturação incorreta deve-se, geralmente, a uma instrumentação inadequada do canal radicular (Cohen, Hargreaves, 2011).

Para além disso, foi também demonstrado que a desinfecção eficaz do sistema de canais radiculares, está dependente da preparação mecânica, de forma a que as soluções irrigantes atinjam a totalidade da superfície dentinária (Cheung, 2009).

Perante isto, surgiu a necessidade de melhorar as propriedades e características mecânicas dos instrumentos Endodônticos, de forma a tornar a irrigação química eficaz e a permitir uma correta obturação dos canais, aumentando, deste modo, a taxa de sucesso dos tratamentos Endodônticos (Cohen, Hargreaves, 2011).

II. Evolução dos materiais

As primeiras limas manuais eram feitas de cordas de piano, que eram esticadas e então torcidas, produzindo a configuração das limas que ainda é utilizada atualmente. No início, os instrumentos Endodônticos eram fabricados em aço de carbono (Cohen, Hargreaves, 2011).

O aço forma-se a partir de uma pequena quantidade de carbono que é adicionada ao ferro. As classes principais dos aços de carbono são baseadas nas três estruturas cristalinas possíveis das ligas ferro-carbono (ferrita, austenita e martensita). A formação da martensita é um mecanismo de endurecimento importante para os aços de carbono. Em virtude da elevada dureza da estrutura martensítica, a borda de corte dos instrumentos de aço de carbono é constituída desta fase, a qual permite a afiação em arestas agudas que são mantidas durante o uso (Anusavice, 2005).

No entanto, soluções químicas (por exemplo: iodo, cloro) e a esterilização a vapor causavam corrosões significativas (Cohen, Hargreaves, 2011).

Este material foi substituído depois de 1961 por aço inoxidável devido às suas melhores propriedades (Leonardo, 2002).

A liga de aço inoxidável forma-se quando cerca de 12% a 30% de cromo é adicionado ao aço. Uma camada de óxido muito fina, transparente e aderente de Cr_2O_3 forma-se na superfície dos aços inoxidáveis quando expostos à atmosfera oxidante, como o ar. Essa camada protectora funciona como uma barreira para impedir a difusão do oxigénio e outros elementos corrosivos do meio, prevenindo a continuação da corrosão da liga. Existem três tipos principais de aços inoxidáveis: ferríticos, martensíticos e austeníticos. Os aços inoxidáveis austeníticos são as ligas mais resistentes à corrosão entre os três

tipos de aços inoxidáveis, e são usados como instrumentos Endodônticos. O aço inoxidável austenítico é preferível para aplicações dentárias graças ao custo razoável e por ser possível obter excelente combinação de propriedades, tais como grande ductilidade, capacidade de ser deformado a frio sem fractura e substancial endurecimento durante a deformação a frio (Anusavice, 2005).

As limas manuais de aço inoxidável permitem ser pré-curvadas, levando a um maior controlo da manipulação, e as suas superfícies cortantes são duradouras. No entanto, devido à inerente flexibilidade limitada do aço inoxidável, a preparação de canais curvos é frequentemente um problema para as limas manuais, e o uso mecanizado com os desenhos convencionais apresenta uma ameaça provável de fractura ou transporte do canal (McSpadden, 2007).

Durante os anos de 1970 foram introduzidas comercialmente ligas de níquel-titânio como arames ortodônticos após pesquisas efectuadas por Andreasen et al. Estes arames apresentam propriedades mecânicas significativamente diferentes dos fios de aço inoxidável, principalmente o módulo de elasticidade, que é muito menor, e uma grande faixa de trabalho no regime elástico. Surgiu o nome “Nitinol”, o qual foi originado pelos dois elementos da liga que o constituem (níquel e titânio) associados ao local em que a mesma foi desenvolvida pela Buehler (Naval Ordinance Laboratory), possuindo este material alta resistência (Anusavice, 2005).

O níquel-titânio é considerado um metal exótico, pois não segue as regras normais de metalurgia. Quando o stress é inicialmente aplicado no níquel-titânio, o resultado é deformação proporcional. No entanto, a deformação mantém-se essencialmente a mesma até que a aplicação de stress adicional atinja um nível específico, formando o que é chamado de *loading plateau*, durante o qual a deformação permanece praticamente constante enquanto o stress é aplicado. Eventualmente, como é lógico, o stress excessivo leva à sua fractura. Esta propriedade invulgar de mudar de uma resposta esperada para uma resposta imprevista é o resultado de se submeter a uma transformação de fase molecular cristalino (McSpadden, 2007).

A liga de níquel-titânio possui diferentes formas cristalográficas: a fase austenítica tem uma estrutura ordenada complexa e a fase martensítica tem uma estrutura distorcida. O níquel-titânio austenítico é formado em alta temperatura e com baixa tensão, enquanto o martensítico é formado a baixa temperatura e a tensão elevada. A transformação entre a austenita e martensite do níquel-titânio pode ser induzida tanto por tratamento térmico como por tensão. Há ainda uma terceira estrutura do níquel-titânio, chamada fase R (devido à forma romboédrica do cristal), que aparece como uma fase intermediária durante a transformação entre o níquel-titânio austenítico e martensítico (Anusavice, 2005).

A transformação da austenita em martensita, ou transformação martensítica, inicia quando a liga passa, no resfriamento, por uma temperatura crítica, e termina quando o material apresenta uma estrutura totalmente martensítica (menos a austenita que por algum motivo não se tenha conseguido transformar, e que por isso é chamada de austenita retida). No sentido oposto, a transformação reversa, ou transformação austenítica, inicia-se no aquecimento e termina quando então o material é completamente austenítico. Esta transformação ocorre numa faixa de temperaturas que varia de acordo com a composição química e a história termomecânica de cada liga (Anusavice, 2005).

Quando o material está na sua forma martensítica, este é relativamente flexível e pode ser facilmente deformado, enquanto o níquel-titânio austenítico é rígido (McSpadden, 2007).

A liga de níquel-titânio possui elevada flexibilidade, menor módulo de elasticidade, limite elástico elevado, alta energia armazenada durante a sua curvatura, grande resistência à fractura e memória de forma (Anusavice, 2005).

A **flexibilidade** é definida como a deformação por flexão que ocorre quando o material é tensionado até ao seu limite de proporcionalidade (Anusavice, 2005).

O **módulo de elasticidade** representa a razão entre a tensão elástica e a deformação elástica. Portanto, quanto menor for o valor do módulo de elasticidade, maior será a deformação para um determinado valor de tensão (Anusavice, 2005).

O **limite elástico** de um material é definido como a maior tensão a que um material pode ser submetido de tal modo retornar às suas dimensões originais quando a força é removida (Anusavice, 2005).

A **resistência** é a tensão máxima que uma estrutura pode suportar sem sofrer uma quantidade característica de deformação plástica ou tensão no ponto de fractura (Anusavice, 2005).

O **efeito de memória de forma** é a capacidade que as ligas de níquel-titânio possuem de retornar à forma ou ao tamanho previamente definido, quando submetidas a um tratamento termomecânico apropriado (Castilho, Silva, 2011).

Este efeito de memória de forma está associado às transformações martensíticas (Anusavice, 2005).

Nos últimos anos, uma nova geração de limas Endodônticas começou a ser fabricada, originária desta combinação de níquel-titânio. A utilização desta liga metálica na confecção de instrumentos Endodônticos foi sugerida por Civjan, Huget, De Simon, em 1973 (Leonardo, 2002).

A maioria dos instrumentos Endodônticos de níquel-titânio são fabricados a partir de ligas quase equiatômicas de níquel-titânio, contendo 54,5 - 57% de níquel, o qual é famoso pelo efeito de memória de forma e pela superelasticidade (Zhou *et alii.*, 2012).

Uma vez que este é um metal superelástico, a aplicação de stress não resulta em distorção proporcional usual visto em outros metais (Cohen, Hargreaves, 2011).

Com a introdução do níquel-titânio, a preparação mecânica dos canais radiculares com este tipo de instrumentação tornou-se rapidamente uma modalidade aceita em Endodontia. Os resultados aprimorados da preparação e o tempo de preparação reduzido das limas rotatórias de níquel-titânio solicitaram uma adoção rápida da instrumentação rotatória (McSpadden, 2007).

A popularidade dos instrumentos mecanizados de níquel-titânio aumentou pelo módulo de elasticidade relativamente baixo da liga, que permite o uso destes instrumentos em canais radiculares curvos que apresentariam uma dificuldade considerável para os instrumentos de aço inoxidável (Alapati *et alii.*, 2005).

No entanto, o comportamento mecânico dos instrumentos de níquel-titânio é determinado principalmente pelo processo de fabrico e o seu desenho geométrico. O processo de fabrico determina a qualidade de um instrumento e desta forma se um instrumento consegue atingir o potencial mecânico do seu desenho geométrico. Consequentemente, a optimização geométrica é a chave para melhorar o nível de resistência à fractura dos instrumentos rotatórios de níquel-titânio (Versluis *et alii.*, 2012).

Na última década têm sido feitos acrescentos significativos ao fabrico destes instrumentos. Estes incluem desenho e controlo das matérias-primas usadas no que diz respeito à sua microestrutura, propriedades dos materiais e processos de fabrico. O processo termomecânico é um método frequentemente utilizado para melhorar a microestrutura e o procedimento de transformação das ligas de níquel-titânio, que por sua vez tem grande influência na segurança e nas propriedades mecânicas das limas (Zhou *et alii.*, 2012).

O fabrico das limas Endodônticas, inicialmente realizado por torção do instrumento, foi substituído por processos de maquinação computadorizada. No processo de fabrico por torção, um fio metálico é estabilizado numa das suas extremidades, e torcido na extremidade oposta, criando um acabamento em espiral, enquanto que no processo de maquinação computadorizada, é feita a escultura de um núcleo metálico, ou seja, o instrumento é talhado. No entanto, os novos avanços para manipular as ligas com

memória de forma podem oferecer vantagens económicas e de propriedades físicas, que levem a reconsiderar o método de fabrico por torção no futuro, bem como a instrumentação mecanizada não rotatória (McSpadden, 2007).

Surgiu entretanto um tratamento termomecânico aplicado ao Nitinol, com o objectivo de produzir fios superelásticos, de forma a serem utilizados na produção de instrumentos Endodônticos com resistência aumentada à fadiga, tendo sido denominados como *M-Wire* de níquel-titânio. O processo termomecânico é composto por ciclos térmicos a baixas temperaturas sob uma tensão específica (Pereira, 2012).

O tratamento térmico e mecânico resulta num material que inclui a fase martensítica e a fase R pré-martensítica, que leva a um aumento da resistência à fadiga (aproximadamente 400%), maior flexibilidade e maior eficácia de corte (Gutmann, 2012).

Segundo Cheung (2009), o futuro desenvolvimento nos instrumentos de níquel-titânio passa pela utilização de material de níquel-titânio martensítico de forma a melhorar as propriedades e diminuir o risco de fractura dos instrumentos Endodônticos.

III. Causas de fractura dos instrumentos Endodônticos

De acordo com Bahcall *et al.* (2005) as duas principais causas de fractura de limas rotatórias de níquel-titânio são a fadiga cíclica e a torção. A fadiga cíclica ocorre quando a lima gira livremente no canal e quebra, geralmente, no local onde se deu a maior flexão, que clinicamente corresponde à porção mais curva do canal. A fractura por torção ocorre quando a ponta ou qualquer outra porção da lima fica presa ou encravada no canal, enquanto o eixo continua em rotação.

