



INSTITUTO UNIVERSITÁRIO EGAS MONIZ

MESTRADO INTEGRADO EM MEDICINA DENTÁRIA

**EM QUE CASOS PODE ESTAR INDICADO A UTILIZAÇÃO DA
ENDODONTIA GUIADA ?**

Trabalho submetido por
Doria Debabeche
para a obtenção do grau de Mestre em Medicina Dentária

Fevereiro de 2020



INSTITUTO UNIVERSITÁRIO EGAS MONIZ

MESTRADO INTEGRADO EM MEDICINA DENTÁRIA

**EM QUE CASOS PODE ESTAR INDICADO A UTILIZAÇÃO DA
ENDODONTIA GUIADA?**

Trabalho submetido por
Doria Debabeche
para a obtenção do grau de Mestre em Medicina Dentária

Trabalho orientado por
Prof. Doutor Diego Velázquez

e coorientado por
Mestre Carlos Franco

Fevereiro de 2020

Dedicatória

Aos meus pais, por todo o apoio e
força que sempre me transmitiram
durante este longo caminho.

Agradecimentos

Em primeiro lugar, quero agradecer ao meu orientador Prof. Doutor Diego Velazquez e ao meu coorientador Carlos Franco , por toda a ajuda interesse, dedicação, paciência e disponibilidade que demonstraram desde o primeiro momento em que abraçamos esta caminhada.

Ao Instituto Universitário Egas Moniz, por ser a casa que, durante 5 anos, me acolheu e me ensinou a profissão que quero exercer e que me permitiu aprender com brilhantes docentes.

Um imenso agradecimento aos meus pais, por sempre me apoiaram desde o início. Por acreditar em mim e por me permitir alcançar a melhor profissão do mundo. Obrigada por todos os sacrifícios que eles fizeram e os aconselhamentos durante todos estes anos. Obrigada por toda a força e dedicação.

Aos meus irmãos Magid e Anis, pelo apoio e amor. São tudo na minha vida. Um obrigado profundo.

Quero agradecer minha colega de box Nisrine e Sarah, minhas irmãs do coração por estar sempre presentes , por me fazer evoluir, crescer e sempre acreditar em mim. Obrigada por contribuir pela minha felicidade de todos os meus dias e por tornar os seus últimos anos uma experiência incrível e inesquecível.

Um agradecimento à Andreia o meu anjo da guarda que me ensinou tanto, ao Carlito, Robin, Marta , Luisa , Catarina, Kristel, Paulo, Berta , Myriam, Sonia , Kheira ,Amel, Ion, Jess ,Christophe , Enzo, Corentin A, Corentin J, Kimito , Mehdi , Dim , Maxime, Paul , Madalena, Rita. Também, aos amigos que conheci antes ou nesta casa Egas Moniz e que embelecaram toda a perspectiva, desta aventura, que levo para a vida.

Obrigada por me ajudarem a concluir esta etapa final. Um bem-haja por partilharmos as alegrias e as tristezas desta vida académica. Sem vocês nesta aventura, não teria sido a mesma coisa.

Resumo

A grande evolução digital que presenciamos no dia-a-dia estende-se também à medicina dentária e as tecnologias digitais podem ser aplicadas em vários campos da prática clínica. A informação digital imagiológica obtida a duas e três dimensões pode atualmente ser conjugada com um *scanner* intraoral que permite a criação de uma guia auxiliar à Endodontia. Com esta abordagem, pode-se considerar uma diferente resolução de casos de dificuldade mais elevada como dentes com canais calcificados e cirurgia endodôntica. Essas duas principais aplicações são descritas nesta monografia, juntamente com suas vantagens e inconvenientes. O acesso microguiado pode ser projetado para a localização do canal radicular, enquanto uma abordagem cirúrgica endodôntica guiada pode resultar em osteotomia precisa e ressecção da raiz. Embora o nível de evidência seja baixo e a metodologia descrita entre os estudos seja heterogênea, todos os artigos descrevem a preparação da cavidade de acesso guiado e a cirurgia guiada como sendo técnicas altamente precisas e bem-sucedidas quando se compara o caminho perfurado com o tratamento planejado. Outro desafio na utilização das guias é obter uma irrigação ótima durante o procedimento. Os clínicos devem, portanto, recorrer ao uso de brocas com boa eficiência de corte e à irrigação e limpeza das brocas para minimizar a iniciação ou propagação de fissuras.

Mais estudos com um número maior de pacientes são necessários para se obter conclusões significativas.

Palavras-chave: CBCT, acesso guiado , endodontia guiada , cirurgia guiada , modelo impresso 3D

Abstract

The big digital evolution that we witness on a daily basis also extends towards dentistry and the digital technologies can be applied in several areas of a dentist clinical practice.

The imagiologic digital information that we can obtain in two and three dimensions can now be added with an intraoral scanner that allows the manufacturing of an auxiliary endodontic guide. With this approach, a different solution can be taken into account when solving cases of higher difficulty such as pulp canal calcification and endodontic surgery. These two main applications are described in this monograph, together with their advantages and disadvantages. The microguided access can be designed to locate the root canal, while a guided endodontic surgical approach can result in precise osteotomy and root resection. Although the level of evidence is low and the methodology described among the studies is heterogeneous, all articles describe the preparation of the guided access cavity and the guided surgery as highly accurate and successful techniques when comparing the perforated path with the planned treatment. Another challenge in using the guides is to obtain optimal irrigation during the procedure. Clinicians should therefore use drills with good cutting efficiency and irrigation and cleaning of the drills to minimize crack initiation or propagation.

Further studies with a larger number of patients are needed to obtain meaningful conclusions.

Key words: CBCT , guided access endodontics , guided endodontics surgery , 3D printed model.

