

Rodrigo Machado Polónia Azevedo

**Remoção de instrumentos fraturados em Endodontia**

Universidade Fernando Pessoa  
Faculdade de Ciências da Saúde

Porto, 2016



Rodrigo Machado Polónia Azevedo

**Remoção de instrumentos fraturados em Endodontia**

Universidade Fernando Pessoa  
Faculdade de Ciências da Saúde

Porto, 2016

Rodrigo Machado Polónia Azevedo

## **Remoção de instrumentos fraturados em Endodontia**

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

---

(Rodrigo Azevedo)

## Resumo

A área da Endodontia está em constante progresso. Os materiais utilizados nos instrumentos Endodônticos, primordialmente, eram construídos com base em cordas de piano. Seguiu-se uma fase em que estes eram de aço de carbono, mas sofriam corrosão significativa devido ao cloro presente no hipoclorito de sódio, bem como aos processos de esterilização a vapor.

Foi necessário evoluir novamente e foram introduzidos os instrumentos de aço inoxidável. Estes apresentavam alta resistência e dureza, mas algumas desvantagens devido à falta de flexibilidade. Atualmente, os instrumentos de NiTi proporcionam uma melhor flexibilidade e efeito de memória de forma.

A fratura de instrumentos em Endodontia pode ocorrer por dois grandes fatores: a torção e a flexão por fadiga cíclica, podendo também ser a conjugação de ambos. Fatores anatômicos, como a curvatura e a largura do canal ou outros fatores como ciclos de esterilização, número de usos, etc., podem influenciar uma fratura mais precoce dos instrumentos.

A incidência da fratura de instrumentos, embora seja pouco frequente, pode ser reduzida a um mínimo absoluto se os clínicos usarem as características de torque e de stress adequadas. Um bom conhecimento dos procedimentos clínicos, da anatomia, dos materiais e a utilização de instrumentos como o microscópio podem ajudar a prevenir ou a resolver a fratura dos instrumentos. No entanto, a melhor forma de prevenir a fratura é a sua prevenção.

A desinfecção é o procedimento mais importante para o sucesso de um tratamento Endodôntico, portanto para que isto seja possível, é necessária uma boa conformação canal. A presença de um instrumento no interior do canal pode comprometer a desinfecção, especialmente caso tenha ocorrido numa fase precoce da preparação canal.

Aquando da fratura de um instrumento, deve-se refletir sobre os procedimentos a seguir, podendo-se optar por várias abordagens, nomeadamente pela manutenção do instrumento no canal e obturação incorporando o fragmento, pela remoção do segmento através de diversas técnicas (ultrassons ou técnicas de microtubos, etc.), e ainda pela realização do bypass ou pela cirurgia Endodôntica. Em última instância pode ser realizada a extração do elemento dentário.

## **Abstract**

Considerable research has been undertaken to improve Endodontics. Endodontics instruments, initially, were made of piano strings. Then came a time when they consisted of carbon steel, but these were not strong enough and corrosion occurred due to chloride in sodium hypochlorite, as well as sterilization steam. There was an evolution and new instruments made of stainless steel appeared. These were resistant and strong but less flexible. Nowadays, NiTi instruments offer better flexibility and memory effects.

Endodontic instrument fracture occurs in two different ways: fracture caused by torsion and fracture caused by flexural fatigue, or the combination of both. Canal configuration or other factors such as cleaning and sterilization procedures, number of uses can lead to instrument fracture at an early stage.

Instrument fracture, however few, can be minimized. Torque and stress correct use can help. Clinical procedures, dental anatomy, materials and the correct use of instruments, like the microscope, can help clinicians to prevent or resolve the instrument fracture. Prevention is the best solution.

Disinfection procedures are quite important steps leading to Endodontic success. A good canal configuration is necessary to make it possible.

The presence of an instrument in the root canal can compromise disinfection, especially if it occurs in an early stage of canal configuration.

When the fracture of Endodontic instruments occurs, clinician may encounter a variety of procedures, such as: the root canal filling until the instrument, fragment removal, the bypass execution or Endodontic surgery. Tooth extraction is the last option.

## **Agradecimentos**

Após 5 anos de esforço e dedicação, é tempo de agradecer a um conjunto de pessoas que contribuíram, de diversas formas, para a concretização, com sucesso, do meu percurso acadêmico.

Deixo o agradecimento público aos meus pais, ao meu tio e à minha avó, por me darem os pilares essenciais para a minha formação. Obrigado por todo o apoio e carinho.

Agradeço ao meu orientador, Dr. Miguel Albuquerque Matos, por me ter orientado neste trabalho e por despertar o meu interesse pela Endodontia.

Aos meus amigos e à Juliana por todas as horas de estudo e por todo o apoio que me deram ao longo deste curso.

Agradeço, ainda, a todos os professores que me transmitiram os seus conhecimentos nas mais diversas áreas.

# Índice Geral

<b>I. Introdução</b> .....	1
<b>II. Desenvolvimento</b> .....	5
1. Materiais e métodos.....	5
2. Características dos materiais .....	5
3. Causa da fratura dos instrumentos.....	11
4. Prevalência da fratura de instrumentos.....	16
5. Prevenção da fratura de instrumentos .....	18
6. Consequências da manutenção dos instrumentos fraturados no canal e da sua remoção .....	22
7. Remoção dos instrumentos fraturados .....	24
i. Bypass.....	26
ii. Ultrassons.....	27
iii. Sistema Microtubos .....	30
iv. Utilização de limas H .....	37
v. Remoção Química .....	38
vi. Método Electroquímico .....	38
vii. Remoção com Gutta-Percha .....	38
viii. Tratamento Endodôntico Cirúrgico .....	39
8. Outras soluções .....	43
i. Obturação até ao instrumento .....	43
ii. Remoção com utilização do Laser.....	44
9. Questões Médico-Legais .....	45
<b>III. Conclusão</b> .....	46
<b>Referências Bibliográficas</b> .....	48

## **Siglas e Abreviaturas**

AINES- Anti-inflamatórios não esteroides

CCC- Ligação de átomos de carbono

iRS- Instrument Removal System

mm- Milímetros

MTA- *Mineral Trioxide Agregate*

NiTi- Liga de Niquel-Titâni

Nm- Nanómetros

rpm- Rotações por minuto

W- Volts

°- Grau

%- Percentagem

## **I. Introdução**

Cada vez mais a Medicina Dentária tem evoluído na forma de abordar as mais diferentes situações clínicas. Atualmente preconiza-se uma abordagem conservadora, dentro de certos e determinados limites, mas a peça dentária só em último recurso deverá ser extraída.

Com o desenvolvimento da Endodontia, dos últimos anos, foram criados novos instrumentos Endodônticos que tentam colmatar uma das principais problemáticas desta vertente dentária: a fratura de instrumentos em Endodontia.

Na área da Endodontia, a par de muitas outras vertentes da Medicina Dentária, ocorreu um grande desenvolvimento. As limas que antigamente eram formadas por cordas de piano, passaram a ser de aço de carbono. No entanto, sofriam corrosão significativa devido ao iodo e ao cloro, bem como à esterilização a vapor. Evoluiu-se significativamente, e foram criadas as limas de aço inoxidável para tentar superar as falhas presentes nas anteriores. Hoje, lidamos com as ligas de NiTi que apresentam uma melhor flexibilidade e efeito de memória. (Cohen, Hargreaves, 2007)

Para a obtenção do sucesso em Endodontia é absolutamente necessário a realização de uma boa preparação química e mecânica. (Soares et al., 2001)

Na preparação mecânica, sabemos que os instrumentos Endodônticos têm diversas funções tais como: remoção da polpa e conformação canal. No caso da preparação química referimo-nos à desinfecção do canal. Estes procedimentos clínicos são indispensáveis para uma boa obturação, sendo considerada a preparação canal (instrumentação e desinfecção) a etapa mais importante para o sucesso do tratamento Endodôntico. (Soares et al., 2001)

Em Endodontia existem diversas fases no tratamento, mas talvez o mais importante seja conseguir remover a totalidade do tecido pulpar e preparar o sistema de canais radiculares

(havendo ou não a presença de lesões perirradiculares de origem pulpar), de modo que os pacientes possam manter a estética e a função dos seus dentes. (Cohen, Hargreaves, 2007).

A preparação químico-mecânica dos canais radiculares curvos e/ou finos representa um desafio, mesmo para um profissional experiente. A anatomia complexa dos canais radiculares, aliada ao uso repetido e/ou inadequado dos instrumentos, pode implicar um risco acrescido de fratura. (Correia de Sousa et al., 2013)

Diversos fatores pré e pós-operatórios têm sido identificados como responsáveis pela obtenção de resultados favoráveis na terapia Endodôntica. Devemos, então, destacar a idade, a posição do dente na arcada, a extensão do material obturador e o uso de medicação intracanal como o hidróxido de cálcio. (Cohen, Hargreaves, 2007)

Relativamente aos variados tipos de instrumentos, sabemos que apresentam diferentes capacidades de corte, resistência e também flexibilidade. O Médico Dentista deve optar pelo sistema de instrumentos pelo qual tem maior conhecimento e afinidade. (Soares et al., 2001)

No tratamento Endodôntico, podem ocorrer acidentes como a fratura de instrumentos, dificultando a conclusão do tratamento, podendo alterar o prognóstico. (Oliveira Santos et al., 2014)

Durante a preparação de um canal radicular, o potencial de fratura de um instrumento está sempre presente. A fratura de um instrumento provoca imediatamente frustração e um aumento dos níveis de ansiedade. (Ruddle et al., 2004)

Os instrumentos que fraturam são usualmente limas ou alargadores, porém podem ser brocas de Gates-Glidden ou Peeso, espirais de lântulos, compactadores termomecânicos de guta-percha, ou pontas de instrumentos manuais, tais como sondas exploradoras ou condensadores de guta-percha. (Cohen, Hargreaves, 2007)

A resistência à fratura é uma das principais propriedades mecânicas dos instrumentos Endodônticos, e esta informação deveria ser fornecida ao Endodontista de modo a orientar durante a sua prática clínica. Durante o preparo químico- mecânico de um canal radicular, os instrumentos Endodônticos sofrem tensões extremamente adversas que variam com a anatomia do canal, com as dimensões do instrumento e com a habilidade do profissional. (Pereira Lopes et al., 2011)

Um instrumento irá fraturar se a sua resistência máxima for excedida, ou se uma fenda se estender de tal forma que a secção transversal intacta remanescente do material seja incapaz de suportar a carga de trabalho habitual. Um segmento retido num canal radicular é uma preocupação para o paciente e para o Médico Dentista, sendo que maior parte dos pacientes não quer manter um fragmento num dente. O paciente pode processar o Médico Dentista no caso de falha do tratamento realizado. (Cheung, 2009)

Os instrumentos rotatórios fraturados de NiTi são o resultado da fadiga cíclica de flexão, da torção ou da combinação destas. (Parashos et al. 2006)

Outros fatores podem ser identificados como predisponentes para a fratura de instrumentos Endodônticos como: o desenho do instrumento, o calibre das limas, o processo de fabrico, dinâmica de utilização do instrumento, a conformação canal, a instrumentação, o número de utilizações, a limpeza e a esterilização e ainda os canais secos. (Parashos et al.2006)

Não existe um procedimento standard que permita remover com segurança e sucesso os instrumentos fraturados. (Correia de Sousa et al., 2013)

A experiência do operador, a localização do fragmento, a anatomia e diâmetro do canal radicular são fatores a ter em conta. (Correia de Sousa et al., 2013)

Podemos optar pelas mais diversas soluções, desde manter o fragmento do instrumento no interior do canal, após levantados os prós e contras, realizando-se um bypass ao

instrumento, obturando até ao fragmento, ou optar-se pela remoção deste segmento (técnica do tubo modificado, através de ultrassons, limas H, remoção química, remoção com guta-percha, etc.)

Quando a sua remoção não é possível, ou muito arriscada, a obtenção de uma passagem lateral que permita a ultrapassagem do fragmento pode ser, não só uma alternativa viável, como muitas vezes, a melhor opção. Contudo, o melhor tratamento para a fratura de instrumentos é a sua prevenção. (Oliveira Santos et al., 2014)

## II. Desenvolvimento

### 1. Materiais e Métodos

A revisão bibliográfica em questão foi realizada com base na pesquisa de informação nos seguintes motores de busca: PubMed, b-On, e Scielo, compreendidas entre o ano de 1998 e 2016. Foram encontrados 109 artigos, sendo 61 deles utilizados para a elaboração desta monografia. No entanto, apenas, 22 estão diretamente relacionados com o tema em questão.