Segundo Gambarini *et alii.* (2012), a falha por fadiga cíclica geralmente ocorre devido à formação de micro-fendas na superfície da lima. Durante cada ciclo, as micro-fendas, desenvolvidas por irregularidades da superfície, expandem mais profundamente no interior do material até ocorrer a completa separação da lima. A fadiga cíclica ocorre quando um metal é submetido a ciclos repetidos de tensão e compressão, existentes em

zonas de curvatura, causando a quebra da estrutura e conduzindo à separação do instrumento, sendo mais provável de acontecer num canal com um ângulo elevado e um raio pequeno, tal como definido por Pruett *et al.* (1997). De acordo com estes autores, o raio da curvatura (em milímetros) é o raio de um círculo que coincide com o caminho tomado pelo canal na área da curvatura mais abrupta, a qual corresponde ao raio mais pequeno. O ângulo da curvatura corresponde aos graus formados entre os pontos de desvio no círculo, ou o ângulo formado pelas linhas perpendiculares desenhadas a partir das tangentes, interceptando no centro do círculo. Acrescentam também que é o raio da curvatura que determina a severidade da mesma (Pruett *et al.*, 1997)

Os resultados obtidos por Castelló-Escrivá *et alii.* (2012) mostraram que o início das fendas de fadiga ocorre geralmente na superfície do lado de trabalho. É especialmente vulnerável se a área de maior stress coincidir com as marcas de fabrico ou nas pequenas fendas produzidas durante o processo de fabrico. Adicionalmente, o processo tradicional de moagem do metal de níquel-titânio limita a resistência do instrumento devido à acumulação de stress residual no interior da estrutura.

A fractura por fadiga cíclica ocorre quando um instrumento Endodôntico gira no interior de um canal curvo, estando ele dentro do limite elástico do material. Na região de flexão de um instrumento durante a sua rotação são induzidas tensões alternadas de tensão e compressão. A repetição dessas tensões promove mudanças microestruturais que se propagam até ocorrer a fractura do instrumento por fadiga. A fadiga não depende do torque aplicado ao instrumento, mas do número de ciclos e da intensidade das forças de tensão e compressão aplicadas na área flexionada do instrumento. O número de ciclos até à fractura por fadiga cíclica também está relacionado com a velocidade de rotação e com o acabamento superficial do instrumento Endodôntico. (Pereira Lopes *et alii.*, 2011)

No entanto, os autores supõem que a fractura clínica dos instrumentos rotatórios de níquel-titânio é maioritariamente causada por incidentes de carga excessiva (que causa fractura por torção) durante a instrumentação, mais propriamente do que o resultado da fadiga da liga após um grande número de rotações (fadiga cíclica). Esta carga excessiva pode ser causada pelo encravamento de porções de dentina nos sulcos ou do aumento de

stress torcional na maior parte do instrumento causada por uma inadequada irrigação das paredes do canal radicular. As observações ao microscópio electrónico revelaram características superficiais relevantes para o processo de fracasso. (Alapati *et alii.*, 2005)

Segundo Pereira Lopes *et alii.* (2011) para que ocorra a fractura por torção é preciso que a ponta do instrumento Endodôntico fique immobilizada e no cabo seja aplicado um torque superior ao limite de resistência à fractura do mesmo instrumento. Se a ponta da lima não ficar immobilizada durante a instrumentação do canal, não ocorrerá fractura por torção do instrumento, independentemente do valor do torque aplicado. O torque pode ser definido como o efeito rotatório criado por uma força distante do eixo de rotação de um objecto.

Dando o mesmo torque, instrumentos mais finos são mais susceptíveis à falha torcional do que instrumentos largos. (Shen *et al.*, 2009) No entanto, as limas finas são mais resistentes à fadiga cíclica, ao contrário das limas largas que conseguem resistir mais ao torque, mas são mais susceptíveis à fadiga cíclica. (Peters, 2008)

Segundo Versluis *et alii.* (2012) enquanto o stress torcional pode ser contornado utilizando controlo de torque, a flexão é determinada pela curvatura do canal e isto está fora do controlo do clinico. Desta forma, a fadiga cíclica deve ser contornada melhorando o comportamento mecânico dos instrumentos rotatórios. Os processos de fabrico podem melhorar significativamente a resistência à fractura e reduzir os defeitos de superfície que aceleram o início das fendas, havendo atualmente alguns sistemas de instrumentação, como Race ou Twisted Files, que utilizam estes tipos de fabrico.

A exploração micrográfica electrónica realizada por Ullman e Peters (2005) não indicou diferenças na aparência dos instrumentos após a fractura torcional, quando comparados com instrumentos novos e sem stress. No entanto, as superfícies de fractura por fadiga eram diferentes. A acumulação de tensão no interior dos instrumentos rotatórios de NiTi depende do diâmetro do instrumento. Clinicamente, instrumentos maiores que foram submetidos a alguma fadiga cíclica devem ser usados com grande precaução ou

descartados. Os autores encontraram que instrumentos maiores não eram apenas menos resistentes à fadiga cíclica, mas também eram os mais afectados por pré-stress.

Um estudo realizado por Sattapan *et al.* demonstrou que o stress de torção ocorreu em 55,7% e por fadiga cíclica em 44,3% das limas que fracturaram (Bahcall *et al.*, 2005)

Segundo Parashos e Messer (2006), há diversos factores que predis põem à fractura:

- Desenho do instrumento – Tanto a área do corte transversal como o desenho da lima (influenciando a distribuição de stress durante a carga) podem afectar a resistência de um instrumento à fractura quando sujeito a cargas de flexão e torção;
- Processo de fabrico – O fabrico e a maquinação dos instrumentos rotatórios de níquel-titânio resultam muitas vezes num instrumento possuindo uma superfície irregular caracterizada por sulcos moídos, múltiplas fendas, buracos e regiões com metal sobre-espchado. Estes locais podem actuar como áreas de concentração de stress (criadores de stress) e levar ao início de fendas durante o uso clinico, possibilitando a fractura por fadiga cíclica;
- Dinâmica de utilização do instrumento – A velocidade com que os instrumentos trabalham parece não ter efeito no número de ciclos para a fractura, mas velocidades mais altas reduzem o período de tempo necessário para atingir o número máximo de ciclos que antes da fractura;
- Configuração do canal – As limas fracturam com menos rotações à medida que o raio da curvatura diminui e o ângulo da curvatura aumenta;
- Técnica de preparação/instrumentação;
- Número de usos – Instrumentos parcialmente fatigados, quando flectidos, revelam fracturas associadas aos defeitos de superfície, e o uso clinico prolongado dos instrumentos rotatórios de NiTi reduz significativamente a sua resistência à fadiga cíclica;
- Procedimentos de limpeza e esterilização – A questão da influência da esterilização dos instrumentos na sua resistência à fractura é ainda incerta, todavia, em concentrações de 5 a 5,25%, o NaOCl pode conduzir à corrosão mensurável.

De acordo com Shen *et al.* (2009), outros factores têm sido também implicados na separação de instrumentos de níquel-titânio, incluindo a experiência do operador, método de uso, velocidade de rotação, desenho do instrumento e número de ciclos de esterilização.

Alguns autores reportaram que a velocidade rotacional dos instrumentos não parece ter influência na fractura das limas, o que não coincide com outros estudos (Parashos, Messer, 2006)

No entanto, de acordo com Castelló-Escrivá *et alii.* (2012), muitos estudos mostraram que os instrumentos em velocidades altas de rotação estão mais susceptíveis à fractura do que os utilizados a baixas velocidades, estando em concordância com Madarati *et al.* (2008). Estes autores referem ainda que é imperativo que o clínico respeite sempre a velocidade recomendada pelo fabricante para cada sistema de instrumentação e, por vezes, para cada lima em específico.

Um estudo realizado por Iqbal *et alii.* (2006) concluiu que a probabilidade de separação de instrumentos rotatórios é quase sete vezes maior quando comparada com instrumentos manuais.

Quanto ao desenho do instrumento, um estudo realizado por Versluis *et alii.* (2012) concluiu que a rigidez flexional e o stress máximo diminuem com o aumento do número de espiras (diminuindo o pitch, o qual é definido como a distância entre as espiras de uma lima). Os resultados mostram que diminuindo o pitch (aumentando o número de espiras) reduz consistentemente a rigidez das limas. E quanto ao desenho do corte transversal, a secção transversal quadrada (representando o corte transversal e áreas do núcleo central maiores) tinha maior rigidez flexional do que os outros desenhos e também o maior stress máximo nos mesmos 5mm de deflexão, uma vez que apresentavam maior massa. A secção transversal rectangular delgada tinha a área do núcleo central mais pequena e o stress e rigidez mais baixos. As secções transversais triangulares pareceram resultar numa maior flexibilidade do que os desenhos quadrangulares para o mesmo diâmetro e conicidade. Portanto, sabe-se que o desenho do corte transversal afecta a rigidez e o stress.

Relativamente ao processo de fabrico, muitos estudos reportaram a existência de defeitos de fabrico na superfície de instrumentos Endodônticos novos, tal como o referido por Parashos e Messer (2006). Desta forma, antes de inserir os instrumentos nos canais radiculares, estes devem ser inspeccionados. A duração de uma lima Endodôntica varia de acordo com os procedimentos utilizados durante o processo de fabrico. (Madarati *et al.*, 2008)

Verificou-se que instrumentos com diâmetros maiores sucumbiam mais cedo à fadiga cíclica do que os que apresentavam diâmetros menores, parecendo ter maior acumulação de stress interno. No entanto, um aumento do diâmetro do instrumento, e correspondente aumento na área de secção transversal, pode contribuir para o aumento da resistência à falha por torção. (Parashos, Messer, 2006)

O diâmetro de uma lima rotatória determina quantas vezes poderá ser utilizada. À medida que o diâmetro da lima aumenta, a força necessária para desespigar ou fracturar também aumenta. Contudo, clinicamente, os instrumentos mais largos que são usados mais vezes, deveriam ser utilizados com maior precaução ou então descartados. Estes autores afirmam ainda que, quanto maior a conicidade da lima, maior o contacto que esta tem com a dentina e, portanto, menor a sua resistência à fractura por fadiga cíclica. (Madarati *et al.*, 2008)

Quanto à morfologia dos canais radiculares, a maioria dos instrumentos fractura no terço apical dos canais pois é onde estes geralmente curvam e onde possuem diâmetros menores. Os autores acrescentam ainda que a probabilidade de separação de uma lima no terço apical é cerca de 33 vezes maior do que no terço coronal e aproximadamente 6 vezes maior quando comparada com o terço médio (Iqbal *et al.*, 2006). No estudo realizado por Arias *et al.* (2012) foi também reportada a existência de uma maior fadiga cíclica nos níveis apicais do que nos coronais.

Segundo Madarati *et al.* (2008), a anatomia do canal radicular inclui tanto o ângulo como o raio da curvatura, sendo estes parâmetros independentes, de tal forma que dois canais com o mesmo ângulo de curvatura podem ter diferentes raios, o que indica que algumas curvas são mais nítidas do que outras. Clinicamente, a fadiga de um

instrumento pode estar relacionada com o grau de flexão de um instrumento localizado num canal curvo. Quando a curvatura de um canal é pronunciada, e portanto, com um elevado grau de curvatura, a fadiga cíclica de um instrumento é maior e, por isso, a sua esperança de vida é reduzida. O autor afirma que o raio da curvatura do canal é mais importante do que o ângulo em si e que a taxa de fractura das limas aumenta à medida que o raio da curvatura diminui.

Relativamente às técnicas de preparação e instrumentação, os tratamentos Endodônticos são iniciados pela realização das cavidades de acesso e, por vezes, estas são inadequadamente preparadas, aumentando portanto o número e a gravidade das curvaturas que o instrumento tem de ultrapassar, que leva à sobrecarga do mesmo. No caso de o acesso não ser adequado, ou seja, a lima não entra livremente no canal, esta é submetida a uma força excessiva e pode resultar em fractura (Cohen, Hargreaves, 2011).

Uma cavidade de acesso realizada de forma adequada permite um caminho livre e direto ao sistema de canais radiculares, incluindo o ápice e a primeira curvatura, se existente. O acesso direto, isto é, acesso em linha recta, para além de permitir uma instrumentação e irrigação corretas, diminui também a probabilidade de fractura das limas Endodônticas. Estes instrumentos não devem ser submetidos a curvaturas antes de alcançarem a primeira curvatura do canal, sendo esta, geralmente no terço apical. O clínico deve remover dentina suficiente que permita o acesso livre e direto, procurando também não remover excessivamente, de forma a não comprometer a restauração final (Cohen, Hargreaves, 2011).