ÍNDICE

ÍNDICE.....	5
ÍNDICE DE FIGURAS	7
ÍNDICE DE TABELAS	9
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	11
LISTA DE ABREVIATURAS.....	13
I. INTRODUÇÃO	15
II. DESENVOLVIMENTO.....	17
1. PROTOCOLO DE AQUISIÇÃO DE IMAGENS:	17
1.1 ANÁLISE RADIOGRÁFICA E CBCT EM ENDODONTIA	17
2. MODELOS DIGITAIS :	21
3. CONFEÇÃO DA GUIA 3D EM ENDODONTIA GUIADA.....	24
3.1. IMPRESSÃO :	24
3.2. DESENHO:.....	25
3.3. FABRICAÇÃO:.....	27
4. APLICAÇÕES ENDODÔNTICAS DAS GUIAS IMPRESSAS EM 3D :	29
4.1. MODELOS EDUCATIVOS E SIMULAÇÃO CLÍNICA.....	29
5. TRATAMENTO NÃO CIRÚRGICO: ACESSO ENDODÔNTICO GUIADO.	31
5.1. CANAIS CALCIFICADOS	31
5.1.1. PROCEDIMENTO CLÍNICO:	32
5.2. ACESSO EM DENTES COM ANOMALIAS DENTARIAS :	38
5.2.1. <i>DENS EVAGINATUS</i> :	39
5.2.2. <i>DENS INVAGINATUS</i> :	41
5.3. VANTAGENS/ LIMITAÇÕES :	43
6. TRATAMENTO CIRURGICO : CIRURGIA ENDODÔNTICA GUIADA.....	48
6.1. INDICAÇÕES / CONTRA-INDICAÇÕES :	49
6.2. PROCEDIMENTO CLINICO :	51
6.3. VANTAGENS/ LIMITAÇÕES :	55
III. CONCLUSÃO :	57
IV. BIBLIOGRAFIA:	59

Índice de Figuras

Figura 1- Detecção de periodontite apical usando radiografias convencionais e CBCT. (Adaptado de Gaudin et al., 2019).....	18
Figura 2- Caso clínico de lesão periapical envolvendo incisivos superiores direitos centrais e laterais (Adaptado de Gaudin et al., 2019).....	19
Figura 3- Fraturas radiculares horizontais após traumatismo dentário nos incisivos centrais da mandíbula (Gaudin et al., 2019).....	20
Figura 4- Sobreposição digital do arquivo DICOM (cinza) e do arquivo STL (azul) adaptado de (Pascual & Vaysse, 2016).....	22
Figura 5- Planeamento 3D para a guia endodôntica e sua aplicação no paciente (adaptado de van der Meer et al., 2016).....	24
Figura 6- A CBCT do arco mandibular e os dados STL de superfície de uma imagem intraoral do arco mandibular podem ser combinados pela identificação de três pontos de referência (amarelo, azul e laranja). Imagens do SICAT Endo® (SICAT, Bonn, Alemanha).....	26
Figura 7- Planeamento virtual do acesso microguiado adaptado de (Gaudin et al., 2019).....	28
Figura 8- Planeamento virtual da cirurgia microguiada. Imagens do SICAT Endo® (SICAT, Bonn, Alemanha) (adaptado de Gaudin et al., 2019).....	28
Figura 9- Exemplo de guia e broca que pode ser usada para endodontia microguiada (adaptado de Gaudin et al., 2019).....	29
Figura 10- Aplicações de impressão 3D (adaptado de Anderson et al., 2018).....	30
Figura 11- Imagem radiográfica de um incisivo maxilar traumatizado (adaptado de Buchgreitz et al., 2019).....	33

Figura 12- Endodontia guiada não cirúrgica. O dente anterior com PCO. b Guia direcional impressa em 3D com suporte de dentes, colocada após o isolamento. c Procedimento de perfuração com uma única broca calibrada em profundidade. d Conclusão do tratamento endodôntico não cirúrgico (adaptado de Anderson et al., 2018).....	35
Figura 13- Brocas <i>Endoburs</i> (SS White Burs Inc., Lakewood, NJ, USA) fonte de internet https://www.endoexperience.com/documents/endoguide-product-learning.pdf	36
Figura 14- Procedimento clínico com guia <i>Optiguide</i> (adaptado de Buchgreitz et al., 2019).....	38
Figura 15- Reconstrução tridimensional do desenho da guia para o tratamento endodôntico guiado (adaptado de Mena-Álvarez et al., 2017).....	40
Figura 16- A) Follow-up de 1 ano , CBCT sagital, axial e cortes transversais coronais. (adaptado de Mena-Álvarez et al., 2017).....	41
Figura 17- Classificação de Oehler de dens invaginatus (adaptado de Thakur et al., 2014).....	42
Figura 18- Conversão do arquivo <i>Digital Imaging and Communications in Medicine</i> em um arquivo de estereolitografia num caso de canal de DI tipo II (adaptado de Zubizarreta Macho et al., 2015).....	43
Figura 19- Tratamento cirúrgico endodôntico auxiliado por uma guia cirúrgica impressa em 3D (adaptado de Anderson et al., 2018).....	52
Figura 20- Os instrumentos piezoelétricos (B6,B7) fonte de internet https://www.swallowdental.co.uk/w-h-piezomed-instruments.html	54
Figura 21- Planeamento de tratamento de uma microcirurgia endodôntica guiada em dentes posteriores superiores (adaptado de Strbac et al., 2017).....	54

Índice de Tabelas

Tabela 1- Contra-indicações locais e gerais da microcirurgia endodôntica (fonte : Chong & Rhodes, 2014).....	50
---	----

Índice de Gráficos

Gráfico 1- A perda total de substância (mm ³) da técnica convencional e endodontia guiada (adaptado de Connert et al., 2019).....	45
--	----

Lista de abreviaturas

2D: Duas dimensões

3D: Três dimensões

AAE: *American Association of Endodontists*

AAOMR: *American Academy of Oral and Maxillofacial Radiology*

CBCT: *Cone beam computed tomography*

CNC: Controle numérico computadorizado

TC: tomografia computadorizada

DE: *Dens Evaginatus*

DI: *Dens Invaginatus*

DICOM: *Digital Imaging And communications in Medicine*

ME: Microcirurgia Endodôntica

MTA: *Mineral Trioxide Aggregate*

SIO: Scanner Intraoral

OCP: Obliteração do Canal pulpar

PA: Periodontite Apical

TCR: Tratamento do Canal Radicular

STL: Estereolitografia

RM: Ressonância Magnética

I. Introdução

A endodontia é uma área da Medicina Dentária que visa a prevenção, diagnóstico e tratamento de doenças da polpa e da região periapical (Moreno-Rabié et al., 2020).