Foi ainda realizada uma pesquisa nos seguintes livros: “Caminhos da Polpa”, “Materiais Dentários”, “Endodontia-Técnica e Fundamentos”, “Colour Atlas of Microsurgery in Endodontics”, “Textbook of Endodontics”.

Palavras-chave: “file removal”, “fractured instruments”, “instrumentos fraturados”, “m-wire”, “Root Canal Instrument Separation”, “Endodontics”, “endodontic files”, “fractured instruments removal”, “torsional failure in NiTi files”, “ultrassounds”, “NiTi files”.

### 2. Características dos materiais

As limas Endodônticas são constituídas por 4 partes estruturais: o cabo, o intermediário, a parte ativa e ainda a guia de penetração. São fabricadas através de hastes metálicas que podem ser triangulares, quadrangulares e ainda circulares. (Soares et al., 2001)

Quanto ao cabo sabemos que é normalmente constituído por plástico, apresentando estrias e forma cilíndrica com extremos arredondados para facilitar o manuseamento por parte do clínico. A cor do cabo varia de lima para lima, tornando possível a identificação do calibre do instrumento. O intermediário representa o segmento da haste entre o cabo e a parte ativa. A parte ativa tem a capacidade de realizar a preparação mecânica do canal dentário. Por último, surge o guia de penetração que corresponde à extremidade da parte ativa que tem uma forma característica para cada tipo de instrumento. (Soares et al., 2001)

Podemos dividir em três grupos os instrumentos utilizados para a instrumentação do canal: O grupo I contém os instrumentos manuais, como por exemplo os extripa-nervos, limas K e limas Hedstrom (H). No grupo II incluem-se os instrumentos de baixa rotação, de destacar as Brocas de Gates e as brocas de Peeso. Por fim, no grupo III destacam-se os instrumentos, que apesar de similares aos manuais, são acionados por motor. Neste grupo encontram-se os vulgares instrumentos mecanizados de níquel- titânio. (Cohen, Hargreaves, 2007)

Relativamente aos instrumentos, devem ser destacadas oito forças que devem ser tidas em conta no âmbito do tratamento Endodôntico:

- 1) **Stress**- Força de deformação medida de acordo com a área;
- 2) **Tensão**- Deformação à qual a lima é sujeita no trabalho Endodôntico;
- 3) **Limite Elástico**- Representa, um valor máximo de tensão, no qual o instrumento consegue voltar à sua forma inicial;
- 4) **Deformação Elástica**- Deformação reversível. Não ultrapassa o limite elástico;
- 5) **Memória de forma**- Limite elástico elevado, o que permite que o instrumento volte à sua forma normal após aplicada uma força de deformação;
- 6) **Deformação plástica**- Deformação definitiva, não voltando o instrumento à sua dimensão normal após remoção da tensão aplicada, sendo que o limite elástico foi excedido;
- 7) **Limite plástico**- Consiste num ponto, através do qual o instrumento fratura após uma deformação;
- 8) **Ponto de Concentração do stress**- Mudança repentina no formato geométrico, o que leva a um maior stress num ponto, do que na superfície da lima, onde a forma é mais contínua. (Cohen, Hargreaves, 2007)

Nos primórdios da Endodontia as limas manuais eram formadas por cordas de piano que esticadas e torcidas proporcionaram à Endodontia atual a forma das limas. Eram estruturas com base triangulares ou quadrangulares, torcidas o que aumentava o poder de corte das bordas laterais do fio. O número de faces laterais e espiras determina a facilidade de instrumentar ou alargar. (Cohen, Hargreaves, 2007)

Os instrumentos em  **aço de carbono**  são constituídos à base de ferro, contendo cerca de 1,2% de carbono. Estes aços são classificados de acordo com a sua quantidade de ferro. Podem ser então classificados como: Ferríticos, Austeníticos, Martensíticos.

No **Ferrítico**, o ferro à temperatura ambiente possui uma estrutura cúbica de corpo centrado. É uma fase estável a temperaturas altas até 912°C.

Na fase **Austenítica** é aplicada a temperaturas entre os 912° e os 1.394°C, permitindo a forma estável do ferro de face centrada.

A formação do **Martensítico** é um método relevante para reforço do aço-carbono. A borda de corte envolvida é, maioritariamente, martensítica, dado que a sua elevada dureza permite o desgaste de um bordo/aresta agudo (a) que esteja em uso. (Anunsavice,1998)

Estes instrumentos eram produzidos em aço de carbono, no entanto as soluções químicas como o iodo e o cloro, bem como a esterilização a vapor, levavam a corrosões significativas. Posteriormente usou-se o aço inoxidável que colmatou muito as características negativas do aço de carbono. (Cohen, Hargreaves, 2007)

Quando se adiciona cerca de 12% a 30% de cromo ao aço, a liga chama-se **aço inoxidável**. Nesta composição podem ainda estar presentes outros elementos derivados de uma grande variação na composição e propriedades dos aços inoxidáveis. (Anusavice,1998)

O efeito passivador do cromo (camada fina, transparente, tenaz e impenetrável de óxido de Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, formada quando este material entra em contato com o ar), torna-os resistentes à descoloração e corrosão. Se esta camada de óxido for quebrada por meios mecânicos ou químicos, ocorre uma perda temporária da proteção da corrosão. Esta camada renova-se em contato com um ambiente oxidante. (Anusavice,1998)

Podemos dividir em três grupos os aços inoxidáveis: Ferríticos, Martensíticos, Austeníticos.

Os Martensíticos, devido à sua alta resistência e dureza, são usados em instrumentos cirúrgicos e cortantes. No âmbito da Endodontia são usados os aços inoxidáveis austeníticos pois são os mais resistentes à corrosão, além de possuírem ductilidade,

capacidade de deformação em frio sem conseqüente fratura e ainda um endurecimento substancial durante a deformação a frio. (Anusavice,1998)

Devido à sua limitação de flexibilidade, mesmo podendo ser pré-curvadas, a conformação de canais curvos representa uma dificuldade para as limas manuais. Os desenhos convencionais das limas mecanizadas desta liga, representam um aumento da probabilidade da fratura ou transporte do canal. (McSpadden, 2007)

Uma importante inovação no âmbito da Medicina Dentária foi a introdução dos instrumentos de níquel-titânio. (Assayag Hanan et al.,2015)

O NiTi é muito utilizado no âmbito da Medicina Dentária devido à sua biocompatibilidade e resistência contra a corrosão. (Parashos et al., 2006)

Os instrumentos de NiTi são duas a três vezes mais flexíveis do que os instrumentos de aço inoxidável, sendo consideravelmente superiores ao aço inoxidável em termos de deflexão angular e torque máximo até à fratura. (Berutti et al., 2003)

O torque pode ser definido como o efeito rotatório criado por uma força distante do eixo de rotação de um objeto. Este, pode ser calculado pela seguinte equação: Torque= Força x Rotação. (Pereira Lopes et al., 2011)

A deflexão pode ser definida como um desvio em relação a uma linha, de uma direção ou de uma posição. (Berutti et al., 2003)

O níquel titânio é considerado um metal exótico, não seguindo as regras normais da metalurgia. (Cohen, Hargreaves, 2007)

As limas de níquel- titânio também chamadas de Nitinol são constituídas por 56% de níquel e 44% de titânio. São relativamente resistentes à fadiga, aumentando o número de

utilização destes instrumentos para aproximadamente 10 vezes. (Soares et al., 2001)

Estas limas possuem uma grande elasticidade, não podendo ser pré-curvadas como as limas de aço inoxidável. (Soares et al., 2001)

O composto intermetálico de NiTi pode existir em várias estruturas cristalinas. A fase **Austenítica** do NiTi tem uma estrutura CCC; a fase **Martensítica** tem uma estrutura distorcida monoclinica, triclínica ou hexagonal. (Anusavice,1998)

O processo de memória de forma, é estabelecido através de uma estabilização do cristal Austenítico a uma temperatura elevada, podendo ser plasticamente deformado até à forma desejada sem sofrer alteração da estrutura cristalina. Quando a temperatura diminui, até à temperatura ambiente, passa à fase Martensítica geminada sem ocorrer uma mudança de forma. No caso de ocorrer uma deformação plástica, provocada por tensão, na fase Martensítica geminada, a estrutura modifica-se, assumindo uma nova configuração- Martensítica deformada . A configuração geral do objeto mudou mas não mudou a posição relativa dos átomos. Com novo aquecimento, a Martensítica deformada passará à fase Austenítica e recupera a sua forma original. (Anusavice,1998)

O stress externo leva a alterações na forma austenítica cristalina, o que leva a que possam suportar maior stress sem aumento da deformação. (Anusavice,1998)

Devido à estrutura cristalina única, o níquel-titânio possui memória de forma, voltando ao estado normal após ter sido deformado. (Cohen, Hargreaves, 2007)

Apresenta uma boa resistência à fratura. (Soares et al., 2001)

Quando o stress é aplicado ao níquel-titânio ocorre uma distorção proporcional, isto é, a força aplicada está diretamente relacionada com a deformação provocada no material. A distorção permanece praticamente a mesma com carga adicional de stress até ser atingido o

seu limite- é chamado de patamar de carregamento. A aplicação de maior stress vai levar a uma maior distorção e, conseqüentemente, à fratura do instrumento, resultando da transformação da fase molecular cristalina. (Cohen, Hargreaves, 2007)

Os instrumentos mecanizados de níquel-titânio proporcionam uma maior conformação da preparação, levando a uma diminuição do tempo de preparação, tornando-se rapidamente como os instrumentos comumente adotados em Endodontia. (McSpadden, 2007)

Este tipo de limas tem vindo a ser alterado de modo a melhorar as suas características superficiais pelo tratamento das superfícies do instrumento: elétropolimento, coberturas superficiais e implantação superficial. (Cohen, Hargreaves, 2007)

Diferentes estratégias de fabrico estão a ser adoptadas para melhorar as características dos instrumentos de níquel-titânio, como a flexibilidade, resistência à fadiga, fratura e risco de fratura. Estas incluem diferentes tratamentos térmicos, alterações químicas e do fabrico da forma de secção de corte transversal. Deste modo, os instrumentos de ligas de M- Wire devem ter uma maior flexibilidade e resistência à fadiga quando comparados aos instrumentos de níquel- titânio. (Assayag Hanan et al.,2015)

O **M-wire** foi desenvolvido através de um procedimento de processamento termodinâmico o que revelou uma melhoria significativa da resistência à fadiga cíclica dos instrumentos Endodônticos rotatórios quando comparados às ligas tradicionais de instrumentos de níquel-titânio. (Jia Ye, Yong Gao, 2012)

O processamento termomecânico é composto por ciclos térmicos a baixas temperaturas sob uma tensão específica (Pereira, 2012)

Estudos laboratoriais demonstraram que o M-wire, tem uma maior proporção de força de tensão para sobrepor o patamar de stress elástico. O M-wire contém 3 fases cristalinas: Martensítica, R-fase, Austínica. (Alapati et al., 2009)

Dois picos endo-térmicos ocorrem durante o ciclo de aquecimento, correspondendo a passagem da fase Martensítica em R-fase e, posteriormente, na passagem de R-fase à fase Austenítica. O único pico de arrefecimento corresponde à passagem da fase Austenítica à fase Martensítica. (Alapati et al., 2009)

Acredita-se que a microestrutura nano- cristalina martensítica (100 nm) contribuiu para um melhoramento das propriedades mecânicas, especialmente na resistência à fadiga e maior capacidade de corte. (Jia Ye, Yong Gao, 2012)

A fase Martensítica induzida, também denominada de R-fase melhora as propriedades quer físicas, quer mecânicas (melhorando a elasticidade e flexibilidade) provenientes da formação de precipitados da fase Austenítica, posterior a um tratamento térmico. (Pereira et al., 2012)

### 3. Causa da fratura de instrumentos

Durante o preparo químico-mecânico de um canal radicular, os instrumentos Endodônticos sofrem tensões extremamente adversas que variam com a anatomia do canal, com as dimensões dos instrumentos e com a habilidade do profissional. (Lopes Pereira et al., 2011)

A fratura dos instrumentos Endodônticos resulta de dois processos: **fadiga cíclica de flexão** ou **torsão**, podendo também ser a combinação destas. (Plotino et al., 2009)