Para além disso, é aceite de uma forma consensual que a realização de um *glide path* (criar uma via de passagem para os instrumentos mecanizados, utilizando previamente limas de pequeno calibre) deve facilitar o trabalho subsequente dos instrumentos, os quais poderão limpar e conformar os canais radiculares. O *glide path* tem como objectivos a negociação do canal, o seu alargamento prévio à instrumentação, possibilitando também o conhecimento da sua anatomia. A preparação do canal com limas manuais, *glide path*, permite a instrumentação com instrumentos rotatórios durante um maior número de utilizações. Após a realização do *glide path* o stress

torsional reduz drasticamente, pois a largura do canal torna-se pelo menos equivalente ao diâmetro da ponta das limas utilizadas. (Madarati *et al.*, 2008)

Segundo Cheung (2009), um pré-alargamento do canal para um calibre de 15 ou 20 no seu comprimento de trabalho deverá reduzir o stress torsional gerado no instrumento, e por isso deverá reduzir a possibilidade de fractura, concordando com o referido por Patiño *et alii.* (2005). Foi também mostrado num estudo realizado por Roland *et alii.* (2002) que uma instrumentação com técnica de *crown-down*, isto é, alargar primeiro a porção coronal do canal antes da preparação apical, deverá também reduzir a incidência de fractura dos instrumentos.

Outra vantagem da realização de um *glide path* previamente à instrumentação do canal, é o conhecimento da anatomia do canal radicular previamente à instrumentação com limas rotatórias. Quanto à sequência de instrumentação de uma determinada técnica, esta não deve ser negligenciada. Uma sequência que inclua várias conicidades é mais segura comparativamente com conicidade única. No entanto, isto implica a utilização de vários instrumentos para preparar um canal, pois cada lima irá sofrer menos stress e consequentemente terá uma duração maior. (Madarati *et al.*, 2008)

Não obstante a realização do *glide path*, a fadiga cíclica, como resultado da flexão da rotação num canal curvo, continuará a existir, especialmente para aqueles instrumentos rotacionados a uma velocidade elevada. Geralmente, incorporando movimentos de entrada e saída (*pecking motion*) parece aumentar a resistência à fadiga cíclica, uma vez que a carga cíclica é distribuída por uma porção maior do instrumento, em vez de se localizar em apenas num ponto em específico. O autor afirma ainda que a aplicação de força lateral, conhecido movimento de escovagem ou pincelamento, não parece ter um efeito notável na resistência à fadiga cíclica, no entanto, as limas com um calibre relativamente grande parecem ser afectadas negativamente por este movimento. (Cheung, 2009)

Quanto à frequência de utilização, não existe um consenso na literatura quanto ao número de usos relacionado com a fractura. A fractura do instrumentos Endodônticos é um problema clínico multifactorial e, por isso, ninguém consegue prever ou recomendar

quantos casos ou canais podem ser preparados por uma lima. Mesmo os instrumentos mais pequenos não podem ser utilizados muitas vezes sem receio de fractura, especialmente quando existe distorção visível. Não são recomendadas mais de duas utilizações dos instrumentos manuais de pequeno diâmetro. Para além do referido, os canais individuais não são anatomicamente iguais, tal como os outros factores que influenciam a fractura. Consequentemente, é recomendado uso único para absoluta segurança. Mesmo assim, as limas Endodônticas podem apresentar defeitos, que são pontos de concentração de stress, os quais podem iniciar a formação de microfendas e levar à fractura. (Madarati *et al.*, 2008)

Relativamente ao número de ciclos de esterilização, o estudo elaborado por Casper *et alii.* (2011) concluiu que os instrumentos quando submetidos à autoclave não apresentam nenhuma diferença no seu desempenho, tal como o estudo realizado por Plotino *et alii.* (2012).

No entanto, um estudo realizado por Melo *et al.* demonstrou que um instrumento de níquel-titânio apresentava uma maior resistência à fadiga cíclica após cinco ciclos de esterilização de calor seco (170° durante uma hora, com posterior resfriamento lento na hora seguinte), atribuindo isto a um aumento da microdureza que foi observada depois deste regime de esterilização. A longa duração associada a uma temperatura relativamente alta, pode ter ajudado a reduzir a martensita residual do material, formada como resultado do processo de fabrico, o que pode explicar o aumento da microdureza. (Cheung, 2009).

Segundo Madarati *et al.* (2008), os ciclos térmicos podem resultar em fadiga metálica. Todavia, não existindo consenso na literatura relativamente à influência da esterilização na fractura dos instrumentos, e como alguns estudos não simulam a situação clínica, são necessários mais estudos para avaliar o referido factor, de forma a reduzir a separação de instrumentos na prática clínica.

Um estudo mostrou que o tratamento térmico de limas de níquel-titânio (superior a 430° durante meia hora) poderia melhorar a resistência à fadiga cíclica. (Cheung, 2009).

Segundo Cohen e Hargreaves (2011), outro factor que influencia a fractura das limas Endodônticas é a sua utilização em canais secos, uma vez que provoca esforço excessivo do instrumento. Madarati *et al.* (2008) acrescentam ainda que a lubrificação, em geral, diminui a fricção entre objetos sólidos, sendo portanto imperativa a utilização das limas em canais com irrigantes ou lubrificantes para uma instrumentação e desinfecção mais efetivas.

O torque utilizado durante a instrumentação dos canais radiculares é também reportado como uma influência na fractura dos instrumentos. O torque gerado durante a instrumentação de canais estreitos é maior do que em canais largos. Para além disso, à medida que o diâmetro da lima aumenta, o torque (força) necessário para começar a desespirar ou para fracturar também aumenta. Se o torque atinge um nível crítico, o instrumento sofre uma falha estrutural, resultando na separação. Quando é utilizado um torque elevado, o instrumento está muito ativo, aumentando a probabilidade de bloqueio da lima, conseqüente deformação e por fim, separação da mesma. Respeitando a curvatura do canal radicular, as limas de menor diâmetro falham com menos torque, tal como as limas em canais extremamente curvos. Foi reportado que os instrumentos utilizados com torques mais baixos são mais resistentes à fractura do que aqueles usados com torques mais elevados. Desta forma, os clínicos devem utilizar motores eléctricos com controlo de torque baixo durante a preparação do canal radicular. (Madarati *et al.*, 2008)

Os motores com controlo de torque baixo param a sua rotação e começam a trabalhar na direcção oposta, *auto-reverse*, quando o instrumento tem de resistir a níveis de torque equivalentes àquele produzido pelo motor, de forma a prevenir a fractura. (Martin *et alii.*, 2003)

De acordo com Parashos e Messer (2006), para minimizar o risco de fractura na prática clínica, as seguintes orientações são recomendadas:

- Criar sempre uma passagem com limas manuais, dependendo do sistema de instrumentação mecanizada a utilizar;
- Assegurar um acesso directo;

- Nunca forçar o instrumento;
- Utilizar movimentos de entrada e saída (*pecking*), com incrementos o maior possível permitido pela anatomia particular do canal e das características do desenho do instrumento;
- Não apressar a instrumentação, e evitar movimentos rápidos e bruscos;
- Substituir as limas logo após o uso em canais muito curvos e estreitos;
- Limpar as espiras e examinar as limas regularmente durante a utilização, preferencialmente com ampliação;
- Manter o instrumento em movimento na câmara inundada de hipoclorito de sódio;
- Não utilizar as limas na ausência de lubrificação;
- Evitar manter a lima num ponto, particularmente em canais curvos, e com instrumentos mais largos e com maior conicidade.

Cheung (2009) acrescenta ainda que:

- Usar um motor eléctrico com controlo de torque com as definições recomendadas pelo fabricante;
- Adotar uma sequência de instrumentação que englobe diferentes conicidades, evitando usar conicidades iguais ou superiores a 0.06 em canais com curvaturas médias.

IV. Influência dos instrumentos fracturados no prognóstico

O prognóstico de um dente com um instrumento fracturado no seu interior depende de vários factores como a fase da instrumentação em que ocorre a fractura, da condição pré-operatória da polpa e dos tecidos periapicais e da possibilidade de a lima ser removida ou ultrapassada. O prognóstico é determinado pela permanência de polpa necrosada e infectada no canal, e consequentes bactérias, resultante da presença do instrumento. Assim sendo, o prognóstico é melhor quando a fractura ocorre no final da instrumentação, pois nesta fase a polpa já foi removida (Cohen, Hargreaves, 2011).

De acordo com Parashos e Messer (2006) o prognóstico é reduzido pois o controlo bacteriano está comprometido quando a fractura do instrumento ocorre em estágios iniciais da preparação do canal sem a remoção mínima de detritos, ou sem atingir o ápice ou para além da constrição apical, e o instrumento não pode ser ultrapassado. Por outro lado, o prognóstico é mais favorável nos casos em que os canais foram adequadamente limpos levando ao controlo bacteriano, onde instrumentos maiores fracturaram no terço apical, ou onde o fragmento foi ultrapassado satisfatoriamente.

No entanto, um estudo realizado por Molyvdas et al., no qual foram distinguidas polpas vitais e polpas necrosadas antes do tratamento, reportou variações no sucesso do tratamento de 100% e 75%, respectivamente. (Parashos, Messer, 2006)

Em contrapartida, segundo Panitvisai *et alii.* (2010), o prognóstico do tratamento Endodôntico quando um instrumento fracturado é deixado no interior do canal radicular não é significativamente reduzido. O prognóstico é pior se estiver presente na altura do tratamento patologia periapical, mas apenas porque a desinfeção efetiva do canal é comprometida.

Um achado importante resultante de vários estudos foi que a presença de lesão periapical pré-operatória servia de factor principal de prognóstico para o sucesso do tratamento. (Spili *et al.*, 2005)

O estudo elaborado por Parashos e Messer (2006) concluiu que a presença de radiolucidez periapical, mais propriamente do que o instrumento fracturado em si, era a causa do fracasso do tratamento, similarmente ao reportado por diversos autores. Para além disso, os autores deste estudo recomendam que, em casos de fractura da lima no interior no canal, o tratamento Endodôntico ortógrado deve ser completado com a incorporação do instrumento fracturado na obturação final e o dente deve ser mantido sob observação.

V. Abordagem clínica de instrumentos fracturados

No início, os autores sugeriam que o objecto, independentemente do diagnóstico Endodôntico primário, devia ser deixado no canal, e este canal deveria ser tratado até ao objecto, de acordo com os procedimentos Endodônticos normais. Outros sugeriram que o objecto deveria ser ultrapassado e incorporado no material que preenche o canal (Panitvisai *et alii.*, 2010).

Suter *et al.* (2005) afirma que aquando a fractura de um instrumento no interior de um canal radicular, a primeira opção é a remoção do fragmento. Apenas depois da sua remoção, o canal pode ser otimamente negociado, desinfectado e conformado. Se o canal radicular não puder ser eficazmente instrumentado e limpo, o tecido pulpar remanescente e bactérias podem permanecer e comprometer o sucesso do tratamento Endodôntico.

No entanto, muitos factores estão envolvidos na decisão de como lidar com instrumentos fracturados alojados no interior de um canal radicular. Se a remoção é tentada, as probabilidades de sucesso devem ser ponderadas contra as possíveis complicações iatrogénicas (Souter, Messer, 2005).

Perante um dente com problemas Endodônticos pós-tratamento, existem quatro opções básicas: não fazer nada, extrair o dente, retratamento Endodôntico não cirúrgico, retratamento cirúrgico. Quando se toma a decisão de intervir, a abordagem clínica descrita na literatura relativa a instrumentos Endodônticos fracturados, inclui a sua remoção, a realização do *bypass* do instrumento, a obturação até ao instrumento fracturado, a Cirurgia Endodôntica ou, em último recurso, a exodontia do dente afectado. (Cohen, Hargreaves, 2011)

1. Remoção de instrumentos fracturados

De acordo com Cohen e Hargreaves (2011), a possibilidade de remoção do instrumento está dependente da localização do fragmento, pois se este se encontrar na porção cervical do canal, a remoção é possível, mas se o fragmento se localizar na curvatura do

canal, a remoção convencional poderá não ser possível. Outros factores que determinam a seleção do tratamento a realizar são as curvaturas das raízes, a necessidade de alargamento da porção cervical, as concavidades externas e a espessura da raiz. Um aparelho crucial no auxílio da remoção de instrumentos fracturados é o microscópio óptico, pois aumenta a visibilidade, luminosidade, eficiência e segurança das técnicas de remoção.

Parashos e Messer (2006) sugerem os mesmos factores determinantes para o sucesso da remoção de obstruções, acrescentando que quanto mais apical for a localização do instrumento, maior a possibilidade de perfuração da raiz e mais baixa a resistência da raiz à fractura depois da remoção do fragmento. Segundo estes autores o acesso direto é fundamental para o sucesso da remoção dos instrumentos, mas a conservação da estrutura dentária é suprema para a resistência do dente à fractura.