O objetivo do tratamento endodôntico é eliminar o tecido pulpar infetado e criar um ambiente que permita a cura dos tecidos periapicais e previna o desenvolvimento da periodontite apical. Através da remoção do tecido afetado, a selagem do tecido periapical e posterior restauração da estrutura dentária coronária, os dentes afetados mantêm-se em boca (Alley et al., 2004).

Durante a remoção de tecido afetado e obturação do canal podem surgir alguns desafios devido à morfologia do canal e história clínica do paciente. A obliteração do canal pulpar (OCP) ou metamorfose calcificante é a deposição de tecido duro no canal radicular (McCabe & Dummer, 2012). É comumente associado em dentes com história de trauma (McCabe & Dummer, 2012; Oginni et al., 2009) , após tratamento ortodôntico em resposta a lesões pulpares originadas em lesões de cárie dentária, procedimentos restauradores ou abfrações e em dentes de pacientes idosos (Moreno-Rabié et al., 2020).

Nesses casos, se o tratamento de canal radicular for indicado, será mais desafiador quando comparado com um dente de canal largo (Robertson et al., 1996). A cavidade de acesso será difícil (McCabe & Dummer, 2012), e de acordo com Cvek et al., (1982) existe uma maior probabilidade de falha (20%) durante o tratamento.

Outro caso que se pode tornar desafiante é o acesso ao terço apical da raiz durante a cirurgia periapical, pois requer precisão para alcançar o alvo apical sem danificar as estruturas anatómicas vizinhas. Portanto, o uso da *Cone beam computed tomography* (CBCT) é indicado em alguns casos (Anderson et al., 2018).

O CBCT pode ser usado em situações difíceis, nos quais as radiografias convencionais não fornecem informações suficientes sobre a morfologia do dente e seu entorno (Shanon Patel et al., 2019).

Esta informação 3D (3 dimensões) pode ser adicionada à informação das superfícies topográfica dos dentes adquirida com um *scanner* intraoral, com o objetivo de projetar e imprimir uma guia de tratamento em 3D (Anderson et al., 2018; Dawood et al., 2015).

Tendo por base esta tecnologia, o conceito de Endodontia guiada foi recentemente introduzido. Neste tipo de abordagem, guias desenhadas em computador são utilizadas para a preparação da cavidade de acesso (Krastrl et al., 2016; van der Meer et al., 2016) e cirurgia endodôntica (Strbac et al., 2017) alcançando resultados previsíveis e seguros (Anderson et al., 2018). Estudos pré-clínicos têm relatado uma alta precisão do procedimento que demonstra não ser influenciado pela experiência do operador. Além disso, o uso de uma guia de tratamento pode reduzir o tempo de trabalho clínico (Connert et al., 2019; Zehnder et al., 2016).

Este novo conceito pode ajudar os clínicos durante os tratamentos, evitar a remoção desnecessária de tecido e complicações melhorando assim o prognóstico do tratamento (Connert et al., 2019; Zehnder et al., 2016). No entanto, é necessária uma revisão e avaliação da qualidade da literatura.

Existem duas abordagens na Endodontia guiada:

- Tratamento não cirúrgico: Acesso Endodôntico Guiado com guia ortogonal.
- Tratamento cirúrgico: Microcirurgia guiada.

Deste modo, esta monografia pretende avaliar a literatura existente quanto às aplicações clínicas, precisão e limitações do tratamento Endodôntico Guiado, com foco específico na preparação da Cavidade de Acesso Endodôntico Guiado e na Cirurgia Endodôntica Guiada.

A linha de trabalho para realizar a nossa revisão bibliográfica, consiste na pesquisa de artigos nas seguintes bases de dados : PubMed, Cochrane, Scopus, Google Academics e B-On dos últimos 10 anos.

II. Desenvolvimento

1. Protocolo de aquisição de imagens:

1.1. Análise Radiográfica e CBCT em Endodontia

A imagem radiográfica é parte integrante do diagnóstico endodôntico e dos procedimentos terapêuticos.

A CBCT é um método que produz imagens tridimensionais não distorcidas de estruturas maxilofaciais, incluindo dentes e seus tecidos circundantes, com uma dose de radiação efetiva menor do que as tomografias médicas. Em comparação à radiografia bidimensional (2D), a CBCT oferece várias vantagens pois a terceira dimensão permite uma quantificação das relações e volumes espaciais (Jung et al., 2015). Este é uma ferramenta muito importante em Endodontia, ajudando no diagnóstico de patologias periapicais, morfologia radicular, calcificações e reabsorções, entre outras (Lara-Mendes et al., 2018).

A Tomografia Computorizada (TC) foi introduzida por Sir Godfrey Hounsfield e Allen M.Cormack em 1972. Considera-se que a TC é mais precisa que a Tomografia convencional, uma vez que apresenta uma ampliação uniforme. Quinze anos mais tarde, Schwarz et al., (1987) desenvolveram a técnica da TC dentária, também chamada de Dentscan(DentaScan TM; GE MedicalSystems, Milwaukee, WI), quando utilizaram pela primeira vez reconstruções multiplanares curvadas da mandíbula. Quando a tomografia computadorizada, ou mais especificamente, a tomografia computadorizada de feixe cônico ou CBCT (3D *X-ray imaging*) é usada pré-operatoriamente, para identificar com precisão estruturas vitais como o canal alveolar inferior, o forâmen mentoniano e o seio maxilar, as possibilidades de complicações podem ser reduzidas, assim como o tempo de cadeira e o número de visitas. A tomografia por feixe cônico, em comparação com a tomografia médica tradicional, utiliza menos de 2% da radiação, proporciona maior precisão na área de interesse e é mais segura para o paciente (Dandekeri, 2013).