Inúmeros fatores têm sido associados à fratura de instrumentos de NiTi tais como: destreza e experiência do operador, técnica de preparação, velocidade de rotação, torque, desenho do instrumento, número de utilizações e ciclos de esterilização. (Correia de Sousa, 2013)

Muitas das fraturas de instrumentos ocorrem, inesperadamente, sem sinais de deformação permanente (deformação que ocorre após ultrapassar o limite elástico do material, não sendo reversível). (Kawakami et al., 2015)

A fratura por **fadiga cíclica** ocorre quando um instrumento Endodôntico, de NiTi ou de aço

inoxidável, gira no interior de um canal curvo, estando dentro do limite elástico do material. Na região de flexão do instrumento, durante a sua rotação, são induzidas tensões de tração e compressão alternadas. A repetição dessas tensões promove mudanças microestruturais cumulativas que induzem a nucleação, crescimento e coalescimento de trincas, que se propagam até a fratura por fadiga do instrumento. (Lopes Pereira, 2011)

A fadiga não depende do torque aplicado, mas sim do número de ciclos e da intensidade das tensões trativas e compressivas aplicadas na área flexionada do instrumento Endodôntico. O número de ciclos até a fratura por fadiga cíclica está, também, relacionado à velocidade de rotação e ao acabamento superficial do instrumento Endodôntico. (Lopes Pereira, 2011)

As limas de NiTi devido à sua pequena dimensão são mais susceptíveis à fratura devido ao trabalho desgastante sob uma combinação de torção e curvatura. (Cheung et al., 2011)

A frequência de uso de limas de NiTi e as definições de torque do motor, são os parâmetros que mais afetam a resistência à fadiga cíclica destes instrumentos. (Kawakami et al., 2015)

A falha por fadiga cíclica ocorre, na maioria das vezes, devido à formação de micro-fendas na superfície da lima. Durante cada ciclo, as micro-fendas expandem-se profundamente no interior do material, devido às irregularidades da superfície, até ocorrer a fratura da lima. (Gambarini et al., 2012)

Em 1986, Dederich e Zakariasen destacaram o problema de fadiga metálica e posterior fratura, utilizando limas mecanizadas que produzam 360° de rotação. O ângulo e a raio da circunferência foram estabelecidas por Pruett et al., de acordo com os parâmetros que são aceites para definir as características da curvatura. Para determinar estes parâmetros é necessário desenhar uma reta ao longo do longo eixo do dente a partir da porção coronal do canal. Uma segunda reta é traçada com base no longo eixo que passa na porção apical do canal. A intercepção das duas retas forma o ângulo de curvatura do canal. (Plottino et al., 2009)

A fratura por fadiga cíclica ocorre geralmente no ponto médio da curvatura maior do canal. (Correia de Sousa et al., 2013)

Foi comparada a durabilidade de instrumentos utilizados em movimentos rotatórios e recíprocos, tendo-se concluído que os instrumentos recíprocos podem ser mais vezes utilizados quando comparados a movimentos rotatórios. (Varela- Patiño et al., 2010)

Resumindo, as fraturas por fadiga cíclica estão associadas a um uso excessivo dos instrumentos.

As fendas de fadiga ocorrem geralmente na superfície do lado de trabalho. Torna-se vulnerável se a área de maior stress coincidir com as marcas de fabrico ou nas pequenas fendas produzidas durante o processo de fabrico. O processo de moagem do metal de NiTi limita a resistência do instrumento devido à acumulação de stress residual no interior da estrutura. (Castelló-Escrivá et al., 2012)

A **torção** ocorre quando a ponta do instrumento fica bloqueada no canal radicular, enquanto o remanescente continua a rodar, verificando-se o desenrolar das espiras até à ruptura. (Correia de Sousa et al., 2013)

Quando o limite elástico do metal é excedido pelo torque exercido pela peça de mão, a fratura torna-se inevitável. (Plotino et al., 2009)

Ocorrendo a imobilização da ponta de um instrumento Endodôntico no interior do canal radicular e sendo a rotação à direita, haverá inicialmente uma deformação plástica (distorção) das suas hélices. Quando o torque aplicado no cabo é superior ao limite de resistência à fratura do instrumento, dá-se a fratura por torção. (Lopes Pereira, 2011)

Segundo o dicionário priberam da língua portuguesa o torque é considerado como a tendência de uma força para rodar um objeto em torno de um eixo.

É calculado pela seguinte equação:  $Torque = F.R$ , em que o r representa o raio- distância entre o ponto de aplicação da força (F) e o eixo de rotação do objeto. (Lopes Pereira, 2011) Alguns motores comercializados para utilização de limas rotatórias de NiTi possuem mecanismos incorporados que providenciam um controlo do torque utilizado. O motor pode ser configurado para o reverso do valor do torque quando este é atingido. Devido a esta função de controlo de torque, o instrumento pode ser submetido a repetidas cargas de torsão reversa e assim o risco de fratura por torção aumentará. (Cheung et al., 2009)

Em motores com controlo de torque baixo, quando o instrumento tem de ser submetido a torques similares ao do motor e de forma a prevenir a fratura, aciona o mecanismo de auto-reverse, começando a trabalhar na direção oposta. (Martin et al., 2003)

Para além da fadiga cíclica por flexão e da torsão podem ser destacados vários fatores que predisõem a fratura:

1) **Desenho do instrumento-** O desenho da lima e a sua secção de corte transversal (influenciando a distribuição de stress durante a carga), pode afetar a resistência do instrumento à fratura quando são expostos a cargas de flexão e torção. (Parashos et al.2006) Os instrumentos rotatórios de NiTi estão disponíveis com uma grande variedade de “tipos”, com diferentes particularidades funcionais que afetam a maneira como cortam dentina. As características estruturais e o design mecânico destes instrumentos têm, definitivamente, influência na susceptibilidade à fratura. (Di Fiori et al., 2007)

2) **Calibre das limas-** O tamanho do canal e do instrumento podem determinar a quantidade de carga de torsão exercida num instrumento durante a preparação de um canal. Instrumentos menores podem ficar bloqueados em locais estreitos do canal, ocorrendo a sua fratura- no caso de o torque exceder a resistência do instrumento à fratura. (Park et al., 2010)

Instrumentos com maior diâmetro cedem à fadiga cíclica mais cedo do que os instrumentos de menor diâmetro, devendo-se à acumulação de maior stress interno. (Parashos et al., 2006)

Um estudo comparativo da resistência à fadiga cíclica dos instrumentos rotatórios de NiTi

de diferentes calibres e design das ranhuras demonstrou que os instrumentos de maior calibre são os mais susceptíveis à fratura por fadiga cíclica. Foi demonstrado que o aumento do diâmetro da secção de corte, torna o instrumento menos resistente à fadiga cíclica. (Di Fiori et al., 2007)

3) **Processo de fabrico-** É muito importante, durante o processo de fabrico da liga de NiTi, a incorporação de vários elementos, como as partículas de óxido para que não haja deficiências nos contornos de grão. Estes instrumentos podem possuir uma superfície irregular de sulcos moídos, fendas múltiplas, buracos e ainda regiões com metal sobre-espírito. Possivelmente as irregularidades de superfície ocorrem em instrumentos que utilizaram um processo mais complexo do que instrumentos afunilados. Estes locais, por vezes, atuam como áreas de criação de stress e levam à produção de fendas durante o uso clínico, podendo ocorrer fratura por fadiga cíclica. (Parashos et al., 2006)

4) **Dinâmica de utilização do instrumento-** A velocidade a que os instrumentos operam não demonstra efeitos no número de ciclos para a fratura, no entanto, velocidades mais altas reduzem o tempo necessário para atingir o número máximo de ciclos antes da fratura. (Parashos et al., 2006)

Quando são aplicadas rotações de 100 rpm a deformação e a fratura ocorrem com menor incidência do que quando são utilizadas rotações de 200 rpm 350 rpm. (Martin et al., 2003). Instrumentos que trabalhem a altas rotações estão mais susceptíveis à fratura quando comparados a instrumentos que trabalhem a baixa rotação. (Castelló-Escrivá et al., 2012)

5) **Configuração do canal-** As limas fraturam com menores rotações, quando o raio da curvatura diminui, mas, no entanto, o ângulo da curva aumenta. A redução do raio da curva, reduz similarmente a capacidade dos instrumentos de resistirem as forças de torção. Instrumentar canais com com uma anatomia complexa pode levar a uma falha torsional. Em canais com duas curvaturas, as consequências do stress nos instrumentos devem ser similares às dos canais com curvaturas únicas, embora ocorram em mais de um local. (Parashos et al., 2006)

6) **Instrumentação-** Variar a sequência de instrumentação aumenta a segurança do trabalho, diminuindo a torção e a fadiga cíclica, mas leva a uma necessidade de utilização de um grande número de instrumentos. (Parashos et al., 2006)

7) **Número de utilizações-** Os instrumentos Endodônticos rotatórios de NiTi devem ser

descartados após seis a oito utilizações clínicas ou após serem encontradas deformações permanentes nos instrumentos. (Alapati et al., 2005)

Svec e Powers encontraram sinais de deterioração dos instrumentos após uma única utilização. Outros estudos revelam que os instrumentos podem ser utilizados dez vezes ou preparar quatro molares sem risco acrescido de fratura. Os fabricantes recomendam um certo número de usos, mas advogam que se deve descartar os instrumentos após a preparação de um canal com uma curvatura severa. (Parashos et al, 2006)

8) **Limpeza e esterilização-** O NaOCl pode levar à corrosão dos materiais. (Parashos et al., 2006)

9) **Canais secos-** A falta de irrigação provoca um excessivo esforço por parte do instrumento, o que pode conduzir à sua fratura. (Cohen, Hargreaves, 2007)

A irrigação e a lubrificação são essenciais para o correto desbridamento dos canais radiculares. (Di Fiori et al., 2007)

#### 4. Prevalência dos instrumentos fraturados

Louis Grossman concluiu que o facto de um Médico Dentista, durante a sua prática clínica, nunca ter fraturado uma lima se deve a não ter abordado canais radiculares suficientes. (Iqbal et al., 2006)

A fratura de instrumentos Endodônticos é rara, no entanto, quando ocorre é uma situação de elevada dificuldade de resolução. A sua prevalência encontra-se entre 1,83% e 3,3%. No entanto, no caso de retratamentos, a fratura é um acontecimento mais frequente. (Wefelmeier et al., 2015)

A incidência de fratura de instrumentos é de 0,5 a 5% nos casos investigados. (Pedir et al., 2016)

A frequência de fratura dos instrumentos manuais de aço inoxidável é de 2 a 6%. (Iqbal et al., 2006)

Entre 1997 e 2003, foram analisados 5103 canais tratados, chegando-se à conclusão que 0,7% desses canais apresentavam fraturas de limas de aço inoxidável e 0,4% de limas de NiTi. (Spili et al., 2006)

No caso de instrumentos de NiTi mecanizados a percentagem de fraturas é de 1,3 a 10%. (Parashos et al., 2006)

Combinando instrumentação mecanizada e manual os molares mandibulares são aqueles onde mais fraturas ocorrem (55,5%). Surgem depois os molares maxilares com 33,3% de fraturas. (Iqbal et al., 2006)

Ocorre, por norma, no terço apical do canal. (Parashos et al., 2006)

Em segundo lugar, as fraturas ocorrem no terço médio (14,8%) e seguidamente na porção coronal (2,5%). A probabilidade de separação da lima é 33 vezes superior na região apical quando comparada à porção coronal e 6 vezes superior quando comparada à região média do canal. (Iqbal et al., 2006)

Num molar maxilar, a probabilidade de fratura de um instrumento é superior no canal Mesio-vestibular do que no canal Distal-vestibular. A mesma relação é encontrada no caso de molares mandibulares quando comparamos os canais Mesio-Vestibular e o Mesio-Lingual. (Iqbal et al., 2006)

A fratura ocorre em canais mesiais de molares inferiores devido ao fato desses canais possuírem um istmo entre o canal mesio vestibular e o canal mesio lingual. (Rossi et al., 2014)

Após análise de 7159 instrumentos Endodônticos de diversificadas marcas, utilizados por 14 endodontistas de 4 países distintos, verificou-se que 12% deformaram e 5% fraturaram. (Parashos et al., 2004)