Em contrapartida, Iqbal *et al.* (2006) afirmam que o factor principal que determina a viabilidade de um instrumento fracturado poder ser recuperado é a posição do fragmento em relação à curvatura do canal radicular.

Segundo Ruddle (2002), o tipo de material que constitui a obstrução é outro factor importante a ser considerado. Por exemplo, as limas de aço inoxidável têm tendência a ser mais fáceis de remover e, normalmente, não fracturam durante o processo de remoção, enquanto os instrumentos fracturados de níquel-titânio podem partir repetidamente e possuem memória elástica, dificultando a sua remoção.

O mesmo autor afirma que a remoção do instrumento está também dependente do diâmetro, do comprimento e da posição do fragmento (Ruddle, 2004).

Terauchi *et al.* (2006) afirmam também que quando um instrumento fracturado se localiza acima do orifício do canal, pode ser facilmente traccionado por uma pinça hemostática, fórceps de Steiglitz, alicate de Perry ou um porta-agulhas.

Muitos autores introduziram instrumentos especiais e técnicas para a recuperação intradentária do objecto obstrutor. (Panitvisai *et alii.*, 2010)

Para a remoção de obstruções intracanalares, utilizando os dispositivos desenvolvidos para o efeito, é necessário primeiro criar um acesso direto ao instrumento. Previamente ao início da remoção de um instrumento fracturado, o clínico deve observar atentamente diferentes radiografias pré-operatórias anguladas horizontalmente. O acesso coronal é o primeiro passo da remoção de instrumentos fracturados. (Ruddle, 2004)

O acesso coronário necessário para a realização de um retratamento Endodôntico não cirúrgico tem sido denominado de desmonte coronário, uma vez que frequentemente, após um tratamento Endodôntico, o dente recebe uma restauração de coroa total e muitas vezes essa restauração encontra-se sobre um núcleo e um espigão intra-radicular. Nestas situações, o acesso corono-radicular é difícil, sendo necessário decidir se deverá ser tentada a preservação da restauração ou remover a mesma e substituí-la posteriormente ao retratamento. Quando se toma a decisão de preservar a restauração e fazer o acesso através desta, o paciente deve ser avisado da possível necessidade de substituição, devido ao risco de danificar a coroa ou possíveis complicações iatrogénicas. (Cohen, Hargreaves, 2011)

O acesso radicular é o segundo passo necessário para uma remoção eficaz de um instrumento fracturado, alargando o canal até à obstrução para posterior introdução dos dispositivos. Uma forma previsível de criar este acesso é utilizar inicialmente limas manuais, de calibres menores para calibres maiores, com direcção de coronal para a obstrução. As limas manuais criam espaço suficiente para acomodar de forma segura as brocas de Gates-Glidden, as quais são numeradas de 1 a 6, com diâmetros máximos de 0.50, 0.70, 0.90, 1.10, 1.30, 1.50 milímetros, respectivamente. As brocas de Gates-Glidden são utilizadas para criar um acesso radicular de conicidade uniforme até à obstrução. Estas são mais seguras quando utilizadas a velocidades de 750 RPM e, principalmente, com movimentos de escovagem para criar uma forma cónica e maximizar a visibilidade. Geralmente, as brocas de Gates-Glidden 1 ou 2 podem ser levadas profundamente até à porção coronal do instrumento fracturado. Durante este procedimento é necessária atenção para afastar a broca da parede interna do canal devido à furca, se existente, sendo esta uma zona de perigo. Desta forma, maximiza a dentina remanescente, produz uma preparação mais centrada e melhora o acesso radicular recto. A broca de Gates-Glidden 3 é levada a um nível mais coronal, onde a

broca 2 foi utilizada e, em dentes com furca, a broca de Gates-Glidden 4 é confinada a uma profundidade não maior do que a sua ponta além do orifício. Depois de o acesso radicular ser otimamente realizado, é necessário efetuar uma plataforma circunferencial de forma a criar espaço lateralmente ao instrumento. Para tal, seleciona-se a broca de Gates-Glidden cujo diâmetro máximo da secção transversal é ligeiramente mais largo do que o instrumento visualizado. A ponta da broca é alterada, cortando-a perpendicularmente ao seu longo eixo e no seu diâmetro máximo da secção transversal. Esta broca de Gates-Glidden modificada é introduzida no canal previamente alargado, com uma rotação baixa de aproximadamente 300 RPM, com direção apical, até contactar ligeiramente com a porção coronal do instrumento. Este passo, quando correctamente realizado, permite ao clínico a visualização dos milímetros coronais do segmento, em junção com ampliação e boa iluminação. (Ruddle, 2004)

Durante a realização da plataforma utilizando brocas de Gates-Glidden, é necessária precaução, pois as brocas de tamanhos 3 e 4 podem perfurar ou fragilizar a raiz, nomeadamente raízes mesiais e distais de molares inferiores, distovestibulares e mesiovestibulares de molares superiores, e incisivos inferiores. A sua utilização parece segura em incisivos superiores, caninos de ambos maxilares e pré-molares mandibulares. A avaliação radiográfica da espessura da dentina residual durante a preparação da plataforma pode ser ambígua, devido à inexatidão da interpretação radiográfica, podendo provocar uma sobrepreparação da plataforma ou perfuração radicular. (Plotino *et alii.*, 2007)

No entanto, para a realização da plataforma pode também ser utilizado um instrumento rotatório de níquel-titânio denominado Lightspeed, modificado tal como as brocas Gates-Glidden, ou então pontas ultrassónicas. (Cohen, Hargreaves, 2011)

Os resultados de um estudo elaborado por Iqbal *et al.* (2006) mostram que a plataforma era melhor quando realizada pelas limas LightSpeed, comparativamente aquela preparada com brocas de Gates-Glidden. Os autores atribuíram estes resultados devido ao facto de o eixo das limas LightSpeed não ter conicidade, ser liso e possuir menor diâmetro do que a porção cortante, resultando num instrumento mais flexível.

Os objectivos da realização da plataforma são alargar e conformar o canal radicular até ao instrumento fracturado, e libertar os seus 2 a 3 milímetros coronais, ou cerca de um terço do seu comprimento, de forma a soltá-lo parcialmente, para que seja possível a sua remoção, utilizando as diferentes técnicas e dispositivos existentes. (Ruddle, 2002; Iqbal *et al.*, 2006)

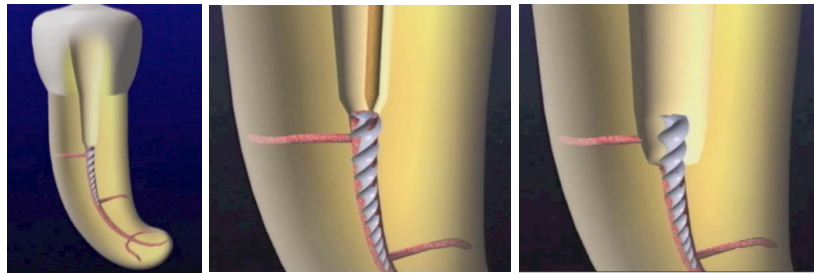


Figura 1: Realização da plataforma, alargando o canal e libertando a porção coronal do instrumento fracturado. Neste caso, foram utilizadas pontas ultrassónicas para o efeito (adaptado de vídeos didáticos de C. Ruddle)

Quanto ao sucesso na remoção de instrumentos fracturados, independentemente da técnica utilizada, num estudo que diferenciava o tipo de sucesso obtido após a tentativa de remoção como “muito alto”, “médio”, “baixo”, os autores verificaram que: instrumentos localizados na porção coronal, a taxa foi de 59,1% com sucesso muito alto; instrumentos situados na porção média, a taxa foi de 19,3% com sucesso muito alto e de 40,8% com sucesso mediano; instrumentos alojados na porção apical, a taxa foi de 79,1% com sucesso baixo, 6,6% com sucesso mediano e 1,7% com sucesso muito alto (Madarati *et al.*, 2008). Desta forma, estes resultados estão em concordância com outros estudos, que afirmam que quando mais apical se encontrar o instrumento fracturado, menor é a probabilidade de o remover, não recomendando a tentativa de remoção nestas situações (Iqbal *et al.*, 2006).

Atualmente são muitos os dispositivos utilizados para remover instrumentos fracturados do interior dos canais radiculares. A técnica ultrassónica é a mais utilizada, com uma percentagem de 84,6%, seguida do kit Masseran com 35,4%, de acordo com um estudo realizado por Madarati *et al.* (2008).

i. Ultrassons

Os ultrassons em Endodontia aumentaram a qualidade do tratamento e representam um importante auxiliar no tratamento de casos complicados. A utilização dos ultrassons em Endodontia foi primeiramente introduzida por Richman em 1957. O ultrassom é energia sonora com uma frequência inferior à do alcance do ouvido humano, a qual é de 20kHz. As frequências utilizadas inicialmente nos dispositivos ultrassônicos eram entre 25 e 40 kHz. Posteriormente foram desenvolvidos ultrassons de baixa frequência, entre 1 e 8 kHz, os quais produzem menos stress, causando por isso menos alterações na estrutura dentária (Plotino *et alii.*, 2007)

Existem dois métodos para a produção do ultrassom. A primeira é magnetostricção, a qual converte energia electromagnética em energia mecânica. A segunda é baseada no princípio piezoeléctrico, em que é usado um cristal que altera a dimensão quando é aplicada uma carga eléctrica. A deformação deste cristal é convertida em oscilação mecânica sem produzir calor. Este método de produção do ultrassom é o utilizado na Endodontia, uma vez que trabalha de forma linear, com movimentos de vaivém, sendo ideal nesta área. (Plotino *et alii.*, 2007)

Ruddle propôs uma técnica para a remoção de instrumentos metálicos fracturados no interior de um canal radicular, utilizando uma combinação de brocas Gates-Glidden, ampliação microscópica e pontas ultrassónicas (Nevares *et alii.*, 2012)

De acordo com Ruddle (2002), antes de ser tentada esta técnica devem ser colocadas pequenas bolas de algodão nos outros orifícios dos canais radiculares expostos, se presentes, para prevenir a reentrada do fragmento no interior de outro canal radicular.

Após o alargamento interno radicular, com brocas de Gate-Glidden, deve ser seleccionada a ponta ultrassónica adequada, quer em comprimento, quer em diâmetro. A ponta é então colocada em íntimo contacto com a obstrução e ativada, sempre com as definições de potência mais baixas. Esta ação ultrassónica remove a dentina e expõe os milímetros coronais da obstrução (Ruddle, 2002).

Posteriormente é colocada uma ponta ultrassónica no espaço criado entre o instrumento e a parede do canal, sendo vibrada à volta do fragmento no sentido anti-horário, de forma a desaparafusar o instrumento. Caso a lima fracturada não seja rotatória, isto é, não apresente um corte com sentido horário, é necessário aplicar a vibração no sentido oposto. Esta ação ultrassónica permite que o instrumento salte do canal, ou pelo menos fique solto, saindo depois pelo movimento criado com a irrigação (Cohen, Hargreaves, 2011)

Segundo Terauchi *et al.* (2006), o tempo necessário para remover instrumentos utilizando a técnica ultrassónica varia entre 3 e 40 minutos. No entanto, a utilização do microscópio operatório, que proporciona luminosidade e ampliação, é essencial para a técnica apresente os resultados pretendidos. A visualização da obstrução é muito importante durante o processo de remoção, pois permite um melhor controlo da remoção de dentina, possibilita uma preparação centrada no canal e um posicionamento da ponta ultrassónica ao longo do instrumento. A posição correta da ponta de ultrassons pode prevenir uma segunda fractura do instrumento ou que este se mova apicalmente. Se não for possível a visualização do instrumento com ampliação, o que geralmente acontece quando o instrumento está localizado no terço apical do canal ou depois da curvatura, o processo de remoção do segmento não é recomendado devido ao risco de perfuração e destruição excessiva do canal.

Para além disso, num estudo realizado por Suter *et al.* (2005), os autores sugerem que as tentativas de remoção de instrumentos fracturados utilizando esta técnica não deverão ultrapassar os 45-60 minutos, devido à fadiga do operador e do alargamento excessivo do canal, recomendando que após esse período, devem ser consideradas outras opções de tratamento.