A *American Association of Endodontists* (AAE) e a *American Academy of Oral and Maxillofacial Radiology* (AAOMR) publicaram uma declaração de posição conjunta sobre a aplicação da CBCT em Endodontia (Fayad et al., 2015). De acordo com sua

declaração, a CBCT não deve ser usada rotineiramente e deve ser limitada a condições endodônticas complexas, tais como:

-Detecção de periodontite apical (PA): Atualmente, o padrão de referência aceita para a detecção radiológica da PA é a radiografia periapical. Entretanto, nos estágios iniciais da PA, a destruição óssea periapical pode ser mínima ou ser mascarada pela anatomia adjacente (Gaudin et al., 2019).

Lofthag-Hansen et al., (2007) encontraram 38% mais lesões periapicais com CBCT do que com radiografias convencionais. Assim, a CBCT deve ser indicado em pacientes que apresentam sinais e sintomas clínicos contraditórios ou não específicos, associados a dentes não tratados ou previamente tratados endodonticamente (Fayad et al., 2015). A CBCT também pode ser indicada para ajudar a afirmar a ausência de uma etiologia odontogénica da dor quando se busca o diagnóstico de causas não odontogénicas de dor (Patel et al., 2015). Na figura 1 podemos observar, no exame radiográfico periapical inicial do canino superior direito (a), a lesão periapical quase não é detetável, enquanto a secção axial da CBCT revela uma lesão que se estende do primeiro pré-molar até o segundo incisivo lateral (b). As lesões periapicais são mais propensas a serem mascaradas pela largura do osso ao nível mandibular: a lesão periapical do primeiro molar mandibular, previamente tratada endodonticamente, é pouco detetável e visível em uma radiografia periapical (c). A CBCT 0,076mm axial e (d) imagens parasagittais demonstram claramente um canal adicional que não foi previamente tratado (Gaudin et al., 2019).

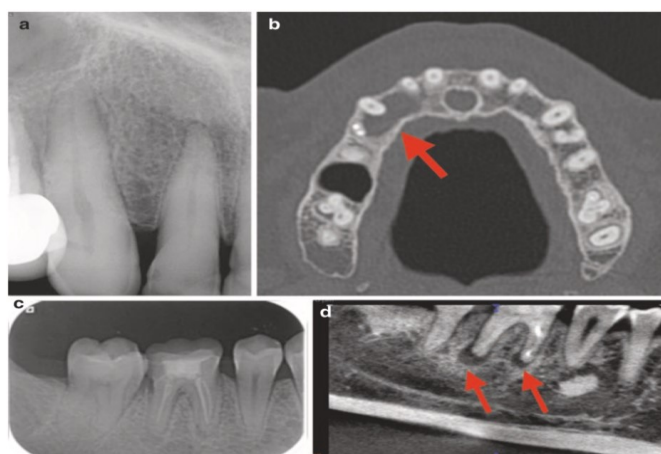


Figura 1- Detecção de periodontite apical usando radiografias convencionais e CBCT (adaptado de Gaudin et al., 2019).

-Cirurgia periapical: No planejamento do acesso cirúrgico em cirurgia endodôntica, a CBCT é útil para fornecer informações precisas sobre o tamanho e a localização da lesão endodôntica. Além disso, os exames da CBCT determinam com precisão a relação das estruturas anatómicas adjacentes (seio maxilar e canal dentário inferior) com os dentes com lesões endodônticas (Gaudin et al., 2019).

-Reabsorção radicular: A detecção e avaliação radiográfica convencional da reabsorção radicular pode ser um desafio. A CBCT ajuda os clínicos a determinar a localização e extensão das reabsorções radiculares. A CBCT permite distinguir entre reabsorção radicular interna e reabsorção cervical externa. Finalmente, os dados recolhidos pela CBCT podem ajudar a determinar se é necessário um tratamento convencional, cirúrgico ou uma combinação de ambos (Gaudin et al., 2019).

Na figura 2, observa-se que a reabsorção radicular da raiz é detetável na radiografia periapical, porém não ajuda no tratamento do caso (a). Na CBCT, a localização da reabsorção é visível no local palatino do ápice do incisivo superior lateral direito (b, c). Este caso tinha sido tratado com uma abordagem combinada. Primeiro, foi realizado o retratamento ortogonal do incisivo central superior direito e o tratamento inicial do incisivo lateral superior direito (d). Em seguida, foi feita a cirurgia periapical, para tratar cirurgicamente a reabsorção radicular externa (e). A cicatrização é completa ao redor dos ápices, e um tecido conjuntivo residual pode ser visto 4 anos após a cirurgia (f) (Gaudin et al., 2019).

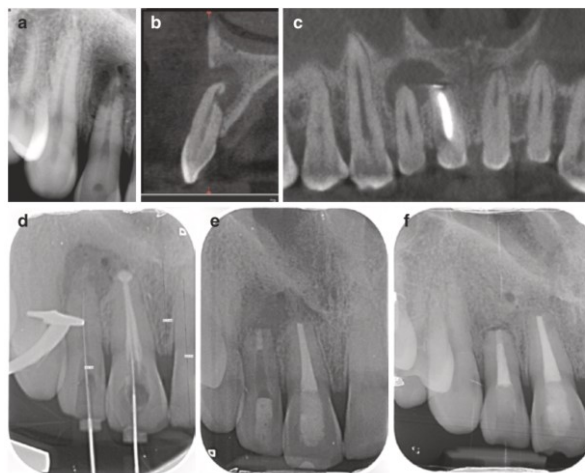


Figura 2- Caso clínico de lesão periapical envolvendo incisivos superiores direitos centrais e laterais. (adaptado de Gaudin et al., 2019).