As fraturas por torção ocorrem em 55,7% dos casos, sendo 44,3% das fraturas por fadiga cíclica de flexão. (Arens et al., 2003)

## 5. Prevenção da fratura de instrumentos

Uma cavidade de acesso deve ser realizada com a forma adequada pois, permite o acesso direto e livre aos canais radiculares, incluindo ao ápice e à primeira curvatura, se esta existir. Podemos definir o acesso direto como o acesso em linha reta que irá ser fundamental para uma instrumentação e irrigação corretas, diminuindo assim a probabilidade de fratura das limas endodônticas. Estas, não devem ser submetidas a curvaturas antes de alcançarem a primeira curvatura do canal, sendo esta geralmente no terço apical. O endodontista, deve estabelecer um compromisso de remover a dentina suficiente para uma boa instrumentação e irrigação, no entanto, não deve fazer uma remoção excessiva, de modo a não comprometer a última etapa do tratamento- a restauração final. (Cohen, Hargreaves,2007)

A realização do preparo do canal radicular deve ser feita no sentido coronal-apical: o alargamento prévio do segmento cervical e médio do canal radicular com instrumentos de maior diâmetro e/ou conicidade, permite que os instrumentos de menor diâmetro aplicados no preparo do segmento apical do canal fiquem submetidos a um menor carregamento, o que diminui o esforço de corte da dentina e a possibilidade da imobilização da ponta do instrumento. (Pereira Lopes et al., 2011)

Quando os instrumentos podem negociar facilmente os canais radiculares, o stress de flexão e de torção são menores e conseqüentemente o potencial de fratura diminui. (Di Fiori et al. 2007)

Deverá ser sempre realizada uma passagem com instrumentos manuais, antes da utilização de um sistema mecanizado (depende de qual o sistema mecanizado utilizado). (Parashos et al., 2006)

Três estudos demonstraram que a instrumentação manual com limas de pequenos calibres de aço inoxidável, usados em step-back, antes da instrumentação rotatória, reduz significativamente a incidência de fratura dos instrumentos rotatórios durante a preparação de canais curvos. (Di Fiori et al. 2007)

Os instrumentos Endodônticos não devem ser forçados, nem devem ser aplicados movimentos bruscos e rápidos. Devem ser limpas as espiras e examinadas as limas, de preferência de forma microscópica. Para a obtenção do sucesso, estas devem trabalhar sempre com lubrificação. (Parashos et al., 2006)

Deverá ser realizada uma correta irrigação e lubrificação, para que seja alcançado, de forma adequada, o preparo canalar, não ficando os detritos acumulados dentro do canal, reduzindo a resistência friccional, sobrecarga mecânica, e assim a tensão de torsão. Pode ser usada uma preparação de peróxido de ureia e ácido etileno diamino tetra- acético como irrigante. (Di Fiore et al., 2007)

De forma a prevenir a fratura, os instrumentos Endodônticos rotatórios de NiTi devem ser descartados após seis a oito utilizações clínicas ou após serem encontradas deformações permanentes nos instrumentos. (Alapati et al., 2005)

No caso de canais com conformações curvas severas, os fabricantes recomendam uma única utilização do instrumento Endodôntico. (Parashos et al., 2006)

Os fabricantes recomendam um certo número de usos, mas advogam que se devem descartar os instrumentos após a preparação de um canal com uma curvatura severa. (Parashos et al, 2006)

A manipulação dos instrumentos rotatórios de NiTi também é muito importante. As espiras devem ser inspecionadas para prevenir de forma eficaz a fratura de instrumentos no canal radicular. (Di Fiori et al., 2007)

Quando os instrumentos já se encontram desgastados, perdem a sua capacidade de corte o que pode levar a uma imobilização do instrumento no interior do canal radicular. Consequentemente, o profissional vai aumentar o torque para ocorrer o corte de dentina, o que pode induzir a fratura do instrumento. (Pereira Lopes et al., 2011)

De modo a prevenir a fratura por torção, e para que não ocorra a imobilização do instrumento Endodôntico, quer seja de forma manual ou mecanizada, no interior do canal radicular, deve-se reduzir a força e o avanço do instrumento no sentido apical. A ação de corte dos instrumentos Endodônticos por meio do movimento de alargamento é feita por avanços de 1 a 3 mm para apical do canal radicular, e posteriormente remoção do mesmo, de forma sucessiva. Avanços maiores aumentam a área de contato e a resistência ao corte da parede dentinária, que poderá levar à imobilização total ou parcial da ponta do instrumento e induzir um carregamento superior ao seu limite de resistência à fratura por torção. (Pereira Lopes et al., 2011)

Para instrumentos manuais o controlo de avanço é feito através de um ângulo de rotação à direita aplicado ao cabo do instrumento. Em instrumentos de pequenos calibres o ângulo de rotação não deve ser superior a 45°. Para maiores calibres o ângulo pode variar entre 90 a 120°. Quanto menor o ângulo de rotação aplicado, menor será o seu avanço no interior do canal radicular. (Pereira Lopes et al., 2011)

No caso de instrumentos acionados a motor que girem de forma contínua para a direita que realizem, pelo menos cinco voltas por segundo (300rpm), o controlo do avanço fica da responsabilidade da experiência do clínico. O Endodontista, deve promover uma força compressiva suficiente para fazer o instrumento avançar não mais de 3mm seguido de um pequeno retrocesso para o libertar da ação de corte da dentina- packing motion. (Pereira Lopes et al., 2011)

Gambarini demonstrou que usando motores elétricos com baixo torque se promove uma maior resistência à fadiga cíclica. É necessária uma instrumentação com baixo torque, sensibilidade táctil e consciência durante o procedimento de forma a prevenir uma potencial

fratura. (Arens et al., 2003)

Os motores eléctricos tem desenvolvido um controlo quer da velocidade da rotação quer do torque durante a preparação canal. Quando o torque de um instrumento, com uma rotação a velocidade constante alcança o nível predefinido, o motor automaticamente reverte a direcção da rotação e permite a remoção da lima, antes desta encravar e fraturar no canal radicular. (Di Fiori et al., 2007)

Todavia, o melhor recurso para diminuir a ocorrência de fraturas de instrumentos por torção, é mantê-los não imobilizados durante a instrumentação do canal radicular, o que é alcançado com o conhecimento de princípios mecânicos de instrumentação, com a técnica adequada e com a habilidade e experiência do profissional. (Pereira Lopes et al., 2011)

Estudos demonstraram que os níveis de fratura de instrumentos rotatórios de NiTi com operadores inexperientes são maiores quando comparados a operadores com experiência. (Di Fiori et al., 2007)

Segundo Pereira Lopes et al. (2011), algumas recomendações clínicas devem ser dadas para minimizar a fratura por flexão rotativa de instrumentos Endodônticos durante o uso clínico:

- 1) Permanecer o menor tempo possível com o instrumento a girar no interior de um canal radicular curvo. O tempo de uso é cumulativo;
- 2) Manter o instrumento no interior de um canal curvo em constante avanço e retrocesso em sentido apical. Assim, evita-se a concentração de tensão numa determinada área do instrumento Endodôntico. O número de ciclos de um instrumento Endodôntico quando movimentado longitudinalmente com avanço e retrocesso (ensaio dinâmico) é maior do que quando o mesmo permanece girando num canal curvo sem deslocamento longitudinal (ensaio estático). Quanto maior a amplitude do deslocamento longitudinal, maior será a vida útil de um instrumento Endodôntico, resistindo à fadiga;
- 3) Não forçar apicalmente o instrumento no interior do canal radicular. Quando este é forçado na direcção apical ocorre uma deformação elástica. Durante esse tipo de força, a ponta do instrumento fica curva e forma um arco. Quanto menor o raio do arco menor será

o número de ciclos suportado pelo instrumento até à fratura;

- 4) Os instrumentos Endodônticos devem ser usados com a menor velocidade de rotação possível. O número de ciclos até à fratura de um instrumento Endodôntico diminui com o aumento da velocidade de rotação;
- 5) No movimento de retrocesso, não pressionar lateralmente (pincelamento) o instrumento contra as paredes de segmentos achatados de canais radiculares;
- 6) Utilização de movimentos oscilatórios aumenta a vida em fadiga dos instrumentos Endodônticos de NiTi, quando comparados aos movimentos de rotação contínua obtida por dispositivos mecânicos. Nos movimentos oscilatórios as trações de compressão e de tração são menores;
- 7) Descartar, preventivamente, os instrumentos antes deles alcançarem a fadiga.

## 6. Consequências da manutenção dos instrumentos fraturados no canal e da sua remoção

Um instrumento fraturado não significa necessariamente cirurgia ou perda de um dente. Na verdade, o prognóstico pode não ser definitivo, dependendo da fase da instrumentação em que a fratura ocorre, da condição pré-operatória da polpa e dos tecidos perirradiculares e ainda se a lima pode ser removida ou ultrapassada. A presença de um instrumento fraturado no canal não predispõe o dente a problemas pós-operatórios. É a presença de necrose e de polpa infectada que determina o prognóstico. O prognóstico é mais favorável quando a fratura ocorre na fase final da instrumentação. (Cohen, Hargreaves, 2007)

Deve ser realizado uma análise entre os potenciais riscos de remoção dos instrumentos e a sua manutenção no canal. A fratura de instrumentos não afeta diretamente o prognóstico do dente, pois o instrumento por si só não leva à infecção. Contudo, a presença do instrumento pode afetar a desinfecção químico-mecânica do sistema de canais, afetando o prognóstico do dente. (Wefelmeir et al., 2015)

O prognóstico em dentes vitais, após a fratura de instrumentos é superior ao prognóstico de dentes necróticos. (Cheung, 2009)

Em 0-19% dos casos podem ocorrer falhas do tratamento Endodôntico devido a fraturas de instrumentos. (Sbababinejad et al., 2013)

Em relação ao prognóstico de dentes com presença de lesão apical, demonstrou-se que a cura foi menor quando tinha um instrumento fraturado dentro do canal o que foi contrariado por Navarro et al. (2013), demonstrando através de relatos de casos clínicos alto índice de sucesso em tratamentos Endodônticos com presença de instrumentos fraturados no interior do canal. (Rossi et al., 2014)

O clínico deve avaliar as opções para remoção do instrumento fraturado, realizar o bypass ou manter o fragmento no interior do canal radicular. Esta decisão deve ser tomada com base no estado da polpa, infecção do canal, posição do segmento do instrumento fraturado e pelo tipo de instrumento fraturado. (Suter et al., 2005)

Nas seguintes situações, após a fratura de instrumentos, como: presença ou ausência de patologia apical, tipo de dente, localização, tipo de instrumento, curvatura do canal ou local de fratura, não há evidencia clínica que torne obrigatório a sua remoção. (Wefelmeir et al., 2015)

Em algumas situações é pertinente manter o instrumento no interior do canal para prevenir complicações consequentes., nomeadamente quando o fragmento se encontra na curvatura do canal ou perto dela, e a sua manutenção confere o mínimo impacto no prognóstico. (Parashos et al. 2006)

Quanto mais apical for a localização do instrumento fraturado, maior probabilidade de perfuração da raiz e torna-se assim mais sensível a fratura depois da remoção do instrumento. Necessitamos de um acesso direto para uma remoção com sucesso. (Parashos et al., 2006)

Se a remoção for necessária, as tentativas da sua execução podem levar à formação de de ressaltos, alargamento excessivo, transporte de resíduos e ainda perfurações. Os passos

para a sua remoção devem ser pouco invasivos. (Wefelmeir et al., 2015)

Quando a fratura do instrumento ocorre nas fases iniciais de preparação canal, o prognóstico reduz, devido ao reduzido controlo microbiano e mínimo desbridamento. Quando os instrumentos fraturam numa fase mais tardia, na porção do terço apical, o prognóstico é favorável devido ao melhor controlo microbiano e ao desbridamento realizado. (Parashos et al. 2006)

Concluindo, os principais fatores que influenciam o prognóstico são a presença de lesão periapical, a fase de preparação em que o canal se encontra, o enfraquecimento da raiz, e os riscos de perfuração. Devemos ainda relevar as seguintes problemáticas: largura e curvatura da raiz, camada de dentina, qual a técnica mais adequada para a remoção, tamanho do fragmento, presença/ ausência de radiolucidez periapical, qual a fase de preparação do canal em que se encontra. (Parashos et al., 2006)

Durante a remoção de instrumentos Endodônticos foram registadas algumas complicações, destacando-se: a perda de estrutura dentária, a perfuração radicular, a fratura de outro instrumento, a extrusão do fragmento pelo ápice e ainda outras complicações, como a formação de degraus e bloqueio do canal. (Mandarati et al. 2008)

## 7. Remoção dos instrumentos fraturados

Um número de dispositivos, tecnologias e técnicas tem sido desenvolvida para remover uma obstrução canal, como um instrumento fraturado. (Ruddle et al., 2004)

Mesmo com as técnicas modernas e com os avanços tecnológicos, que melhoraram a capacidade dos clínicos removerem os instrumentos fraturados, nem sempre é possível a sua realização. (Wefelmeir et al., 2015)

Quando no pós-operatório ocorrem problemas podem ser tomadas quatro opções: não fazer nada, a extração, e o retratamento não cirúrgico ou cirúrgico.