As pontas ultrassónicas para a remoção de instrumentos fracturados requerem que a sua utilização seja feita na ausência de refrigeração, de forma a melhorar a visibilidade com o microscópio operatório (Hashem, 2007).

A vibração ultrassónica com potências altas tornam a fractura das pontas mais rápida e aumenta a possibilidade de fracturas repetidas do instrumento alojado no interior do

canal, principalmente constituídos por níquel-titânio, dificultando a sua remoção (Ward, 2003).

Adicionalmente, a vibração de alta frequência e a fricção entre a ponta ultrassónica, a dentina e o instrumento fracturado, geram altas temperaturas. A quantidade de calor transmitida à superfície externa da raiz pode ser uma conjugação de vários factores como o tamanho e a textura superficial da ponta ultrassónica, da difusão térmica e da condutividade da dentina. A dentina é um fraco condutor térmico, pelo que transmite ao ligamento periodontal as temperaturas elevadas presentes no interior do canal, assim sendo, este factor depende da espessura da dentina. Os autores recomendam portanto a ação de dispositivos ultrassónicos durante ciclos curtos, entre 60 e 120 segundos no máximo (Hashem, 2007).

Desta forma, a utilização da técnica ultrassónica para remover instrumentos fracturados deve ser feita sem refrigeração, para não prejudicar a visualização do instrumento pelo microscópio operatório, e em ciclos curtos para não gerar temperaturas excessivas (Ruddle, 2002)

Recentemente, alguns instrumentos não-cirúrgicos tornaram-se disponíveis com tecnologia de transporte de água, apesar de, na opinião de muitos autores não serem recomendados. Do ponto de vista de Ruddle, estes instrumentos estão contra-indicados, pois a água que flui através do instrumento ultrassónico amortece o movimento e reduz o desempenho da ponta, os instrumentos ultrassónicos de pequeno diâmetro fabricados para o fluxo interno de água são mais frágeis, e devido ao efeito indesejável de aerossóis (Ruddle, 2002).

Foi também criada uma ponta ultrassónica com função de fluxo de ar com o objectivo de reduzir a temperatura gerada pelos dispositivos ultrassónicos. O spray de ar é expelido na zona de encaixe da ponta ultrassónica, diminuindo a temperatura da própria ponta e da dentina onde esta contacta. Tem também a vantagem de afastar os resíduos de dentina, formados pela utilização ultrassónica, melhorando assim a visibilidade do operador (Madarati *et al.*, 2009).

A técnica ultrassónica é atualmente muito utilizada para remover instrumentos, apresentando uma elevada taxa de sucesso, mesmo quando os fragmentos se localizam em canais com curvaturas severas (Cujé *et al.*, 2010).

No entanto, segundo vários autores, esta técnica é consideravelmente menos eficaz em casos de instrumentos localizados no terço apical de canais radiculares curvos, uma vez que aumentar o risco de perfuração radicular e diminuir a resistência da raiz. Quanto mais profunda for a localização do instrumento no interior do canal radicular, menor é a força necessária para ocorrer a fractura da raiz (Souter, Messer, 2005; Madarati *et al.*, 2010).

Segundo Ward *et al.* (2003), para além de todos os resultados e recomendações, a experiência do operador é também muito importante no sucesso e segurança aquando a realização desta técnica.

ii. Sistemas de Microtubos

Há diversos métodos de remoção de instrumentos fracturados com microtubos, antigos e recentes, os quais são desenhados para prender mecanicamente uma obstrução intracanal. No entanto, muitos destes sistemas requerem uma remoção excessiva de dentina e/ou muitas vezes mostram-se ineficazes. Para os clínicos, a crítica principal é o seu diâmetro externo, pois dita o quão profundamente pode ser introduzido de forma segura no canal. Um alargamento exagerado do canal enfraquece estruturalmente a raiz e também predispõe à formação de degraus, perfurações e fracturas (Madarati *et al.*, 2008).

Kit Masserann

A técnica de remoção com kit Masserann é utilizada há mais de quatro décadas e diferentes taxas de sucesso foram apresentadas, entre 25 e 55% (Madarati *et al.*, 2008).

O kit Masserann é constituído por 14 pares de brocas trefina com diâmetros compreendidos entre 1.1 e 2.4 milímetros, e dois dispositivos extractores, os quais são aplicados e bloqueados à volta do instrumento (Yoldas *et alii.*, 2004)

Este kit possui também um medidor que permite a seleção do tamanho da broca e do extractor a ser utilizado (Cohen, Hargreaves, 2011).

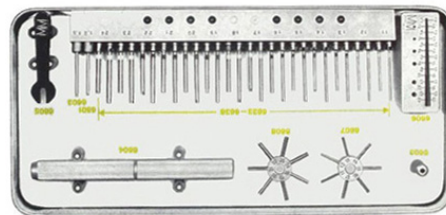


Figura 2: Kit Masserann®

As brocas trefina, que cortam em sentido anti-horário, são utilizadas para preparar o espaço em torno da porção coronal de uma obstrução e os dois tubos extractores com diâmetros externos de 1.2 e 1.5 mm, os quais são inseridos no espaço criado e prendem mecanicamente o objecto. O dispositivo Masserann, com sistema de trefina, acomoda o instrumento fracturado no seu centro, enquanto corta uma circunferência à volta do fragmento. O extractor consiste num tubo no qual pode ser aparafusado um êmbolo. Apertando o parafuso, a parte livre do instrumento fica bloqueada entre o êmbolo e a parte interna, pouco antes da porção apical do tubo (Okiji, 2003; Cheung, 2009).

No entanto, este kit está limitado a canais largos de dentes anteriores, não devendo ser utilizado em casos que envolva instrumentos localizados na porção média ou apical do canal, ou em canais curvos. Isto deve-se ao facto de esta técnica necessitar de remoção de uma quantidade considerável de dentina, o que pode fragilizar a estrutura radicular e aumentar o risco de perfuração ou fractura. O tempo necessário para remover instrumentos utilizando esta técnica varia entre 20 minutos a algumas horas, segundo alguns autores (Terauchi *et al.*, 2006; Ruddle, 2004).

Em concordância, os resultados obtidos no estudo realizado por Yoldas *et alii.* (2004) mostraram que a utilização do kit Masserann aumenta o risco de produzir uma dentina radicular fina ou com perfurações, quando empregado em molares mandibulares. Além do risco aumentado em canais curvos, este também parece existir em canais rectos com uma profundidade superior a 7.5mm (Yoldas *et alii.*, 2004)

Instrument Removal System (iRS)

O iRS está indicado quando a acção ultrassónica fracassa e deve ser usado quando o instrumento se localiza na porção recta do canal ou parcialmente próximo da curvatura (Ruddle, 2004).

Neste sistema existem tubos com tamanhos e cores diferentes, preto, vermelho e amarelo, tendo sido especialmente desenvolvido para remover instrumentos fracturados (Cohen, Hargreaves, 2011).



Figura 3: Instrument Removal System (iRS)®

O instrumento preto possui um diâmetro externo de 1.00 mm e está desenhado para trabalhar no terço coronal de canais largos, enquanto que os instrumentos vermelho e amarelo, com diâmetros externos de 0.80 e 0.60 mm respectivamente, podem ser colocados no interior de canais mais estreitos. Cada instrumento completo é composto por um microtubo com a respectiva cor e uma cunha de parafuso. Este microtubo possui um cabo de plástico de pequenas dimensões para aumentar a visualização durante a colocação, uma janela lateral para melhorar a mecânica e uma terminação em bisel de

45° para prender a porção coronal do instrumento fracturado. A cunha de parafuso possui um cabo metálico serrilhado, um mecanismo de parafuso com a mão esquerda, e um cilindro sólido que se torna afilado em direção à sua extremidade distal com uma conicidade de 0.02, para facilitar o bloqueio da obstrução (Ruddle, 2004).

Contrariamente ao kit Masserann, este sistema não utiliza brocas trefina, pois o fabricante aconselha a realização da plataforma com pontas ultrassónicas, de forma a libertar cerca de 2 a 3 mm da porção coronal do instrumento (Cheung, 2009).

Depois de realizada a plataforma de acesso, é seleccionado o microtubo que consiga ser inserido passivamente no canal e adaptado ao instrumento fracturado. Num canal curvo, a cabeça de uma lima fracturada de níquel-titânio irá sempre assentar contra a parede externa. Desta forma, o microtubo é inserido no canal com a porção longa da terminação biselada orientada para a parede externa, de maneira a recolher a cabeça do instrumento e guiá-la para o interior do microtubo. Uma vez posicionado o microtubo, a cunha de parafuso com a respectiva cor é inserida e deslizada pelo interior do tubo até contactar com a obstrução. Esta é então bloqueada, rodando o cabo da cunha de parafuso no sentido anti-horário. Alguns graus de rotação irão servir para apertar, bloquear e, muitas vezes, deslocar a cabeça da obstrução através da janela lateral do microtubo. Quando bloqueada, a obstrução pode ser desaparafusada e removida, rodando o microtubo e a cunha de parafuso no sentido anti-horário. No caso de haver dificuldade aquando a rotação do microtubo neste sentido, deve ser feita uma rotação no sentido horário limitada a 3-5°, o que irá permitir que o instrumento continue bloqueado, seguida da rotação no sentido anti-horário. Este movimento recíproco repetido servirá para soltar e facilitar a remoção. Outro processo que também pode ajudar na remoção é a colocação de vibração ultrassónica no microtubo. Caso não seja possível a colocação do microtubo sobre o instrumento de maneira a que a sua porção coronal se encontre na sua janela lateral, a terminação biselada poderá facilmente ser reduzida ou eliminada para alcançar melhores propriedades mecânicas (Ruddle, 2004).

A utilização deste sistema é muito fácil quando o instrumento está localizado na porção recta do canal, mas muito difícil em casos de limas com calibres elevados, uma vez que é complicado forçar a sua entrada na janela lateral do tubo (Cohen, Hargreaves, 2011).

Kit Brasseler Endo Extractor

Este sistema é composto, tal como o kit Masserann, por brocas trefina, existindo neste kit quatro tipos de brocas e extractores (Cohen, Hargreaves, 2011).

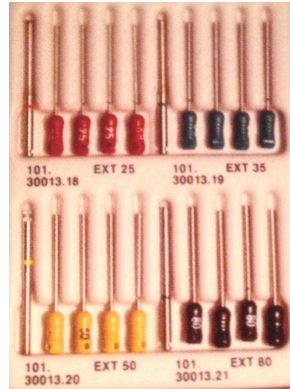


Figura 4: Kit Brasseler Endo Extractor® (adaptado de Cohen, Hargreaves, 2011)

As brocas são utilizadas para expor o fragmento e prender o tubo extractor, o qual pode ser uma agulha seccionada, sendo posicionado sobre a extremidade libertada e colado a esta com um adesivo de cianocrilato colocado no interior do tubo (Terauchi *et al.*, 2006; Suter 1998).

O factor mais importante na utilização deste sistema é haver um encaixe justo entre o tubo extractor e o instrumento fracturado. Está indicada uma exposição de 2 mm da porção coronal do instrumento, de forma a que o encaixe entre o tubo e o fragmento seja eficaz. No entanto, foi demonstrado que apenas com 1 mm de sobreposição entre ambos, a adesão criada com o cianocrilato foi forte e eficaz, pois existia um encaixe justo. Nestas situações, em que o encaixe é justo, é necessário aguardar cerca de 5 minutos até à secagem do cianocrilato, e de 10 minutos em situações onde o encaixe não é estável. Depois de seco, o dispositivo é traccionado, saindo conjuntamente o instrumento fracturado (Cohen, Hargreaves, 2011)

As desvantagens deste sistema são a possível perfuração ou fragilização da raiz devido à grande dimensão das brocas trefina e também devido ao facto de apresentarem um corte

muito agressivo. Para além disso, existe a possibilidade de o canal ficar contaminado com o adesivo de cianocrilato presente no tubo (Cohen, Hargreaves, 2011; Suter 1998).

Kit Cancellier Extractor e Separated Instrument Retrieval

Estes sistemas utilizam também adesivo cianocrilato para ser colado à extremidade coronal do instrumento fracturado, previamente libertada pela realização da plataforma (Cohen, Hargreaves, 2011).