- **Traumatologia alveolar odontológica:** A CBCT revela uma quantidade considerável de informações sobre a natureza, localização e extensão das lesões dentoalveolares, especialmente nos casos em que as avaliações radiográficas clínicas e convencionais são incertas, como as fraturas radiculares horizontais (Patel et al., 2015). A figura 3 documenta um caso após traumatismo dentário nos incisivos centrais da mandíbula. A radiografia periapical foi feita 1 mês após o trauma. Uma fratura radicular horizontal é facilmente detetada - capaz no incisivo central direito (círculo amarelo). Entretanto, no incisivo central esquerdo, a fratura da raiz horizontal não é visível; observe a lesão óssea ao redor do incisivo central da mandíbula esquerda (a). Fratura horizontal no incisivo central da mandíbula direita na secção da CBCT (b). Fratura horizontal no incisivo central da mandíbula esquerda no corte da CBCT (c) (Gaudin et al., 2019).

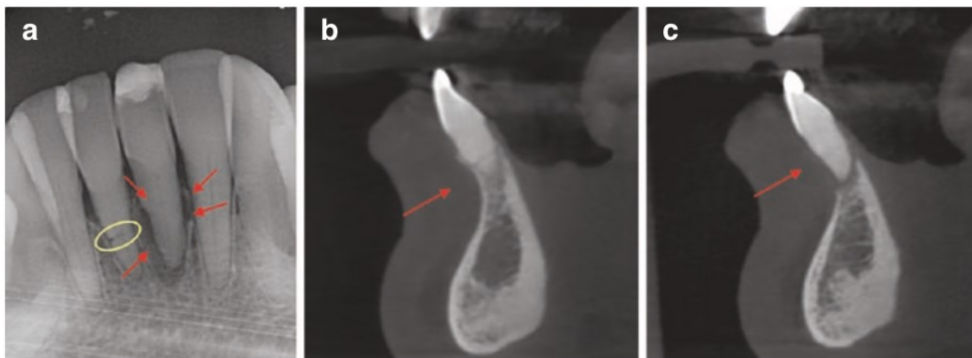


Figura 3- Fraturas radiculares horizontais após traumatismo dentário nos incisivos centrais da mandíbula (adaptado de Gaudin et al., 2019).

- **Anatomia endodôntica complexa:** A CBCT é particularmente útil na avaliação de dentes com anatomia complexa conhecida, como o dens invaginatus e os dentes fusionados (Thakur et al., 2014). Localização, entrada e número de canais radiculares resultam numa identificação previsível e têm a vantagem de minimizar o tamanho da cavidade de acesso.

2. Modelos digitais:

Os computadores são cada vez mais utilizados como ferramenta de apoio ao diagnóstico, planejamento de operações e tratamento em medicina dentária. Eles são utilizados em conjunto com as técnicas modernas de imagem digital, como a TC e a ressonância magnética (RM), para melhorar a visualização das condições anatômicas e fisiológicas (Hassfeld & Mühling, 2001).

Sun et al., (2015) desenvolveram uma plataforma de simulação que permite aos cirurgiões colocar os implantes dentários no local desejado virtualmente e ajustar o comprimento e a angulação dos implantes dentários de forma a alcançar o máximo de resultados funcionais e estéticos. A plataforma é um modelo tridimensional obtido a partir das imagens da tomografia tridimensional ajudando o clínico a simular as diferentes opções de tratamento.

A vantagem de uma operação assistida por computador é especialmente evidenciada nos casos em que se pode fazer uma comparação da cirurgia planejada num modelo de estudo, previamente armazenado num computador, com a situação real do paciente in vivo de modo a apoiar o trabalho do clínico (Hassfeld & Mühling, 2001).

O planejamento pré-cirúrgico baseado em exames de TC e RM, tem sido utilizado nos últimos anos. Através dessas técnicas é possível reproduzir estruturas tridimensionalmente onde uma prototipagem rápida permite converter os dados tridimensionais virtuais em modelos tridimensionais reais utilizando técnicas de triangulação entre os planos de imagens 2D obtidos através de exames TC ou RM (Balem & Alegre, 2010).

A imagem 3D criada a partir da CBCT ou TC é arquivada no formato *Digital Imaging And Communications in Medicine* (DICOM). O formato DICOM é a referência internacional para o processamento de arquivos radiológicos que permite o intercâmbio e a leitura universal de dados radiológicos (Correia & Salgado, 2012). O arquivo DICOM está associado a uma impressão dentária digital em formato Estereolitografia (STL) obtida diretamente por um *scanner* ótico intraoral ou a partir de moldes convencionais obtidos por um *scanner* de laboratório (Coutinho et al., 2015).

O arquivo STL define a geometria da superfície de um objeto. É usado para descrever a superfície do objeto sob a forma de uma rede poliédrica com facetas triangulares. O STL contém informações sobre os tecidos moles da cavidade oral (Obaton et al., 2015). O *matching* consiste na sobreposição de ficheiros DICOM e STL de modo a obter, dentro do software de planeamento, os dados radiológicos e clínicos no mesmo local assim, os arquivos STL e DICOM são sobrepostos digitalmente usando referências dentárias precisas que são facilmente identificáveis (ranhuras, cúspides) (figura 4)(Pascual & Vaysse, 2016).

Os tecidos moles são gravados ligeiramente no arquivo DICOM, mas não o suficiente para serem utilizáveis, eles não têm radio-opacidade suficiente. Os únicos elementos comuns aos dois ficheiros são os dentes, pelo que estes são os elementos que nos permitirão realizar a correspondência (Coutinho et al., 2015).