Após o paciente ter sido informado quanto às opções de tratamento e a decisão tenha passado pela tentativa de remoção, a primeira opção de tratamento deverá ter em conta a localização do fragmento. Se o fragmento for clinicamente visível, deverá ser pinçado e removido por tração (pinça hemostática ou alicate de Stieglitz). No caso de estar mais apical, deverá ser criada uma cavidade de acesso ampla para tentar a remoção do instrumento. (Cohen, Hargreaves, 2007)

O primeiro passo na remoção de um instrumento fraturado é o acesso coronal e, posteriormente, o acesso radicular. (Ruddle et al., 2002)

Quando um instrumento Endodôntico fratura no interior do canal, a melhor solução é remove-lo. Somente depois da sua remoção é que o canal pode ser negociado, limpo e conformado. Se o canal não for corretamente limpo e conformado, restos pulpares e de bactérias continuarão no canal e assim comprometerão o sucesso do tratamento Endodôntico. (Suter et al., 2005)

A remoção de instrumentos fraturados do canal é, na maioria dos casos, muito difícil e ineficaz. No passado eram utilizadas substâncias químicas para a remoção de instrumentos como: ácido hidrocloreídrico, ácido sulfúrico, concentrado de iodeto de potássio, a fim de dissolver a obstrução por parte dos metais. (Parashos et al., 2006)

Pode-se remover os instrumentos, realizar o bypass, isolar o fragmento no canal ou o seu bloqueio. No entanto, no sentido de tomar uma boa decisão terapêutica deve-se avaliar o estado da polpa, a presença de infecção, a anatomia do canal, a posição e o tipo de instrumento fraturado, e os danos possíveis da sua remoção. (Pedir et al., 2016)

Os ultrassons, o método dos microtubos e o auxílio do microscópio têm ajudado na remoção de instrumentos fraturados. (Pedir et al., 2016)

O microscópio não só aumenta a visibilidade com a utilização da magnificação e da luz, como também aumenta a eficiência e a segurança de quase todas as técnicas Endodônticas. O uso das lâmpadas acopladas às lupas de magnificação facilita na remoção de várias

obstruções dos canais. (Cohen, Hargreaves, 2007)

Uma tentativa de bypass do instrumento deve ser inicialmente considerada, o que muitas vezes leva ao sucesso do tratamento, particularmente em situações em que a raiz tem mais do que um canal e eles se juntam antes do foramen apical. (Parashos et al., 2006)

Devido a um aumento da flexibilidade dos instrumentos de NiTi relativamente aos de aço inoxidável, podemos concluir que existe uma maior dificuldade na remoção dos instrumentos de NiTi. (Suter et al., 2005)

A técnica ultrassônica é aquela que é mais preconizada, posteriormente surge o kit masseran como o eleito para a tentativa de remoção do segmento do instrumento do interior do canal. (Mandarati et al., 2008)

i. Bypass ao instrumento

Este procedimento é o mais utilizado em caso de fraturas de instrumentos que não se conseguem remover. A realização do bypass ao instrumento vai permitir uma boa conclusão da instrumentação do canal na sua porção apical, resolvendo o problema de uma possível infecção. (Solomonov et al., 2015)

Alguns autores consideram que o bypass ao segmento fraturado é a técnica mais conservadora, particularmente, nos casos em que o acesso ao segmento é restrito (no terço apical do canal ou além da curvatura do canal) e a sua remoção conduziria à remoção excessiva de dentina com sequelas associadas. (McGuigan et al., 2013)

Está reportado que o bypass ao instrumento, embora o instrumento se mantenha no canal, não compromete a qualidade da obturação. (McGuigan et al., 2013)

Como primeira intervenção deverá ser realizado o bypass do instrumento fraturado, sendo muitas vezes eficaz, nomeadamente nas raízes que possuem mais que um canal e estas confluem no foramen apical. (Parashos et al., 2006)

Insere-se uma lima de pequeno calibre entre o fragmento e a parede do canal radicular, conduzindo à negociação do canal de todo o comprimento de trabalho para permitir a instrumentação e a obturação do canal com o fragmento in situ. (Shiyakov et al., 2014)

O bypass demonstra claramente taxas de sucesso inferiores aos ultrassons, no entanto, quando a fratura ocorre em locais que não possibilitam visão esta deve ser a técnica adotada. (Shiyakov et al., 2014)

ii. Ultrassons

O conceito de ultrassons na Endodontia surgiu em 1957 introduzido por Richman. (Garg et al., 2010)

Operar com os ultrassons e com o microscópio tornou-se indispensável num grande número de procedimentos dentários, com grande relevância no âmbito da Endodontia, nomeadamente na abertura de cavidades de acesso, na limpeza e conformação do canal, na remoção de materiais e obstruções canulares e na cirurgia endodôntica. (Plotino et al., 2007)

Os instrumentos ultrassônicos possuem diversificadas vantagens como a diminuição da prevalência de fraturas e a das perfurações. (Feiz et al., 2013)

Os fabricantes desenvolveram diversas pontas ultrassônicas com diferentes designs e dimensões. (Cheung, 2009)

Vários tamanhos e ângulos de pontas de ultrassons estão disponíveis, no entanto, quanto mais apical for a obstrução, mais longa e fina deverá ser a ponta ultrassônica. (Cohen, Hargreaves, 2007)

O ultrassom é a energia sonora com uma frequência inferior à do alcance do ouvido humano. Atualmente preconiza-se a utilização de baixa frequência (1 e 8 kHz) para existir

uma menor produção de stress, levando a um menor dano na estrutura dentária. (Plottino et al., 2007)

O gerador ultrassónico providencia uma ampla gama de energia, possibilita o ajuste de energia e o feedback eléctrico para regular a amplitude e o tipo de movimento. (Ruddle et al., 2004)

Níveis baixos de energia devem ser usados inicialmente, devendo depois ser reajustados, aumentando, dependendo da obstinação do fragmento. (Cheung, 2009)

Podemos dividir os ultrassons em dois tipos:

1) Magnetorestritivo- Caracteriza-se por ser a conversão de energia eletromagnética em energia mecânica. (Plottino et al., 2007)

Necessita de água para refrigerar, pois causa calor. É caro e menos eficaz. (Garg et al., 2010)

A geração de calor leva a temperaturas inaceitáveis biologicamente para a superfície radicular. (Cheung, 2009)

2) Piezoeléctrico- É utilizado um cristal que altera as suas dimensões quando é aplicada uma carga eléctrica. (Plottino et al., 2007)

Ativa-se uma onda sinusoidal oscilatória na lima com uma frequência de cerca de 30 kHz. (Cohen, Hargreaves, 2007)

Produz menos calor, não necessita de água para refrigeração. É usado em canais calcificados, na remoção de instrumentos fraturados e nas preparações canulares. (Garg et al., 2010)

A primeira opção para remoção de instrumentos fraturados é a utilização da tecnologia ultrassónica piezoeléctrica e específicos instrumentos ultrassónicos. (Ruddle et al., 2004)

Os instrumentos ultrassónicos têm demonstrado eficácia na remoção de obstruções de canais. A ponta ultrassónica é colocada no espaço criado entre a parte exposta da lima e a parede do canal e vibrada ao redor da obstrução no sentido anti-horário, aplicando uma

força vibratória à lima de forma a que esta “desaparafuse”. (Cohen, Hargreaves, 2007)

Neheme propôs um método para remoção de obstruções metálicas dos canais utilizando um microscópio cirúrgico e um spreader ultrassónico que vai provocar abrasão. Esta técnica não é recomendada em materiais que não corroem com pontas ultrassónicas como, por exemplo, limas de aço inoxidável. (Rabman et al., 2007)

Outra técnica é a preparação de uma “staging platform” que é uma linha estreita de acesso ao instrumento fraturado, realizada por uma broca de Gates-Gliden, um instrumento de alta rotação (velocidade da luz). Seguidamente é utilizada uma ponta ultrassónica para criar uma “calha” em coronal do segmento. Posteriormente, retira-se o instrumento com a aplicação de agitação ultrassónica ou outro método. (Cheung, 2009)

Outra técnica de remoção controlada de dentina à volta do instrumento fraturado é a utilização de uma lima Endodôntica ultrassónica ou lima “endosonic”, tendo sido proposta há duas décadas atrás. (Cheung, 2009)

Esta técnica de remoção de instrumentos fraturados consiste na instrumentação manual do canal com limas K de aço inoxidável ao lado do instrumento fraturado até fazer o bypass do segmento fraturado ou até à sua porção coronal. Seguidamente são utilizadas limas K acopladas a uma peça de mão ultrassónica para remover o instrumento fraturado. (Rabman et al., 2007)

Os Médicos Dentistas demonstraram que a técnica de maior sucesso na remoção de instrumentos fraturados é a utilização de ultrassons, acompanhados pela visualização através de microscópio. (Pedir et al., 2016)

A utilização dos ultrassons no âmbito da remoção de instrumentos fraturados deve ser realizada sem a utilização de água e em ciclos curtos. A ausência de água melhora a visualização do campo operatório, e os ciclos curtos permitem que não ocorra o sobreaquecimento dentário. (Ruddle, 2002)

É prudente vedar os orifícios dos canais adjacentes com algodão ou cones de papel, para prevenir que o instrumento fraturado removido caia neles, e assim causar complicações futuras. (Cohen, Hargreaves, 2007)

A técnica ultrassônica apresenta taxas de sucesso clínico muito aceitáveis quando os segmentos estão na curvatura do canal. (Shiyakov et al., 2014)

Embora a remoção de instrumentos fraturados do terço coronal do canal seja considerada como um procedimento seguro, remoção de localizações mais profundas torna a raiz menos resistente à fratura vertical. (Mandarati et al., 2010)

Ocasionalmente, este método pode empurrar a lima fraturada em direção apical ou para além do foramen apical. (Cohen, Hargreaves, 2007)

97% dos clínicos inquiridos respondeu utilizar os ultrassons como primeira opção na remoção de instrumentos fraturados. (Mandarati et al., 2008)

Quando o procedimento ultrassônico para remoção do instrumento fraturado falha, as técnicas de microtubos são a seguinte hipótese para remoção do instrumento fraturado. (Wefelmeier et al., 2015)

Esta técnica quando comparada com a técnica de bypass ao instrumento, em diferentes localizações, mostra que os ultrassons são mais efetivos. (Shiyakov et al., 2014)

### iii. Sistema de Microtubos

Se a aplicação direta da energia ultrassônica não deslocar suficientemente o fragmento fraturado para a sua remoção, o fragmento deve ser apreendido e retirado. Isso pode ser feito com uma variedade de técnicas, a maioria utilizando os microtubos. O tecido dentário em redor do instrumento é reduzido através dos ultrassons, até que 2-3 mm do instrumento sejam expostos para a sua remoção. (Cohen, Hargreaves, 2007)

Existem diversos métodos de remoção através de microtubos. Quer os métodos antigos, quer os novos, são fabricados para “engatar” na obstrução canalar, como um instrumento fraturado. Muitos dos sistemas de microtubos provocam uma remoção excessiva de dentina e algumas vezes é um método ineficaz. (Ruddle et al., 2004)

Para a utilização destes sistemas, o mais importante para os clínicos é considerar o diâmetro externo do sistema e não o diâmetro interno. O diâmetro externo dita a segurança de utilização deste sistema no canal obstruído. (Ruddle et al., 2004)

Este método está bem representado pelo “Kit Masseran”, “Endo Extractor”, “Instrument Removal System” (iRS) e pelo “Kit Cancellier”. (Cheung, 2009)