Os tubos extractores do Cancellier são presos a um cabo para que o dispositivo não prejudique a visualização do fragmento pelo microscópio operatório (Cohen, Hargreaves, 2011).



Figura 5: Kit Cancellier Extractor®

O kit Cancellier Extractor contém quatro microtubos de tamanhos diferentes, com diâmetros externos de aproximadamente 0.50, 0.60, 0.70 e 0.80 milímetros. O microtubo é testado de forma a assegurar que o seu diâmetro interno consegue adaptar-se correctamente à porção coronal da obstrução. O microtubo seleccionado é então colado sobre o segmento fracturado com o adesivo de cianocrilato (Ruddle, 2004)

Este sistema não possui brocas trefina, sendo utilizado em conjunto com vibração ultrassónica do fragmento. Os diferentes tamanhos dos microtubos correspondem aos tamanhos específicos das limas (Cohen, Hargreaves, 2011).

O Cancellier é bastante efectivo para recuperar instrumentos sem espiras ou quando há dificuldade em remover uma lima fracturada que já foi libertada. Deve ser necessária atenção para não colocar demasiado adesivo pois pode inadvertidamente bloquear o canal (Ruddle, 2004).

Extractor System

Este sistema é constituído por uma broca e três extractores. A broca permite o acesso direto ao instrumento fracturado, removendo apenas uma pequena quantidade de dentina. Os extractores apresentam diâmetros reduzidos, sendo, portanto, um sistema conservador (Cohen, Hargreaves, 2011)



Figura 6: Roydent Extractor System®

Após a utilização da broca, a ponta do extractor é colocada sobre o instrumento fracturado. Este é então apertado, uma vez que o tubo extractor, no seu interior possui seis garras que bloqueiam o instrumento, permitindo a remoção (Cohen, Hargreaves, 2011).

No entanto, existe uma pequena variedade de dispositivos neste sistema e há probabilidade de fracturar uma das garras do extractor, quando utilizado incorretamente (Cohen, Hargreaves, 2011)

Microtubo com lima Hedstrom

Este método de remoção envolve a seleção de um microtubo correto para que possa ser colocado na obstrução exposta. Os microtubos clinicamente relevantes são as agulhas de calibres 19, 21 e 23, correspondendo a diâmetros externos de aproximadamente 1.00, 0.80 e 0.60mm, respectivamente. Devido à sua habilidade única para prender instrumentos, são selecionadas limas Hedstrom de calibres mais reduzidos, as quais são inseridas no interior da porção mais coronal do microtubo (Ruddle, 2004).

A lima é então introduzida pelo tubo e aparafusada no espaço entre a parte interna do microtubo e o fragmento, até ficar firmemente presa. De seguida, traccionando o tubo e a lima Hedstrom em simultâneo, o instrumento fracturado é também retirado (Cohen, Hargreaves, 2011).



Figura 7: Técnica de remoção com microtubo e lima Hedstrom (adaptado de Cohen, Hargreaves, 2011)

No entanto, devido à forma e conicidade das limas Hedstrom, a sua colocação no interior do microtubo pequeno e paralelo é muitas vezes limitada. Este método é bastante eficaz na remoção de instrumentos em canais largos (Ruddle, 2004).

Microtubo e ponta de laço

Esta técnica de remoção utiliza uma agulha de calibre 25 e um fio de aço de 0.14mm, ou de 0.11mm. As extremidades do fio são passadas pelo interior do tubo, pela terminação de injeção, e retiradas pela outra extremidade da agulha, formando um laço na zona de injeção da agulha. De seguida, o laço é colocado à volta do instrumento fracturado e, quando corretamente posicionado, é apertado, utilizando uma pinça hemostática. Uma vez apertado, o conjunto é removido do interior do canal por tração (Ruddle, 2004).



Figura 8: Técnica de remoção com microtubo e ponta de laço (adaptado de Cohen, Hargreaves, 2011)

Extractor Mounce

O extractor Mounce é um dispositivo manual que permite a utilização e conjunto com o microscópio operatório, sem interferir com a visualização a lima fracturada. Este instrumento é semelhante a um brunidor em forma de bola, mas com fendas cortantes, as quais são abertas em vários ângulos e desenhadas para deslizarem sobre a obstrução. Com recurso a um adesivo de cianocrilato, o extractor é colado à lima fracturada, sendo depois ambos removidos por tração (Cohen, Hargreaves, 2011).

File-Removal System

Este sistema de remoção envolve três passos que consistem em três técnicas diferentes. Foi reportado que o tempo necessário para remover instrumentos utilizando esta técnica varia entre 5 a 12 minutos (Terauchi *et al.*, 2006)

O primeiro passo desta técnica é estabelecer acesso direto à lima fracturada com a mínima remoção de dentina para conservar a estrutura radicular, tendo sido desenvolvidos dois tipos de brocas cortantes de baixa velocidade com 28 milímetros de comprimento. A primeira broca é utilizada para alargar o canal radicular para que a segunda broca possa ser facilmente introduzida no seu interior e posta em contacto com a porção coronal do instrumento fracturado. A segunda broca tem uma ponta cilíndrica que corta a periferia do instrumento fracturado, atuando como uma trefina e criando espaço para posterior utilização de pontas ultrassónicas. Ambas as brocas podem ser utilizadas em canais curvos devido à sua flexibilidade, sendo que a segunda tem um diâmetro menor do que a primeira para não haver remoção adicional de dentina. As brocas são utilizadas em sentido anti-horário, fazendo com que o instrumento comece a desaparafusar, o que ajuda na sua remoção, podendo até sair nesta fase. Se a remoção não for conseguida nesta fase, prossegue-se para o segundo passo. O segundo passo é remover dentina de forma conservadora e expor alguns milímetros coronais do instrumento separado, para tal, foi desenvolvido um instrumento ultrassónico para preparar a periferia da lima. O comprimento deste instrumento ultrassónico é de 30 milímetros e foi desenhado para recuperar limas fracturadas localizadas no terço apical de um canal longo. A ponta ultrassónica possui 0.2 milímetros de diâmetro para minimizar a quantidade de remoção de dentina. O último passo deve ser tentado se a lima ainda não tiver sido removida depois de uma exposição adequada da porção coronal do instrumento, pelo menos 0.7 milímetros. Este passo envolve um dispositivo que deve prender mecanicamente no fragmento e removê-lo, o qual é constituído por duas partes. Uma parte é formada por uma cabeça ligada a um tubo descartável (0.045mm de diâmetro) com um laço de arame de níquel-titânio (0.08mm) que se projeta a partir dele. A outra parte é um corpo de bronze equipado com um cabo deslizante do lado que prende o fio, com o objectivo de controlar o laço. O tamanho do laço pode ser ajustado ao tamanho do instrumento fracturado, manipulando o cabo.

Uma vez que o fragmento esteja suficientemente exposto, o laço é colocado sobre a porção coronal do instrumento e de seguida é preso para segurar o fragmento. A obstrução é então retirada, puxando o aparelho para fora do canal (Terauchi *et al.*, 2006).

Um estudo realizado por Terauchi *et alii.* (2007) concluiu que o File-Removal System mostrou-se eficaz na redução do tempo necessário para a remoção de instrumentos, associado a uma taxa de remoção de dentina reduzida.

iii. Métodos químicos

Estas técnicas envolvem ácidos, como ácido clorídrico ou ácido sulfúrico, com o objectivo de corroer o objecto metálico localizado no interior do canal. No entanto, estes químicos atuam como irritantes para os tecidos periapicais, nem sempre a totalidade do instrumento está em contacto com o químico e, para além disso, é impossível controlar a ação química, sendo também influenciada a parede do canal. Como atualmente os instrumentos são resistentes à corrosão, os métodos químicos tornaram-se falíveis e pouco recomendáveis (Ward, 2003; Parashos, Messer, 2006).

iv. Remoção com Gutta-Percha

Rahimi e Parashos (2009) experimentaram uma nova técnica de remoção: 2-3mm apicais de um cone de gutta-percha 40.04 foram mergulhados em clorofórmio durante aproximadamente 30 segundos. De seguida, a gutta-percha amolecida foi inserida no canal e deixada endurecer durante 3 minutos. O cone de gutta-percha e o instrumento fracturado foram removidos do interior do canal, traccionando-os delicadamente com movimentos horários e anti-horários. Esta técnica é conservadora, simples e rápida, não necessitando de remoção de dentina, visão direta ou acesso direto.

v. Métodos Eléctricos

Outro método existente, apesar de recente, associa métodos químicos a métodos eléctricos. O conceito de recuperar instrumentos fracturados utilizando um processo

electroquímico é baseado na dissolução da liga metálica em meios aquosos e requer a existência de dois elétrodos e um eletrólito. É necessária a aplicação de uma diferença de potencial para a transferência dos elétrons e a libertação dos iões metálicos para a solução. As soluções utilizadas são seleccionadas em função da constituição metálica do instrumento fracturado, tais como fluoreto para ligas de níquel-titânio ou hipoclorito de sódio para instrumentos de aço inoxidável. Este método não necessita de remover tecido dentinário das paredes do canal, evitando desta forma a diminuição da resistência da raiz. No entanto, são necessários mais estudos para desenvolver esta técnica (Ormiga *et al.*, 2010).

vi. Remoção com limas de Hedstrom

Esta técnica requer a criação de mais espaço em torno do instrumento fracturado, para inserir limas Hedstrom o mais apicalmente possível em dois ou três pontos (Cohen, Hargreaves, 2011).

Depois de as limas serem colocadas ao longo do instrumento fracturado, estas são torcidas no sentido horário e com força moderada, de forma a prender o fragmento e depois traccionar como um todo (Terauchi *et al.*, 2006)

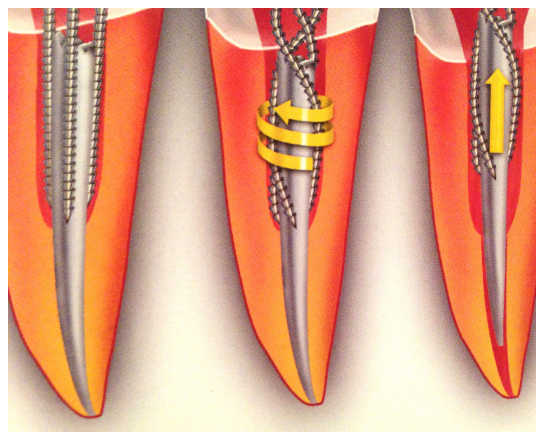


Figura 9: Técnica de remoção com três limas Hedstrom (adaptado de Cohen, Hargreaves, 2011)

No caso da primeira tentativa falhar, deve ser experimentada a mesma técnica utilizando limas Hedstrom com calibres superiores (Cohen, Hargreaves, 2011).

vii. Complicações associadas à remoção de instrumentos fracturados

Apesar da evolução de sistemas e técnicas de remoção de instrumentos fracturados do interior dos canais radiculares, todos mostram limitações. Os problemas associados a estes dispositivos incluem remoção excessiva de dentina do canal radicular, formação de degraus, perfurações, aplicação limitada em canais curvos e estreitos, e extrusão da porção fracturada para além do ápice (Parashos, Messer, 2006).

Um estudo elaborado por Madarati *et al.* (2008) reportou que 61,8% dos inquiridos afirmou ter tido complicações durante a remoção de instrumentos, tendo sido pedido para especificar qual o tipo de complicações. Os resultados foram os seguintes:

- Perda excessiva de estrutura dentária: 67,4%
- Perfuração radicular: 46,5%
- Fractura de outro instrumento: 40,5%
- Extrusão do segmento fracturado pelo ápice: 18,6%
- Outras complicações (degraus, bloqueio do canal): 8,4%

Neste estudo, os valores mais elevados de fracasso foram reportados quando o instrumento fracturado estava localizado nas regiões mais anatomicamente inacessíveis: em molares, 88,4%, e no terço apical do canal radicular, 84,8% (Madarati *et al.*, 2008).

2. Bypass de instrumentos fracturados

Quando a remoção de um instrumento fracturado não é possível, realizar o seu *bypass*, ou seja, ultrapassar o instrumento, permite a desinfecção, conformação e obturação da totalidade do canal radicular, mesmo quando o instrumento se localiza nos terços médio ou apical de canais curvos (Nevares *et alii.*, 2012).