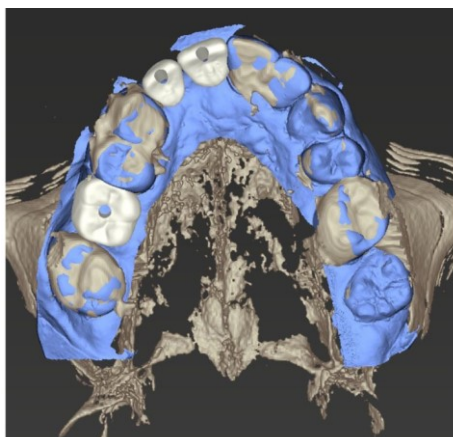


Figura 4- Sobreposição digital do arquivo DICOM (cinza) e do arquivo STL (azul) (adaptado de Pascual & Vaysse, 2016).

Existem vários formatos de imagens que podem ser interpretados pelos sistemas de prototipagem rápida, mas o mais utilizado e aceite como padrão, é o STL visto que pode ser utilizado por impressoras 3D que usam o sistema *Computer-aided design and manufacturing* CAD/CAM (Dandekeri, 2013).

Como foi referido anteriormente, a prototipagem rápida é uma metodologia que consiste na recepção dos dados tomográficos e tratamento desses por software adequado. É assim obtido um modelo anatómico virtual que, após discussão sobre o melhor método ou material a ser utilizado, é confeccionado permitindo ao clínico planejar o procedimento

cirúrgico sendo que a chave para construir um bom modelo é uma boa aquisição de imagem através de tomografia computadorizada (Sun & Zhang, 2012).

A CBCT e os *scanners* intra-orais são cada vez mais utilizados entre os médicos dentistas. Como foi dito anteriormente o *software* CAD vai combinar a tomografia computadorizada de feixe cônico com a tomografia de superfície óptica dos mesmos dentes (Jung et al., 2015).

Essa combinação inovadora da CBCT e imagens introrais foi primeiramente direcionada para o posicionamento dos implantes (Cassetta et al., 2013; Shen et al., 2015).

As imagens da CBCT proporcionam uma representação tridimensional (3D) precisa das estruturas orais, enquanto a imagem da superfície óptica permite a produção de guias cirúrgicas. Com esta abordagem a preparação para um implante pode ser virtualmente planeada em 3D. Como resultado, a colocação do implante pode ser guiada com precisão por um anel de metal que é colocado na guia cirúrgica para controlar a posição da broca. Esta técnica reduz o tempo de intervenção cirúrgica e as complicações pós-operatórias durante os procedimentos de tratamento. Além disso, ao utilizar moldes 3D pré-fabricados, etapas como a produção e encaixe dos moldes radiográficos convencionais são eliminadas. Estes novos princípios da cirurgia de implantes guiados foram recentemente introduzidos em Endodontia como podemos observar na figura 5. O acesso microguiado pode ser projetado para a localização do canal radicular, enquanto uma abordagem cirúrgica endodôntica guiada pode resultar em osteotomia precisa e ressecção da raiz (Zehnder et al., 2016).

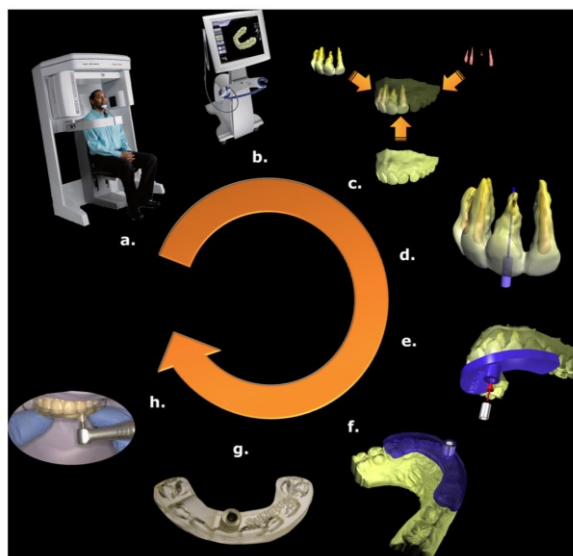


Figura 5- Planejamento 3D para a guia endodôntica e sua aplicação no paciente (adaptado de van der Meer et al., 2016).

3. Confeção da guia 3D em Endodontia guiada

3.1. Impressão :

Um modelo virtual é necessário para o planejamento de tratamentos dos canais radiculares (TCR) ortogonais microguiados ou Microcirurgia Endodôntica (ME) guiado. Os *scanners* intra-orais (SIO) podem ser usados para capturar as impressões óticas diretas necessárias para gerar o modelo virtual. Semelhante a outros *scanners* tridimensionais (3D), o SIO projeta uma fonte de luz (laser ou, mais recentemente, luz estruturada) sobre o objecto a ser digitalizado, neste caso, os dentes a serem tratados endodonticamente. Estes pontos de referencias são então triangulados pelo mesmo software, criando um modelo de superfície 3D (Richert et al., 2017) O modelo de superfície 3D dos tecidos obtidos por impressão ótica é utilizado para planejar a posição das brocas e para desenhar moldes cirúrgicos úteis para a osteotomia durante a ME guiada. Devido à sua maior resolução, a SIO substituiu a antiga técnica de duplo escaneamento por CBCT apenas, que era baseada em escaneamentos radiológicos do paciente e dos modelos de gesso dos pacientes. O uso da SIO permite a detecção de todos os detalhes das superfícies oclusais com maior precisão (Mangano et al., 2017).

Ao considerar a restauração de um dente e próteses parciais fixas de até 4-5 componentes, as impressões óticas são clinicamente satisfatórias e semelhantes às impressões convencionais; entretanto, o escaneamento de tecidos moles pode ser um desafio na área edêntula (Mangano et al., 2017; Shen et al., 2015). Para a cavidade de acesso guiado, a impressão ótica é bastante fácil de se obter, enquanto para as aplicações endodônticas cirúrgicas, as impressões óticas são mais difíceis de se obter porque são necessários mais registros de tecidos moles. Em caso de aplicação endodôntica cirúrgica, uma impressão convencional pode ser feita com polivinil siloxano ou hidrocolóide irreversível (Ahn et al., 2018; Giacomino et al., 2018).