Outras técnicas disponíveis são: Microtubos com limas H, “Extractor System”, “Extractor Mounce” e Ponta de laço. (Cohen, Hargreaves, 2007)

Os problemas associados a este método de remoção são: excessiva remoção de dentina do canal radicular, ressaltos, perfurações, limitação de utilização em canais estreitos e curvos e a extrusão do fragmento para lá do ápice radicular. (Parashos et al., 2006)

#### 1) Kit Masseran

A técnica de Masseran também tem sido recomendada para a remoção de instrumentos fraturados. Esta técnica é similar ao Endo Extractor, sendo que ambas possuem brocas trefina e extratores específicos. Este kit vem com um medidor que ajuda na seleção do tamanho da broca e do extrator a ser usado, apresentando diversos tamanhos de brocas trefina. (Cohen, Hargreaves, 2007)

Os extratores possuem diâmetros externos de 1,20 e 1,50 mm, o que indica a sua aplicabilidade em segurança em dentes anteriores que geralmente possuem canais largos. Esta técnica leva a um excessivo corte de dentina radicular o que enfraquece o dente, não devendo por isso ser usado em outro tipo de dentes. (Ruddle et al., 2004)

As brocas trefinas que acomodam os instrumentos fraturados no seu centro, enquanto cortam uma circunferência à volta do instrumento. (Cheung, 2009)

Estas brocas, cortam no sentido anti-horário, fornecendo uma força que desparafusa limas fraturadas. Os mandris de extração possuem uma marca interna que comprime a agulha contra a parede interna do mandril, permitindo a remoção da obstrução. (Cohen, Hargreaves, 2007)

Esta técnica é útil para remover obstruções metálicas em dentes anteriores tendo raízes estreitas e retas. Esta técnica está contraindicada em dentes com raízes finas, curvaturas radiculares acentuadas, ou fragmentos extremamente apicais, devido aos riscos associados. (Vivekananda et al., 2013)

## 2) Endo Extractor/ Meisinger Meitrac

O kit Endo Extractor inclui um adesivo de cianoacrilato que é usado para colar um tubo oco na ponta exposta da agulha. Este kit possui quatro tipos de brocas trefina e extratores. O fator mais importante da utilização deste kit é o encaixe justo entre o tubo extrator e a obstrução. (Cohen, Hargreaves, 2007)

A broca trefina vai acomodar o instrumento fraturado no seu centro e vai cortar dentina à volta do instrumento. (Cheung, 2009)

O encaixe recomendado entre o tubo e a obstrução é de 2mm, no entanto, está provado que com 1mm, se o encaixe for justo, a adesão poderá ser suficiente para remoção da obstrução do canal. No caso de um encaixe justo, devemos aguardar cinco minutos para a remoção do fragmento através de forças tractivas. No caso de o encaixe ser “frouxo” devemos aguardar dez minutos. (Cohen, Hargreaves, 2007)

Está indicado para remoção de instrumentos fraturados em localizações inacessíveis. A

broca trefina mais pequena tem um diâmetro externo de aproximadamente 1,50 mm. Este diâmetro limita o uso prático deste kit à porção coronal de canais largos, levando a um grande desgaste de dentina. (Ruddle et al., 2004)

Outra desvantagem é a possibilidade de perfuração ou fratura da obstrução, pois as brocas trefinas apresentam uma grande agressividade de corte quando são novas. (Cohen, Hargreaves, 2007)

Para tentar contrariar esta desvantagem do excessivo diâmetro da broca, o fabricante, colocou à disposição uma nova broca menor, vendida de forma separada do kit. (Cohen, Hargreaves, 2007)

A utilização de microtubos com materiais adesivos, relativamente aos métodos mecânicos, tem a desvantagem de uma extensão destes materiais poder levar à obturação dos canais. (Wefelmeier et al., 2015)

No final do procedimento, o extrator pode ser reutilizado removendo o instrumento, basta para isso, usar o agente solvente presente no kit, ou então cortar o extrator com uma broca para além do limite onde o instrumento fraturado penetrou. (Cohen, Hargreaves, 2007)

### 3) Instrument Removal System

O iRS providenciou um avanço nos procedimentos de remoção de obstruções intracanales, como cones de prata, obturadores ou segmentos de limas fraturadas. (Ruddle et al., 2002).

Possui dois tamanhos diferentes de extratores, que são tubos com 45° de bisel nas terminações e uma abertura lateral. Cada tubo tem o seu corte interno correspondente ou cunha de parafuso. (Cohen, Hargreaves, 2007)

Este bisel vai permitir prender a porção coronal do instrumento fraturado. (Ruddle et al., 2004)

Os microtubos possuem um cabo de plástico de pequenas dimensões que permite aumentar a visão do campo operatório. Cada iRS é composto por um microtubo com uma

determinada cor e uma cunha de parafuso correspondente. (Ruddle et al., 2004)

Os tubos pretos possuem 1mm de diâmetro externo que está indicado no terço coronal de canais largos. Os vermelhos e os amarelos, possuem 0,80mm e 0,60mm de diâmetro externo, respectivamente, podendo ser usados em canais mais estreitos. (Ruddle et al., 2004)

Não é necessária a utilização de brocas trefinas, pois o fabricante recomenda a utilização de pontas de ultrassons. (Cheung, 2009)

Estas pontas de ultrassons vão abrir 2-3mm em redor da obstrução, fazendo uma fossa. (Cohen, Hargreaves, 2007)

O objetivo posterior é expor 2-3 mm no primeiro terço do comprimento total do instrumento fraturado. (Ruddle et al., 2002).

O microtubo é inserido no canal com a porção biselada virada para a parede externa. Deste modo é possível captar a cabeça do instrumento e guiá-la para o interior do microtubo. Quando o microtubo foi corretamente posicionado, a cunha de parafuso, da mesma cor que o microtubo, é inserido e desliza internamente através do comprimento do microtubo até estar em contato com a obstrução. Deverá ser rodado o cabo da cunha de parafuso no sentido anti-horário para bloquear a obstrução. Quando bloqueada, continuam-se os movimentos anti-horários para “desaparafusar” o instrumento fraturado. Se o movimento anti-horário na remoção não for possível, pode ser aplicado um movimento horário de 3° a 5°, que fará com que o instrumento continue bloqueado, mas que posteriormente seja aplicada uma rotação anti-horária. (Ruddle et al., 2004)

Este instrumento é muito útil na parte reta do canal, mas é muito difícil de forçar limas calibrosas fraturadas através das janelas, impedindo a sua remoção. (Cohen, Hargreaves, 2007)

Caso a porção coronal do instrumento não entre em contato com a janela lateral, pode-se

reduzir ou eliminar a terminação biselada, para assim se conseguir a remoção. (Ruddle et al., 2004)

#### 4) Kit Cancellier

Esta técnica foi criada para remover os instrumentos em conjunto com o microscópio. O aparelho cancellier funciona de uma forma muito similar ao brasseler endo extrator, que é usado em conjunto com o adesivo de cianoacrilato para ser colado na secção final do instrumento. (Cohen, Hargreaves, 2007)

Esta técnica contém 4 microtubos de diferentes diâmetros externos: 0,50mm; 0,60mm; 0,70mm; 0,80mm. Não são utilizadas brocas trefinas mas sim ultrassons para expor os 3mm à volta da obstrução. O diâmetro interno tem de se adaptar corretamente à porção coronal da obstrução para ser posteriormente colado. (Ruddle et al., 2004)

Quando a lima sem espiras já se encontra solta no canal e não se consegue remover, esta técnica é muito adequada. (Ruddle et al., 2004)

#### 5) Microtubo com lima de Hedstrom

O tecido dentário em redor do instrumento deve ser reduzido com ultrassons, até que cerca de 2 a 3 mm do instrumento estejam expostos. Uma técnica é a utilização de microtubos de aço inoxidável que é acoplada à superfície exposta do segmento. Uma lima H, fina, é então introduzida entre o tubo e a ponta do objeto, e é torcida no sentido horário, produzindo travamento mecânico entre o instrumento fraturado, o tubo e a lima H. (Cohen, Hargreaves, 2007)

A lima H passa o comprimento do tubo até atingir a cunha entre a obstrução e o lúmen interno do microtubo. A conicidade das limas H limita a sua introdução no interior do microtubo paralelamente. É uma técnica mais utilizada em canais largos obstruídos. (Ruddle et al., 2004)

Os três instrumentos conectados (tubo, lima h, segmento fraturado) podem, assim, ser retirados com um puxão na direção coronária. (Cohen, Hargreaves, 2007)

#### 6) Extractor System

O Roydent Extrator Sistem consiste em apenas uma broca e três extratores. A broca é bem conservadora e remove uma quantidade mínima de estrutura dentinária, permitindo o acesso à obstrução. Os tubos de extração são também, bem pequenos e, assim, só irão trabalhar na remoção de pequenas obstruções. O extrator envolve a obstrução com seis garras que podem ser apertadas ao objeto permitindo a sua remoção. (Cohen, Hargreaves, 2007)

Esta técnica apresenta as seguintes desvantagens: pouca variedade de instrumentos, possibilidade de fratura da obstrução com a broca, probabilidade de fratura das garras dentro do extrator (caso a utilização seja indevida). (Cohen, Hargreaves, 2007)

#### 7) Técnica de microtubo modificada utilizando compósito fluído

O microtubo com cianoacrilato ou compósito de dupla-polimerização permite a remoção do instrumento, sem ter de ser realizado um desgaste dentinário, bastando a união entre estes materiais e a superfície exposta do instrumento fraturado. (Wefelmeier et al., 2015)

Foi usado um compósito de dupla polimerização, para fixar o segmento no interior de um tubo de fibra óptica. Esta fibra possui um diâmetro de 0,5mm foi introduzida no microtubo até entrar em contato com o instrumento fraturado. A resina foi fotopolimerizada através da fibra óptica durante 1,5 minutos. Posteriormente, este conjunto deverá ser tracionado para remoção do instrumento fraturado. (Wefelmeier et al., 2015)

8) Extractor Mounce

Os extractores Mounce são instrumentos manuais que permitem o uso com o microscópio. São similares aos brunidores em forma de bola com fendas cortantes. Essas fendas são abertas em vários ângulos e desenhadas para deslizarem pela terminação fraturada da lima. O cianoacrilato é usado para colar o extrator à lima, permitindo a remoção. Este instrumento pode ser usado quando a lima fraturada se encontra contra a parede do canal. A ponta abaulada é relativamente grande e só é útil na remoção de instrumentos na porção mais coronária mais acessível do canal. (Cohen, Hargreaves, 2007)

9) Ponta de Laço

Este método de remoção de instrumentos, necessita de uma cuidadosa seleção do microtubo e a passagem de um laço no interior do tubo ficando as pontas do fio fora do tubo. (Ruddle et al., 2004)

A ponta do laço é cuidadosamente colocada em redor do fragmento, apertada com uma pinça hemostática, e posteriormente tracionada para a sua remoção. (Cohen, Hargreaves, 2007)

iv. Utilização de Limas H

A técnica da lima de Hedstrom requer pelo menos algum espaço no canal em redor do instrumento, para que este seja removido. As limas são introduzidas o mais apicalmente possível em dois ou três pontos ao redor do instrumento. Ainda que seja possível, a penetração em apenas um ponto, esse método ainda pode ser eficaz. (Cohen, Hargreaves, 2007)

As limas H serão delicadamente giradas em sentido horário o mais apicalmente possível. Esse movimento deverá ser realizado com força moderada para prevenir fraturas. Estas limas, devido à sua anatomia agarram melhor o instrumento, sendo torcidas e permitindo a tração do instrumento fraturado. (Cohen, Hargreaves, 2007)

v. Remoção química

Como abordado anteriormente, no passado, o ácido hidroclorídrico, o ácido sulfúrico, o concentrado de iodeto de potássio, eram utilizados para dissolver uma obstrução metálica. Estes métodos hoje são irrelevantes, pois não eram procedimentos seguros, tendo os materiais metálicos melhores propriedades, resistindo à corrosão. (Parashos et al., 2006)

vi. Método Electroquímico

Pode também ser realizado um procedimento electroquímico, que consiste na dissolução electroquímica do metal, utilizando para isso dois eléctrodos imersos num electrólito. Um dos eléctrodos vai atuar como cátodo e o outro como ânodo. É necessária uma diferença de potencial para ocorrer a transferência de electrões e a libertação dos iões metálicos para a solução. Quanto ao electrólito, a sua composição varia de acordo com a obstrução metálica a ser removida. (Ormiga et al., 2010)