Parashos (2006) afirma que inicialmente deve ser sempre tentada a realização do *bypass* do instrumento fracturado, antes de tentar remover o instrumento, pois é muitas vezes bem-sucedida, particularmente nas situações em que as raízes têm mais do que um canal e estes confluem antes do foramen apical (Parashos, Messer, 2006).

O procedimento de *bypass* consiste na utilização de limas K de calibres pequenos, 8 ou 10, entre o fragmento e as paredes do canal, criando um espaço entre eles. Muitas vezes, este espaço criado permite soltar o instrumento e recuperá-lo do interior do canal radicular. No entanto, quando a remoção não é viável, tenta-se alcançar o comprimento de trabalho com limas manuais, de forma a conformar e desinfetar a totalidade do canal radicular, e incorporar o fragmento no material de obturação (Nevares *et alii.*, 2012).

No presente estudo, o *bypass* teve uma taxa de sucesso de 56,7%, sendo o procedimento efectuado com limas manuais de aço inoxidável. Estes instrumentos são rígidos e podem provocar incidentes como perfurações, degraus, transporte do canal, principalmente quando utilizados em canais curvos, devendo ser utilizados com precaução. Os autores verificaram que a realização do *bypass* depende apenas do senso táctil do clínico e da sua perseverança (Nevares *et alii.*, 2012).

3. Obturação até ao instrumento fracturado

Segundo vários autores, quando a remoção ou o *bypass* do instrumento fracturado não é possível, deve realizar-se o tratamento Endodôntico, de acordo com os procedimentos normais, obturando o canal radicular até ao fragmento (Panitvisai *et alii.*, 2010).

Esta abordagem tem melhor prognóstico quando o instrumento fractura na fase final da instrumentação, uma vez que nesta altura todo o canal foi conformado e desinfetado. Em contrapartida, o prognóstico poderá não ser favorável quando a fractura ocorre na fase inicial de instrumentação, pois a presença do instrumento impede a correcta conformação e irrigação, resultando na permanência de polpa e bactérias no interior do canal (Cohen, Hargreaves, 2011)

Um estudo realizado por Madarati *et al.* (2008), concluiu que na impossibilidade de remoção ou *bypass* de um instrumento fracturado, a maioria dos Médicos Dentistas, 88,5%, opta por deixar o fragmento *in situ* e obturar o canal radicular até à obstrução.

Após esta abordagem clínica, os casos devem ser observados regularmente e se os sintomas e/ou sinais persistirem, deve ser considerada a realização da cirurgia apical (Cohen, Hargreaves, 2011).

4. Cirurgia Apical

A cirurgia perirradicular ou periapical, executada desde os meados do século XIX, está indicada quando o retratamento Endodôntico não cirúrgico não tem uma resposta positiva, sendo considerada uma extensão do mesmo. A abordagem cirúrgica pode ser a primeira opção de tratamento, nos casos de dentes com fragmentos não removíveis por via ortógrada. No entanto, pode ser recomendado o retratamento não cirúrgico antes do procedimento, de forma a reduzir a quantidade de microorganismos no sistema de canais, melhorando o prognóstico do dente. O sucesso do tratamento está dependente de muitas variáveis como a qualidade óssea, a quantidade de estrutura dentária remanescente e resistência à fractura, a qualidade da restauração, a experiência do operador, entre outros (Cohen, Hargreaves, 2011).

A anestesia local para o tratamento cirúrgico deve possibilitar um efeito anestésico prolongado e uma hemostasia localizada, sendo, portanto, ideal o uso de anestesia com vasoconstritor. O anestésico é primeiramente administrado na mucosa alveolar do local do ápice da raiz vestibular, seguido da sua extensão por 2 ou 3 dentes em cada lado desse local. No caso de dentes posteriores mandibulares é também geralmente utilizada a técnica de bloqueio regional. Muitas vezes é necessária a administração de anestesia infiltrativa palatina ou lingual, contudo, em menores quantidades. Após a deposição do anestésico em todos os locais necessários, o clínico deve aguardar cerca de 10 minutos antes do início da cirurgia (Cohen, Hargreaves, 2011).

O acesso cirúrgico inicia com a realização de uma janela ou descolamento dos tecidos moles, sendo necessário avaliar as características dos mesmos, como as margens da

coroa, a inserção do freio labial, a largura da gengiva e a altura e largura da papila. É preferida uma incisão relaxante vertical, em alternativa à angular, uma vez que lesa menos vasos sanguíneos, evitando a isquemia e hemorragia nos tecidos (Kim *et al.*, 2009).

Depois de feito a janela ou descolamento dos tecidos moles com exposição óssea, realiza-se então a loca óssea que permitirá o acesso ao ápice radicular. É de salientar que nos casos em que já existe perda óssea, muitas vezes a loca óssea já se encontra presente, sendo apenas necessária a regularização das margens. Na remoção de osso para acesso ao ápice radicular, o tecido duro saudável deve ser preservado e a geração de calor durante o procedimento deve ser reduzida. O aquecimento do tecido ósseo é prejudicial na medida em que irá reduzir a formação de osso na cicatrização e aumenta o fluxo sanguíneo durante a cirurgia. A broca esférica é a ideal para realizar o acesso, devendo ser utilizada com movimentos de escovagem, pois caso contrário, ocorre uma força excessiva na broca para o interior do osso, onde não é efetiva a irrigação. Este tipo de brocas permite também refrigeração das superfícies que estão a ser cortadas, devido à ponta que apresenta, diminuindo os danos provocados pelo aumento da temperatura (Cohen, Hargreaves, 2011).

Depois de realizar o acesso ao ápice radicular, avalia-se a extensão de apicectomia e retro-obturação a realizar. A extensão da apicectomia é determinada pela quantidade de tecido afectado que deve ser removido, devendo possibilitar espaço suficiente para o tratamento do ápice radicular, que inclui a preparação de uma cavidade apical e posterior retro-obturação. A apicectomia deve ser realizada perpendicularmente ao longo eixo do dente e deve ser, geralmente, de 3 mm. Desta forma, é possível incluir 98% das ramificações apicais e 93% dos canais acessórios, evitando segundas infeções (Kim *et al.*, 2009)

Este procedimento deve originar uma superfície lisa e plana, sem bordo pontiagudos, para não prejudicar o processo de cicatrização. A apicectomia permite a remoção de um instrumento fracturado que se localize no terço apical e que seja possível a sua tração. No caso de estar situado na zona de curvatura e seja impossível removê-lo, este é mantido no mesmo local, realizando-se a apicectomia e posterior retro-obturação, de

forma a proporcionar um selamento apical adequado, sendo que, deste modo, o instrumento não influenciará o prognóstico do dente (Cohen, Hargreaves, 2011).

É então realizado o preparo da retrocavidade, com o objectivo de criar uma cavidade no ápice previamente seccionado, que possua dimensões adequadas para a retro-obturação. Para isso, utilizam-se brocas ou pontas ultrassónicas, preferencialmente (Cohen, Hargreaves, 2011).

As retrocavidades radiculares eram tradicionalmente preparadas utilizando brocas esféricas pequenas ou de cone invertido, tendo sido posteriormente introduzidos instrumentos e pontas na tentativa de melhorar o tratamento. Surgiram entretanto as pontas ultrassónicas de microcirurgia, tendo sido empregadas pela primeira vez por Bertrand *et al.*. As brocas utilizadas inicialmente para a preparação da cavidade apical apresentavam alguns problemas como uma cavidade não paralela ao canal, difícil acesso à extremidade radicular ou perfuração lingual da raiz. O desenvolvimento de pontas ultrassónicas de retro-preparação, existindo atualmente uma ampla variedade de tamanhos e ângulos, e associando a utilização de microscopia, revolucionou a terapia radicular, melhorando os procedimentos cirúrgicos com melhor acesso à extremidade apical radicular e, conseqüentemente, uma melhor preparação do canal, necessitando apenas de uma osteotomia de dimensões reduzidas (Plotino *et alii.*, 2007)

Após o preparo da retrocavidade é realizada a retro-obturação do canal radicular, sendo o material de eleição o Agregado Trióxido Mineral (MTA), pois este material retro-obturador evita a infiltração e o seu endurecimento não é afectado pela presença de sangue. A manipulação e colocação do MTA são difíceis, havendo, no entanto, diversos instrumentos desenvolvidos especificamente para este fim (Cohen, Hargreaves, 2011).

Após a inspeção clínica e radiográfica, realiza-se a curetagem do local da osteotomia e também irrigação com solução salina estéril ou água destilada. De seguida, o clínico pode optar por fazer uma regeneração tecidual guiada, com recurso a materiais de substituição óssea, com objectivos osteoindutores e osteocondutores (Cohen, Hargreaves, 2011).

É então realizada a sutura do sítio cirúrgico, após a reposição do retalho, com pontos simples ou sutura contínua, com fio de sutura 5-0. Existe atualmente uma grande variedade de materiais de sutura, sendo mais utilizado o fio de seda. A sutura sintética é também muito usada, tendo melhor pós-operatório do que o fio de seda. A sutura reabsorvível não é recomendada nestas situações (Kim *et al.*, 2009)

No fim da sutura, deve ser colocada uma gaze estéril húmida e gelada sobre o retalho. Durante o pós-operatório, o paciente deve manter o sítio cirúrgico muito bem limpo, fazendo bochechos com soluções salinas ou de clorohexidina para prevenir a acumulação de placa bacteriana (Kim *et al.*, 2009).

A cicatrização dos tecidos na cirurgia perirradicular dá-se por segunda intenção, pois envolve gengiva livre e inserida, mucosa alveolar, periósteo, osso, ligamento periodontal e cimento radicular (Cohen, Hargreaves, 2011).

O processo de cicatrização dos tecidos moles passa por três fases, iniciando-se com a fase inflamatória, seguida da fase proliferativa e por fim, a fase de maturação, não apresentando, nenhuma delas, um início e fim evidentes. Na fase inflamatória dá-se a formação do coágulo, com a contração dos vasos sanguíneos e entrada de um exsudado rico em proteínas, formação de um tampão e finalmente o coágulo de fibrina. Após cerca de 6 a 8 horas da estabilização do coágulo, ocorre a inflamação inicial com a organização dos neutrófilos polimorfonucleares no local da ferida, com o objectivo de descontaminar este mesmo local por fagocitose de bactérias. Advém posteriormente a inflamação tardia com a organização dos macrófagos, os quais regulam a cicatrização, têm também a ação de induzir a formação de tecido de granulação que será iniciada na fase seguinte, a proliferativa. Nesta fase, formam-se fibroblastos, células endoteliais e tecido de granulação, sendo este composto por uma matriz extracelular de fibrina, novos capilares, células endoteliais, entre outras. Por fim, na fase de maturação, cerca de 5 a 7 dias após a realização da ferida cirúrgica, ocorre a transformação do tecido de granulação em tecido conjuntivo fibroso e formação de tecido cicatricial (Cohen, Hargreaves, 2011).

Na cicatrização dos tecidos duros, as fases inflamatória e proliferativa são semelhantes às que ocorrem nos tecidos moles. Contudo, na fase de maturação dos tecidos duros dá-se a osteogénese para a formação óssea, por meio de osteoblastos, e a cimentogénese para a deposição de cimento sobre a superfície do ápice radicular, por meio de cimentoblastos. O cimento reveste o ápice radicular após cerca de 28 dias e a reorganização das fibras do ligamento periodontal ocorre oito semanas após a cirurgia (Cohen, Hargreaves, 2011).

Conclusão

As ligas de níquel-titânio e a instrumentação mecanizada vieram revolucionar a Endodontia na medida que tornam o tratamento mais rápido e previsível, obtendo também melhores resultados. No entanto, existem regras que devem ser cumpridas durante os procedimentos de instrumentação, pois, caso contrário poderá ocorrer a fractura. Os instrumentos fracturam por dois motivos: torção e fadiga cíclica, ou seja, uso incorreto e uso excessivo, respectivamente. São muitos os factores descritos na literatura que podem estar influenciados na fractura dos instrumentos Endodônticos, sendo eles, na sua maioria, evitáveis.

No entanto, há factores fora do alcance do clínico, os quais não podem ser alterados, como por exemplo, a anatomia do dente ou os defeitos de fabrico do instrumento.