Os dados de digitalização do molde ou da impressão direta permitem a geração de um modelo 3D. Como o planejamento dos implantes o formato digital mais utilizado é o STL aberto (Gaudin et al., 2019).

3.2. Desenho:

Para projetar o modelo, a impressão digital e os arquivos DICOM CBCT são fundidos em softwares de planejamento de implantes (figura 6) como o coDiagnostix® (Dental Wings Inc., Montreal, Canadá), OnDemand3D® (Cybermed Co., Seul, Coréia), Mimics® (Materialise, Leuven, Bélgica) e Blue Sky Plan 3® (Blue Sky Bio, LLC, Grayslake, IL). O SICAT Endo® (SICAT, Bonn, Alemanha) é o único software concebido especificamente para Endodontia (Tchorz et al., 2019).

Em que casos podia estar indicado a utilização da endodontia guiada ?

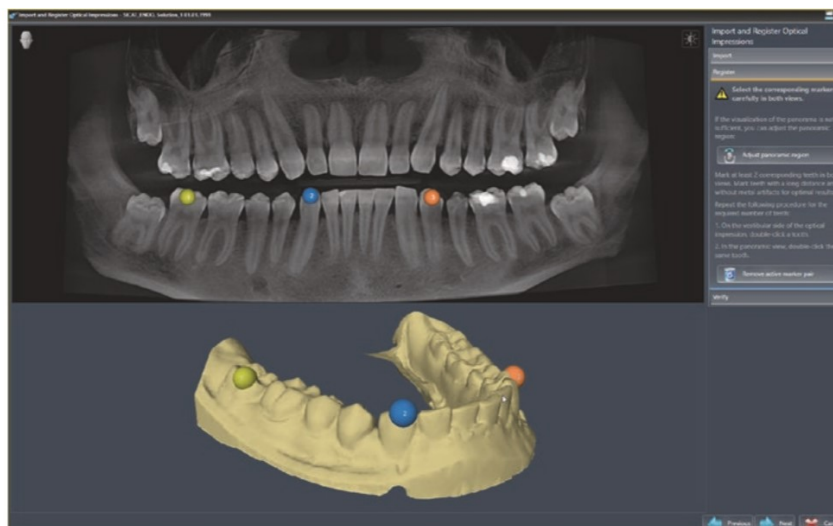


Figura 6- A CBCT do arco mandibular e os dados STL de superfície de uma imagem intraoral do arco mandibular podem ser combinados pela identificação de três pontos de referência (amarelo, azul e laranja). Imagens do SICAT Endo® (SICAT, Bonn, Alemanha) (adaptado de Gaudin et al., 2019).

Para acesso endodôntico microguiado em canais mineralizados, uma cópia virtual da broca que será utilizada é incorporada ao modelo de desenho (figura 7), e sua posição correta é verificada tridimensionalmente. A penetração de profundidade é calculada para que o canal pulpar seja preparado (Connert et al., 2018). Uma pequena abertura deve ser criada para que a broca tenha menos de 0,85 mm de diâmetro com comprimento suficiente para passar pela guia impressa em 3D e passar pela porção coronal e radicular do dente. O comprimento total da broca está entre 20 e 37 mm. Uma guia é personalizada e virtualmente incorporada no planeamento antes da criação da guia 3D (Gaudin et al., 2019).

Para as guias usadas em ME, os pinos de ancoragem tal como as mangas metálicas para o acesso endodôntico microguiado servem para direcionar as brocas aos ápices radiculares. Tal como está representado na figura 8 é possível observar que os dados da CBCT e os arquivos STL são combinados e uma broca virtual é colocada para apontar a raiz mesial do dente. A espessura da placa vestibular, a distância até o ápice e a posição dos diferentes canais podem ser visualizadas para ajudar a decidir se a broca precisa ser ligeiramente inclinada devido a uma possível interferência com as bochechas (Gaudin et al., 2019).

A profundidade da guia é ajustada até que o pino de ancoragem atinja o ápice. A angulação do pino de ancoragem precisa ser ajustada a fim de evitar interferências com os lábios e bochecha bucal. A penetração e angulação da profundidade da broca será controlada por um stop. O tamanho adequado da osteotomia, o grau de ângulo do bisel, a profundidade e o nível de ressecção apical das extremidades radiculares são pré-planeados virtualmente (Ahn et al., 2018). Tanto no acesso endodôntico microguiado como no ME, arquivos de estereolitografia são gerados e exportados para uma impressora 3D (Gaudin et al., 2019).

3.3. Fabricação:

A tecnologia de impressão 3D tem sido aplicada pelos cirurgiões frequentemente. Para seu uso clínico, os arquivos estereolitográficos são exportados para uma impressora 3D para criar um modelo de trabalho. Em Endodontia, impressoras 3D como a Objet Eden 260 V (Stratasys Ltd., Minneapolis, MN, USA) ou Objet350 Connex (Stratasys Ltd., Minneapolis, MN, USA) foram utilizados, mas qualquer impressora 3D que fabrique guias de implantes pode ser utilizada. Existem várias técnicas, materiais e resoluções em 3D. Além disso, os fabricantes de impressoras 3D fornecem uma série de variações nos materiais que podem diferir em cor, densidade, flexibilidade, textura, durabilidade e resistência à tração. Para aplicações endodônticas, materiais transparentes para modelos são desejáveis. A guia também precisa ser suficientemente dura para suportar distorções, mas ao mesmo tempo, deve permitir que o posicionamento sobre o dente seja realizado com facilidade. Além disso, os métodos de esterilização devem ser compatíveis com os materiais utilizados (Hoang et al., 2016). A tecnologia de controlo numérico computadorizado (CNC) é utilizada para fabricar o anel metálico (projetado, que é integrado a guia impressa (figura 9) para guiar as brocas durante o preparo da cavidade ou durante o curso da Endodontia cirúrgica (Gaudin et al., 2019).