As soluções utilizadas são: Hipoclorito de sódio para instrumentos de aço inoxidável e fluoreto para NiTi. (Ormiga et al., 2010)

Para provar esta técnica, foram submersas numa solução de fluoreto de sódio e de cloreto de sódio, segmentos, de 6mm, de limas k3 de tamanho 20, durante 8, 17, 25 minutos, e aguardou-se a dissolução dos fragmentos. (Ormiga et al., 2010)

Este método é mais conservador, não necessitando de remoção dentinária, não influenciando negativamente a resistência da raiz. (Ormiga et al., 2010)

vii. Remoção com Gutta-Percha

Após 30 segundos de imersão das pontas (2-3mm) de gutta-percha numa solução de clorofórmio, esta é inserida no canal e aguarda-se até ao seu endurecimento(3 minutos). Após o endurecimento, com movimentos de Rouane, traciona-se o fragmento. (Rahimi et

al., 2009)

Como vantagem, não necessita de remover dentina. (Rahimi et al., 2009)

viii. Tratamento Endodôntico Cirúrgico

A cirurgia pararendodôntica é uma opção de tratamento quando não se consegue eliminar o agente etiológico do processo inflamatório periapical de maneira conservadora, ou seja, pelo tratamento Endodôntico. (Orsho et al., 2006)

Em 1996, Flores concluiu que as perfurações dos dentes, reabsorções apicais, fratura de instrumentos, extravasamento de materiais de obturação, lesões periapicais não tratadas, difícil acesso ao ápice podem ser resolvidas através da cirurgia Endodôntica. (Carvalho et al., 2005)

As modalidades cirúrgicas mais usadas são a curetagem periapical, a apicectomia, a apicectomia com obturação retrógrada, a apicectomia com instrumentação e obturação do canal radicular via retrógrada e a obturação do canal radicular simultânea ao ato cirúrgico. (Rossi et al., 2014)

A cirurgia Endodôntica, usualmente, envolve a secção de uma porção do ápice radicular e a preparação da raiz, bem como, o seu preenchimento. O propósito da obturação retrógrada é selar o canal, de forma a prevenir a passagem de bactérias ou das suas toxinas do espaço canal para os tecidos periapicais. (Sanxena et al., 2013)

A formação de novo cimento na superfície da raiz cirurgicamente exposta e no material de de preenchimento apical é essencial para a regeneração do periodonto. (Cohen, Hargreaves, 2007)

A cirurgia Endodôntica pode ser de dois tipos: (Kim et al., 2001)

- 1) Cirurgia apical- Realização da apicetomia e posteriormente a retrobturação;
- 2) Cirurgia Perirradicular- Correção dos erros de procedimento, hemissecação e

amputação radicular, reimplantação, fraturas radiculares e extrusão intencional.

Primeiramente devem ser realizadas radiografias periapicais com várias angulações, para concluirmos quanto a presença de curvaturas radiculares, a posição do ápice, número de raízes e ainda determinar o comprimento da raiz. (Kim et al., 2001)

Deve ser realizada a assepsia extra-oral com iodo polivinilpirrolidona com 1% de iodo ativo e assepsia intra-oral com gluconato de clorexidina a 0,12% e realizada a anestesia com vasoconstritor. (Rossi et al., 2014)

A forma de administração de anestésico deve ser realizada primeiramente na mucosa alveolar, na região do ápice da raiz vestibular, efetuando também a mesma técnica anestésica em dois ou três dentes para cada lado do dente a tratar. Geralmente, a infiltração palatina ou lingual também é necessária, embora a quantidade de anestésico seja muito inferior relativamente à infiltração vestibular primária. A cirurgia só deverá começar após 10 minutos da administração do anestésico. (Cohen, Hargreaves, 2007)

No caso de serem dentes posteriores mandibulares, deverá ser realizado o bloqueio dos nervos: alveolar inferior, bucal e lingual. (Rossi et al., 2014)

A técnica de incisão e o desenho do retalho devem ser decididos tendo em conta os parâmetros clínicos e radiográficos. Os parâmetros clínicos a relevar são: a exigência estética do paciente, a condição, o biótipo e a largura dos tecidos gengivais, a presença de uma restauração marginal. Os parâmetros radiográficos consistem na localização e extensão da lesão periapical e no estado do periodonto marginal. Contudo a recessão gengival (encolhimento da papila gengival e formação de tecido cicatricial) é frequente na cirurgia apical. (Von Arx, 2010)

O cirurgião deve ter em conta várias características, como a inserção do freio labial, a largura da gengiva inserida, a altura e a largura da papila, a eminência óssea e as margens da coroa. Os vasos sanguíneos suprapariosteais da gengiva inserida estendem-se da mucosa alveolar e seguem paralelamente ao longo eixo dos dentes, situando-se na camada

superficial do periósseo. Uma incisão vertical corta menos vasos, diminuindo o sangramento e não provocando o suprimento sanguíneo do tecido coronal. (Cohen, Hargreaves, 2007)

Uma vez realizado o deslocamento tecidual, a cortical óssea à volta da porção final da raiz é removida e assim localizada a raiz a seccionar. (Von Arx, 2010)

Dois princípios que regem a remoção biológica de osso para o acesso radicular são: o tecido duro deve ser preservado e a geração de calor deve ser minimizada. A elevação da temperatura nos tecidos ósseos acima da temperatura corporal normal é prejudicial. Dois fatores que determinam o grau de lesão: qual o aumento de temperatura e o tempo desse aumento. O corte com brocas esféricas produz uma ferida com menor reação inflamatória, o que é mais favorável para uma rápida cicatrização. O uso de refrigeração é essencial, caso não seja usada pode prejudicar a cicatrização óssea. (Cohen, Hargreaves, 2007)

A osteotomia deve possuir 4 a 5mm. No caso de passar os 10mm, existe uma grande probabilidade de preenchimento da cavidade óssea com tecido fibroso em vez de tecido ósseo, tornando a cicatrização mais lenta e dolorosa. (Kim et al., 2001)

O tecido patológico periapical é curetado, aumentando o campo de visão. A próxima etapa é a secção da porção terminal da raiz. Geralmente é recomendada uma secção radicular de 3mm para remoção do delta apical. (Von Arx, 2010)

Aproximadamente 75% dos dentes apresentam anomalias ou alterações anatômicas (canais laterais ou acessórios) nos 3mm apicais do dente. Uma ressecção apical de aproximadamente 3mm deve incluir a maioria dos canais acessórios e dos canais laterais e, assim, eliminar a maioria dos microorganismos e irritantes residuais. (Cohen, Hargreaves, 2007)

Após a recessão apical, nenhum tecido patológico apical pode estar presente, especialmente na região lingual/ palatina da raiz. É agora necessário realizar a inspeção da raiz seccionada e o controlo da hemorragia. É necessário procurar canais acessórios, istmos, presença de degraus entre o obturador e as paredes do canal, áreas não negociadas. (Von Arx, 2010)

O preparo da retrocavidade é um passo crucial no estabelecimento do selamento apical. O objetivo é fazer uma cavidade no ápice que seja dimensionalmente adequado para a colocação de material retroobturador e ao mesmo tempo evite danos desnecessários às estruturas radiculares. O preparo ideal é uma classe I, executada ao longo do longo eixo do dente até uma profundidade de, pelo menos, 3mm. Tradicionalmente é utilizado um micromotor com uma broca para este propósito. Atualmente são frequentemente usados os ultrassons (menor risco de perfuração apical e menor formação de smear-layer). (Cohen, Hargreaves, 2007)

Muitos materiais têm sido sugeridos ao longo dos anos para realização da obturação incluindo: amálgama, cimento de óxido de zinco e eugenol, EBA (ácido benzoico), Super EBA, cimento de policarboxilato, cimento de ionômero de vidro, gutta-percha, teflon, cavit, MTA, etc. O mais utilizado é o MTA, pois é o mais compatível e com resultados mais previsíveis em cirurgia endodôntica. (Saxena et al., 2013)

O MTA evita a infiltração e o seu endurecimento não é influenciado pela presença de sangue. (Cohen, Hargreaves, 2007)

Antes do encerramento do retalho, o campo cirúrgico deve ser cuidadosamente inspecionado e lavado. A adaptação das margens cirúrgicas deve ser realizada com suturas (5-0;6-0;7-0) contínuas únicas. Uma leve compressão com uma gaze deve ser efetuada para conduzir ao contato do tecido periodontal com o osso. A sutura deve ser removida após 3-5 dias da cirurgia. A prescrição de antibióticos não está comprovada que tenha benefícios pós-operatórios. (Von Arx, 2010)

Os AINES são os medicamentos de escolha para o tratamento da dor pós-operatória. O ibuprofeno 400 a 800 mg ou equivalente é administrado antes ou imediatamente após a cirurgia e podem ser mantidos por vários dias no pós-operatório dependendo das necessidades. Quando é necessário um alívio adicional da dor podem ser prescritos narcóticos como a codeína, hidrocodone ou tramadol juntamente com o AINE padrão. (Cohen, Hargreaves, 2007)

O sucesso do tratamento pode depender mais do controlo da proliferação epitelial do que do tratamento do ápice, portanto em alguns casos a regeneração tecidual guiada é indicada. (Cohen, Hargreaves, 2007)

Os clínicos devem utilizar o microscópio cirúrgico para melhorar a performance da cirurgia, através da magnificação e iluminação. A utilização de tecnologias de microcirurgia na cirurgia apical permite uma incisão precisa, levantamento dos tecidos, realização de osteotomia, utilização de instrumentos sônicos e ultrassônicos, diminuindo o trauma no paciente e complicações pós-cirúrgicas. (Von Arx, 2010)

Concluindo, quando ocorrem fraturas de instrumentos Endodônticos ultrapassando o foramen apical, e existir a impossibilidade técnica de a remover via canal, a remoção através da cirurgia pararendodôntica com curetagem apical, mostra-se uma alternativa eficaz para a solução do problema evitando assim extrações precipitadas. (Rossi et al., 2014)

## 8. Outras soluções

### i. Obturação até ao instrumento

Vários materiais Endodônticos têm sido preconizados para a obturação do espaço radicular. A maioria das técnicas preconiza um tipo de cone e um cimento. Independentemente do cone, o cimento é essencial em todas as técnicas e produz o selamento hermético contra fluídos tecidulares. Este procedimento deve ser realizado sob condições assépticas, com isolamento absoluto. (Cohen, Hargreaves, 2007)

Irrigantes e outros medicamentos intracanalares (Hidróxido de cálcio) são coadjuvantes necessários para aumentar o efeito antimicrobiano da limpeza mecânica e, portanto, da eficácia clínica em geral. (Cohen, Hargreaves, 2007)

A primeira questão que devemos colocar aquando da fratura de uma lima é se existe a possibilidade de realizar o bypass. Se esta técnica não for possível, nem a remoção do

segmento por qualquer técnica acima referida for viável, então devemos obturar até ao instrumento fraturado, realizando anteriormente uma desinfecção eficaz. (Parashos et al., 2006)

A incorporação do fragmento na obturação do canal melhora consideravelmente o prognóstico do dente. (Shiyakov et al., 2014)

Desta forma conseguimos evitar as problemáticas do desgaste dentinário excessivo e consequente fragilização radicular e o risco da realização de perfurações. (Parashos et al., 2006)

Esta solução promove um melhor prognóstico quando a fratura ocorre na fase final da instrumentação sendo que o canal foi conformado e corretamente desinfetado, o que não acontece com a fratura numa fase precoce do tratamento. Estes casos devem ser regularmente controlados, se os sintomas se mantiverem, deverá ser ponderada a cirurgia apical. (Cohen, Hargreaves, 2007)

## ii. Remoção com a utilização do Laser

A terapia com base no laser, tem vindo a ser usada na Medicina Dentária e atualmente representa uma forma muito válida para realização de tratamentos. (Siqueira et al., 2015)

O laser é constituído por um meio ativo sólido, formado por um semi- condutor que frequentemente é uma combinação de gálio, arsénio e outros elementos como o alumínio e o índio para transformar a energia elétrica em luminosa. O comprimento de onda do laser ronda os 800 a 980nm, sendo a sua potência de 0,5W e 15W.