Se a fractura do instrumento ocorrer, o paciente deve ser informado do incidente e deve ser analisada qual a melhor abordagem clínica para a situação. O tratamento a adoptar pode incluir a remoção do instrumento, a realização do *bypass*, a obturação até ao instrumento, a cirurgia apical, ou até a exodontia do dente, sendo que as prioritárias são o *bypass* e a remoção. Para os procedimentos de remoção de instrumentos fracturados, é necessária a visualização dos fragmentos, tendo o microscópio operatório uma grande influência no sucesso da remoção, diminuindo também os possíveis problemas iatrogénicos.

O sucesso do tratamento depende de conformação e desinfecção adequadas do sistema de canais radiculares, e prevenir a re-infecção com recurso a uma restauração coronária de boa qualidade.

Atualmente são muitas as técnicas e dispositivos existentes para solucionar os casos de fractura de instrumentos no interior dos canais radiculares, melhorando o prognóstico do dente.

Referências Bibliográficas

Alapati, S., *et alii.* (2005) SEM Observations of Nickel-Titanium Rotary Endodontic Instruments that Fractured During Clinical Use. *Journal of Endodontics*, 31, pp. 40-3

Anusavice, K. (2005) *Phillips Materiais dentários*. Rio de Janeiro. Elsevier

Arias, A., Perez-Higueras, J., Macorra, J. (2012) Differences in Cyclic Fatigue Resistance at Apical and Coronal Levels of Reciproc and WaveOne New Files. *Journal of Endodontics*, 38, pp. 1244-8

Bahcall, J., *et al.* (2005) The Causes, Prevention, and Clinical Management of Broken Endodontic Rotary Files. *Dentistry Today*. [Em linha]. Disponível em <<http://www.dentistrytoday.com>>. [Consultado em 15/04/2013].

Casper, R., *et alii.* (2011) Comparison of Autoclaving Effects on Torsional Deformation and Fracture Resistance of Three Innovative Endodontic File Systems. *Journal of Endodontics*, 37, pp. 1572-5

Castelló-Escrivá, R., *et alii.* (2012) In Vitro Comparison of Cyclic Fatigue Resistance of ProTaper, WaveOne, and Twisted Files. *Journal of Endodontics*, 38, pp. 1521- 4

Castellucci, A. (2005) *Endodontics*. Volume 1. Il Tridente

Castilho, W., Silva, E. (2011) Algumas aplicações das ligas com memória de forma. *Sinergia*, 12, pp. 99-108

Cheung, G. (2009) Instrument fracture: mechanisms, removal of fragments, and clinical outcomes. *Endodontic Topics*, 16, pp. 1-26.

Cohen, S., Hargreaves, K. (2011) *Cohen Caminhos da Polpa*. Rio de Janeiro. Elsevier

Cujé, J. Bargholz, C., Hülsmann, M. (2010) The outcome of retained instrument removal in a specialist practice. *International Endodontic Journal*, 43, pp. 545-54

Gambarini, G., *et alii.* (2012) Influence of Different Angles of Reciprocation on the Cyclic Fatigue of Nickel-Titanium Endodontic Instruments. *Journal of Endodontics*, 38, pp. 1408-11

Gutmann, J., Gao, Y. (2012) Alteration in the inherent metallic and surface properties of nickel–titanium root canal instruments to enhance performance, durability and safety: a focused review. *International Endodontic Journal*, 45, pp. 113-28

Hashem, A. (2007) Ultrasonic Vibration: Temperature Rise on External Root Surface during Broken Instrument Removal. *Journal of Endodontics*, 33, pp. 1070-3

Iqbal, M., *et alii.* (2006) A Comparison of Three Methods for Preparing Centered Platforms Around Separated Instruments in Curved Canals. *Journal of Endodontics*, 32, pp. 48-1

Iqbal, M., Kohli, M., Kim, J. (2006) A Restrospective Clinical Study of Incidence of Root Canal Instrument Separation in an Endodontics Graduate Program: A PennEndo Database Study. *Journal of Endodontics*, 32, pp. 1048-52

Kim, S., Pecora, G., Rubinstein, R. (2009) *Atlas de microcirugía en endodoncia*. Madrid. Ripano

Leonardo, M., Leonardo, R. (2002) *Sistemas Rotatorios en Endodoncia, instrumentos de níquel-titanio*. São Paulo. Artes Médicas

Madarati, A., Qualtrough, A., Watts, D. (2009) A Microcomputed Tomography Scanning Study of Root Canal Space: Changes after the Ultrasonic Removal of Fractured Files. *Journal of Endodontics*, 35, pp. 125-8

Madarati, A., Qualtrough, A., Watts, D. (2009) Efficiency of a Newly Designed Ultrasonic Unit and Tips in Reducing Temperature Rise on Root Surface During the Removal of Fractured Files. *Journal of Endodontics*, 35, pp. 896-9

Madarati, A., Qualtrough, A., Watts, D. (2010) Effect of retained fractured instruments on tooth resistance to vertical fracture with or without attempt at removal. *International Endodontic Journal*, 43, pp. 1047-53

Madarati, A., Qualtrough, A., Watts, D. (2010) Vertical fracture resistance of roots after ultrasonic removal of fractured instruments. *International Endodontic Journal*, 43, pp. 424-9

Madarati, A., Watts, D., Qualtrough, A. (2008) Factors contributing to the separation of endodontic files. *British Dental Journal*, 204, pp. 241-5

Madarati, A., Watts, D., Qualtrough, A. (2008) Opinions and attitudes of endodontists and general dental practitioners in the UK towards the intracanal fracture of endodontic instruments: part 1. *International Endodontic Journal*, 41, pp. 693-701

Madarati, A., Watts, D., Qualtrough, A. (2008) Opinions and attitudes of endodontists and general dental practitioners in the UK towards the intracanal fracture of endodontic instruments. Part 2. *International Endodontic Journal*, 41, pp. 1079-87

Martín, B., *et alii*. (2003) Factors influencing the fracture of nickel-titanium rotary instruments. *International Endodontic Journal*, 36, pp. 262-6

McSpadden, J. (2007) *Mastering Endodontic Instrumentation*. Canadá. Cloudland Institute

Nevarés, G., *et alii*. (2012) Success Rates for Removing or Bypassing Fractured Instruments: A Prospective Clinical Study. *Journal of Endodontics*, 38, pp. 442-4

Okiji, T. (2003) Modified Usage of the Masserann Kit for Removing Intracanal Broken Instruments. *Journal of Endodontics*, 29, pp. 466-7

Ormiga, F., Gomes, J., Araújo, M. (2010) Dissolution of Nickel-Titanium Endodontic Files via an Electrochemical Process: A New Concept for Future Retrieval of Fractured Files in Root Canals. *Journal of Endodontics*, 36, pp. 717-20

Panitvisai, P., *et alii.* (2010) Impact of a Retained Instrument on Treatment Outcome: A Systematic Review and Meta-analysis. *Journal of Endodontics*, 36, pp. 775-80

Parashos, P., Messer, H. (2006) Rotary NiTi Instrument Fracture and its Consequences. *Journal of Endodontics*, 32, pp. 1031-43

Patiño, P., *et alii.* (2005) The Influence of a Manual Glide Path on the Separation Rate of NiTi Rotary Instruments. *Journal of Endodontics*, 31, pp. 114-6

Pereira, E., *et alii.* (2012) Physical and mechanical properties of a thermomechanically treated NiTi wire used in the manufacture of rotary endodontic instruments. *International Endodontic Journal*, 45, pp. 469-74

Pereira Lopes, H., *et alii.* (2011) Fractura dos instrumentos endodônticos. Recomendações clínicas. *Revista Brasileira de Odontologia*, 68, pp. 152-6

Peters, O. (2008) Rotary Instrumentation: An Endodontic Perspective. *Endodontics: Colleagues for Excellence*. [Em linha]. Disponível em <<http://www.aae.org/colleagues/>>. [Consultado em 15/04/2013]

Plotino, G., *et alii.* (2007) Ultrasonics in Endodontics: A Review of the Literature. *Journal of Endodontics*, 33, pp. 81-95

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, pp. 222-5

Pruett, J., Clement, D., Carnes, D. (1997) Cyclic Fatigue Testing of a Nickel-Titanium Endodontic Instruments. *Journal of Endodontics*, 23, pp. 77-85

Rahimi, M., Parashos, P. (2009) A novel technique for the removal of fractured instruments in the apical third of curved root canals. *International Endodontic Journal*, 42, pp. 264-70

Roland, D., *et alii.* (2002) The Effect of Preflaring on the Rates of Separation for 0.04 taper Nickel Titanium Rotary Instruments. *Journal of Endodontics*, 28, pp. 543-5

Ruddle, C. (2002) Broken Instrument Removal : The Endodontic Challenge. *Dentistry Today*. [Em linha]. Disponível em < <http://www.dentistrytoday.com/endodontics/997> [Consultado em 15/04/2013]

Ruddle, C. (2004) Nonsurgical retreatment: post & broken instrument removal. *Journal of Endodontics*, [Em linha]. Disponível em <http://www.endoforum.ru/doc/PostsBrknInstrmts_Dec2004.pdf >. [Consultado em 15/04/2013].

Schäfer, E., Schulz-Bongert, U., Tulus, G. (2004) Comparison of hand stainless steel and nickel titanium rotary instrumentation: a clinical study. *Journal of Endodontics*, 30, pp. 432-5.

Shen, Y., Coil, J., Haapasalo, M. (2009) Defects in Nickel-Titanium Instruments after Clinical Use. Part 3: A 4-Year Retrospective Study from an Undergraduate Clinic. *Journal of Endodontics*, 35, pp. 193-6

Souter, N., Messer, H. (2005) Complications Associated with Fractured File Removal Using an Ultrasonic Technique. *Journal of Endodontics*, 31, pp. 450-2

Spili, P., Parashos, P., Messer, H. (2005) The Impact of Instrument Fracture on Outcome of Endodontic Treatment. *Journal of Endodontics*, 31, pp. 845-50

Suter, B. (1998) A New Method for Retrieving Silver Points and Separated Instruments from Root Canals. *Journal of Endodontics*, 24, pp. 446-8

Suter, B., Lussi, A., Sequeira, P. (2005) Probability of removing fractured instruments from root canals. *International Endodontic Journal*, 38, pp. 112-23

Terauchi, Y., *et alii.* (2007) Evaluation of the Efficiency of a New File Removal System in Comparison With Two Conventional Systems. *Journal of Endodontics*, 33, pp. 585-8

Terauchi, Y., O'Leary, L., Suda, H. (2006) Removal of Separated Files from Root Canals With a New File-removal System: Case Reports. *Journal of Endodontics*, 32, pp. 789-97

Ullman, C., Peters, O. (2005) Effect of Cyclic Fatigue on Static Fracture Loads in ProTaper Nickel-Titanium Rotary Instruments. *Journal of Endodontics*, 31, pp.183-6

Versluis, A., *et alii.* (2012) Flexural Stiffness and Stresses in Nickel-Titanium Rotary Files for Various Pitch and Cross-sectional Geometries. *Journal of Endodontics*, 38, pp. 1399-03

Ward, J. (2003) The Use Of An Ultrasonic Technique To Remove A Fractured Rotary Nickel-Titanium Instrument From The Apical Third Of A Curved Root Canal. *Australian Endodontic Journal*, 29, pp. 25-30

Ward, J., Parashos, P., Messer, H. (2003) Evaluation of an Ultrasonic Technique to Remove Fractured Rotary Nickel-Titanium Endodontic Instruments from Root Canals: An Experimental Study. *Journal of Endodontics*, 29, pp. 756-63

Yang, G., *et alii.* (2007) Shaping Ability of Progressive versus Constant Taper Instruments in Curved Root Canals of Extracted Teeth. *International Endodontic Journal*, 40, pp. 707-14.

Yoldas, O., *et alii.* (2004) Perforation risks associated with the use of Masserann endodontic kit drills in mandibular molars. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*, 97, pp. 513-7

Zhou, H., *et alii.* (2012) Mechanical Properties of Controlled Memory and Superelastic Nickel-Titanium Wires Used in the Manufacture of Rotary Endodontic Instruments. *Journal of Endodontics*, 38, pp. 1535-40