Em função da potência, os laseres podem ser classificados como:

1. De baixa potência- Emitem uma radiação infravermelha, com uma potencia média de 1 a 100mW. Têm como funções a bio-estimulação dos tecidos e a ação analgésica e anti-inflamatória.
2. De alta potência- Possuem potencias que variam de 1 a 15W. São os usados em Endodontia.

Podem ser emitidos de forma continua ou pulsátil. (Larrea- Oyarbide, et al., 2004)

Os princípios dentários contemporâneos recomendam, sempre que possível, optar por tratamentos não invasivos. Neste contexto, o laser de Yag tem ganho popularidade nos últimos anos. Esta tecnologia é uma alternativa aos instrumentos rotatórios, proporcionando ao paciente maior conforto por diminuição da vibração, pressão e barulho. (Borsatto et al., 2013)

O laser tem sido profundamente estudado para a remoção de obstruções, realizando apenas um pequeno desgaste dentinário, o que reduz o potencial de fratura radicular, e com uma lima H é realizada a sua remoção ou o bypass. O laser pode ainda atuar, derretendo o fragmento no interior do canal. No entanto, este aumento de temperatura, provocado pelo laser pode levar a danos dos tecidos periodontais. (Mandarati et al., 2013)

## 9. Questões Médico-Legais

A literatura conclui que a fratura de instrumentos rotatórios de NiTi não é frequente, mas tem implicações médico-legais. (Parashos et al., 2006)

A fratura de um instrumento é uma frustração para o Médico Dentista, sendo um problema avisar o paciente desta ocorrência, no entanto, legalmente tem de ser feito. Esta informação tem de ser baseada nas consequências desta ocorrência bem como na influência do sucesso, complicações que possam ocorrer bem como os tratamentos necessários. Para ultrapassar esta questão, o paciente deve ser informado que, consoante os casos, se pode remover o fragmento, deixar no local, realizar o bypass ou ainda uma cirurgia. (Simon et al., 2008)

### III. Conclusão

A Endodontia, a par das outras vertentes da Medicina Dentária, tem evoluído para proporcionar cuidados de qualidade aos pacientes diminuindo ou controlando a dor, bem como reduzir a probabilidade da ocorrência de erros.

Os instrumentos rotatórios de NiTi, um metal exótico, são duas a três vezes mais flexíveis do que os instrumentos anteriormente preconizados- aço inoxidável, sendo assim, superiores em termos de deflexão angular e torque máximo até a fratura.

Sabemos hoje, que para o sucesso Endodôntico é necessária uma desinfecção primorosa, para eliminar o maior número possível de microorganismos potencialmente patogénicos para os tecidos perirradiculares, e um instrumento fraturado no canal pode ou não comprometer esta desinfecção. Quanto mais cedo ocorrer a fratura, pior prognóstico tem assim o dente, sendo que a conformação canalar para posterior desinfecção não é a melhor. Já numa fase mais avançada do tratamento o prognóstico melhora significativamente.

A fratura de instrumentos, ocorre pela presença de forças de torção, flexão por fadiga cíclica ou pela conjugação destas, sendo influenciada pelos mais diversos fatores como: experiência do operador, anatomia canalar, processo de fabrico, número de utilizações, ciclos de esterilização, torque aplicado, entre outras.

Apesar de não ser um acontecimento muito comum, de acordo com a literatura, cabe ao profissional optar pela melhor solução para cada caso, tendo sempre em conta os prós e os contras da sua ação, após ter avisado o paciente do sucedido, sendo esta uma questão médico-legal de elevada relevância.

O profissional tem à sua disposição variadas opções como: manter o instrumento no canal, realizar a sua remoção, ou então realizar o bypass ao instrumento fraturado. É aconselhado que se tente ultrapassar o fragmento antes da tentativa de remoção.

Para a realização destas, o auxílio do microscópio é uma mais valia, aumentando a visualização e consequentemente o prognóstico do dente.

Estão descritas, na bibliografia, muitas técnicas e instrumentos que podem ser utilizadas aquando da fratura, para assim melhorar o prognóstico.

A localização do instrumento fraturado é considerada como um dos principais fatores a ter em conta para optar por uma decisão quanto à resolução deste problema.

Devemos controlar o número de usos dos instrumentos para assim reduzir a fadiga cíclica destes, bem como realizar um pré- alargamento dos canais de forma manual para a diminuição da fratura por tensão.

No caso da presença de um instrumento fraturado a primeira opção será a realização do bypass, seguidamente a remoção do instrumento, obturação até ao instrumento, cirurgia e por fim a extração.

## Referências Bibliográficas

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

Alapati, S., et al. (2009). Metallurgical Characterization of a New Nickel-Titanium Wire for Rotary Endodontic Instruments. *Journal of Endodontics*, 35, pp. 1589-93.

Al-Fouzan K. (2003). Incidence of rotary ProFile instrument fracture and the potential for bypassing in vivo. *International Endodontic Journal*, 36, pp. 864-7.

Anusavice, K. (1998). *Phillips Materiais Dentários*. Rio de Janeiro. Elsevier

Arens, F., et al. (2003). Evaluation of single-use rotary nickel-titanium instruments. *Journal of Endodontics*, 29, pp. 664-6.

Barekatin, A., et al. (2013). The influence of ultrasound on removal of prefabricated metal post cemented with different resin cements. *Dental Research Journal*, 10, pp. 760-63.

Berutti E., et al. (2003). Comparative analysis of torsional and bending stresses in two mathematical models of nickel titanium rotary instruments: ProTaper versus ProFile. *Journal of Endodontics*, 29, pp. 15-9.

Borsatto, M., et al. (2013). Bond Durability of Er: YAG Laser- Prepared Primary Tooth Enamel. *Brazilian Dental Journal*, 24, pp. 330-34.

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

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

Cohen, S. e Hargreaves, K. (2007). *Cohen Caminhos da Polpa*. Rio de Janeiro. Elsevier

Correia de Sousa, J., et al. (2013). Prevalência da fratura dos instrumentos endodônticos por alunos de pré- graduação: estudo clínico retrospectivo de 4 anos. *Revista Portuguesa de Estomatologia, Medicina Dentária e Cirurgia Maxilofacial*, 54(3), pp. 150-55.

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

Cheung G., Zhang E. e Zheng Y. (2011). A numerical method for predicting the bending fatigue life of NiTi and stainless steel root canal instruments. *International Endodontic Journal*, 44, pp. 357-61.

Di Fiore, P. (2007). A dozen ways to prevent nickel-titanium rotary instrument fracture. *JADA*, 138, pp. 196–201.

Feiz, A., et al. (2013). The influence of ultrasound on removal of prefabricated metal post cemented with diferente resin cements. *Dental Research Journal*, 10, pp. 760-63.

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

Garg, N., Garg, A. (2010). *Textbook of Endodontics*. Índia. Jaypee Brothers Medical Publishers (P) Ltd.

Hanan, A., et al. (2015). Surface Characteristics of Reciprocating Instruments Before and After Use- A SEM Analysis. *Brazilian Dental Journal*, 26(2), pp. 121-7.

Hashem, A. (2007). Ultrasonic Vibration: Temperature Rise on External Root Surface

during Broken Instrument Removal. *Journal of Endodontics*, 33, pp. 1070-3.

Iqbal, M., Kohli M. e Kim J. (2006). A Retrospective 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.

Jiménez-Ortiz, J., et al. (2014). Rotary instrumentation: usage, separation and effect on postoperative endodontic complications. *Revista Odontológica Mexicana*, 18, pp. 27-31.

Kawakami, D., et al. (2015). Effect of different torques in cyclic fatigue resistance of K3 rotary instruments. *Brazilian Journal of Oral Sciences*, 2, pp. 122-25.

Kim, S., et al. (2001). *Color Atlas of Microsurgery in Endodontics*. United Kingdom. Saunders.

Larrea- Oyarbide, N., et al. (2004). Aplicaciones del láser de diodo en Odontología. *Riverside County Office of Education*, 9, pp.529-35.

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

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

Madarati, A. et al. (2013). Management of intracanal separated instruments. *Journal of Endodontics*, 39, pp. 569-81.

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

29.

Madarati, A., Watts, D., Qualtrough, A. (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.

Martín, B., et al. (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.

Oliveira Santos, S., et al. (2014). Tratamento Endodôntico Em Dentes Com Instrumentos Fraturados: Relato De Um Caso Clínico. [Em linha]. Disponível em <<http://dx.doi.org/10.1016/j.rpemd.2014.11.196>> [Consultado em 3/04/2016].

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.

Orso, V., et al. (2006). Cirurgia Parendodôntica: quando e como fazer. *Revista da Faculdade de Odontologia de Porto Alegre*, 47, pp. 20-3.

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

Parashos, P., Gordon I. e Messer H. (2004). Factors influencing defects of rotary nickel-titanium endodontic instruments after clinical use. *Journal of Endodontics*, 30, pp. 722-5.

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

Park, SY., et al. (2010). Dynamic torsional resistance of nickel-titanium rotary instruments. *Journal of Endodontics*, 36, pp. 1200–4.

Pedir, S., et al. (2016). Evaluation of the Factors and Treatment Options of Separated Endodontic Files Among Dentists and Undergraduate Students in Riyadh Area. *Journal of Clinical and Diagnostic Research*, 10(3), pp. 18-24.

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

Plotino, G., et al. (2009). A Review of Cyclic Fatigue Testing of Nickel- Titanium Rotary Instruments. *Journal of Endodontics*, 35, pp.1469-76.

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

Prado, M., et al. (2012). Removal of a silver cone by using clinical microscope and ultrasound: Case report. *Dental Press Endodontics*, 2, pp. 46-50.

Rossi, R., et al. (2013). Cirurgia Parendodôntica para Remoção de Instrumento Fraturado: Relato de Caso. *Brazilian Journal of Surgery and Clinical Research*, 5, pp. 51-4.

Ruddle, C. (2002). Broken Instrument Removal: The Endodontic Challenge. *Dentistry Today*. [Em linha]. Disponível em <<http://www.dentistrytoday.com/endodontics/997>> [Consultado em 3/04/2016].

Ruddle, C. (2004). Nonsurgical retreatment: post & broken instrument removal. *Journal of*

Endodontics, [Em linha]. Disponível em <[http://www.endoforum.ru/doc/PostsBrknInstrmts\\_Dec2004.pdf](http://www.endoforum.ru/doc/PostsBrknInstrmts_Dec2004.pdf)>. [Consultado em 3/04/2016].

Sattapan, B., et al. (2000). Defects in Rotary Nickel-Titanium Files After Clinical Use. *Journal of Endodontics*, 26, pp. 161-5.

Saxena, P., et al. (2013). Biocompatibility of root-end filling materials: recent update. *Restorative Dentistry and Endodontics*, 38, pp. 119-127.

Sbababinejad, H., et al. (2013). Influence of Fractured Instruments on the Success Rate of Endodontic Treatment. *Journal of Endodontics*, 39, pp. 824-28.

Shiyakov, K., et al. (2014). Success For Removing Or Bypassing Instruments Fractured Beyond The Root Canal Curve- 45 Clinical Cases. *Journal of IMAB*, 20, pp.567-71.

Simon, S., et al. (2008). Influence of Fractured Instruments on the Success Rate of Endodontic Treatment. *DentalUpdate*, 35, pp. 172-79.

Siqueira, M., et al. (2015). A terapia com laser em especialidades odontológicas. *Revista Cubana de Estomatologia*, 52, pp.143-49.

Soares, I. e Goldberg, F. (2001). *Endodontia- Técnica e Fundamentos*. Porto Alegre. Artmed

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

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

Tsao, C., et al. (2013). Rotary instrumentation: usage, separation and effect on

postoperative endodontic complications. *International Endodontic Journal*, 46, pp. 379-88.

Vivekananda, A., et al. (2013). Retrieval of a metallic obstruction from the root canal of a premolar using Masserann technique. *Contemporary Clinical Dentistry*, 4, pp. 543–546.

Von Arx, T. (2010). Apical surgery: A review of current techniques and outcome. *The Saudi Dental Journal*, 23, pp. 9-15.

Wefelmeier, M., et al. (2015). Removing Fractured Endodontic Instruments with a Modified Tube Technique Using a Light- Curing Composite. *Journal of Endodontics*, 41, pp. 733-36.

Ye, J. e Gao, Y. (2012). Metallurgical Characterization of M-Wire Nickel-Titanium Shape Memory Alloy Used for Endodontic Rotary Instruments during Low- cycle Fatigue. *Journal of Endodontics*, 38, pp.105-7.