Em que casos podia estar indicado a utilização da endodontia guiada ?

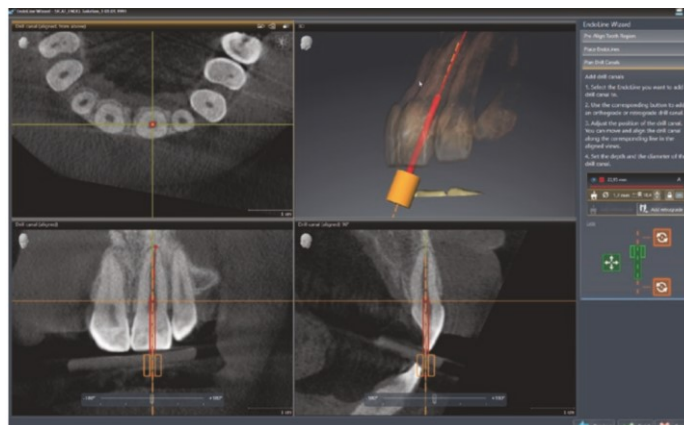


Figura 7- Planeamento virtual do acesso microguiado (adaptado de Gaudin et al., 2019)

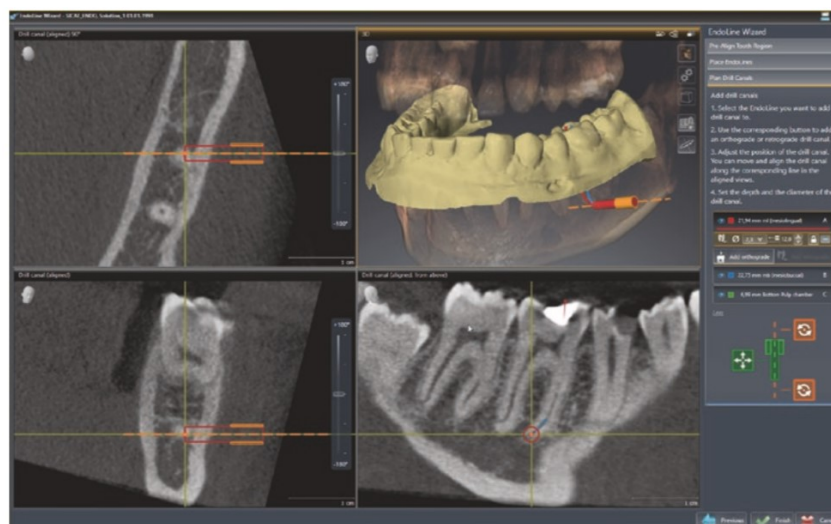


Figura 8- Planeamento virtual da cirurgia microguiada. Imagens do SICAT Endo® (SICAT, Bonn, Alemanha) (adaptado de Gaudin et al., 2019).



Figura 9- Exemplo de guia e broca que pode ser usada para Endodontia microguiada. Imagens de SICAT Endo® (SICAT, Bonn, Alemanha) (adaptado de Gaudin et al., 2019).

4. Aplicações endodônticas das guias impressas em 3D:

4.1. Modelos educativos e simulação clínica:

A formação em Medicina Dentária tem se baseado historicamente em dentes extraídos, cadáveres humanos, blocos de resina ou dentes de resina disponíveis comercialmente para exercícios pré-clínicos (Nassri et al., 2008). Os dentes extraídos fornecem simulação clínica semi-realista, mas dentes com propriedades desejáveis nem sempre estão disponíveis e a desinfecção, armazenamento e preservação podem comprometer as propriedades. Para simulações endodônticas regenerativas, dentes com ápices abertos devem frequentemente ser cremados pela manipulação da extremidade da raiz. Cadáveres humanos têm sido utilizados tanto para a terapia de canal radicular como para exercícios de simulação de ME, mas a disponibilidade, o custo e o armazenamento são obstáculos ao seu uso. Os dentes de resina comercialmente disponíveis proporcionam uma alternativa previsível e simples à dentição natural, mas podem ser caros (Anderson et al., 2018).

Foram utilizados protótipos de dentes para exercícios de simulação com vantagens sobre os dentes extraídos (Kfir et al., 2013; Robberecht et al., 2017). Algumas das primeiras demonstrações utilizaram cortes de TC e amido para reconstruir casos clínicos desafiadores, como reabsorção invasiva extracanal (Anderson et al., 2018).

Também, num molar com três raízes distais (Lee et al., 2006). Kfir et al.,(2013)utilizaram uma réplica dentária clara para simular o acesso ideal, instrumentação e obturação pré-operatória em um cenário complexo tipo 3 *dens invaginatus*, antes de tratar o caso clínico. Na avaliação do caso clínico os autores utilizaram-se réplicas de molares impressas em 3D disponíveis comercialmente (RepliDens, Zurique, Suíça) para evitar variação na configuração inicial do canal (Kfir et al., 2013). Robberecht et al.,(2017) desenvolveram uma matriz porosa, radiopaca à base de hidroxiapatite com dureza semelhante à dentina, para imprimir modelos de cerâmica para exercícios de laboratório endodôntico. Os modelos educacionais endodônticos regenerativos desenhados à medida melhoraram os exercícios de residência pré-clínica.

A capacidade da impressão em 3D para criar um grande número de protótipos idênticos foi recentemente empregada em pesquisas pré-clínicas (figura 10). Fatores tais como a moldagem e valores de tensão de diferentes sistemas de arquivo rotativo, capacidade de centralização de preparações de acesso e diferentes técnicas de obturação de canais em forma de C foram investigados com configurações de canal uniformemente controladas (Anderson et al., 2018).

Mohammed et al., (2018) demonstraram o crescimento de biofilmes de *E. faecalis* em materiais comparáveis à dentina e subsequentemente aplicaram este novo modelo in vitro para avaliar técnicas de irrigação .Os desenvolvimentos em materiais CAD/CAM continuam a tornar possíveis alternativas mais realistas aos dentes extraídos.

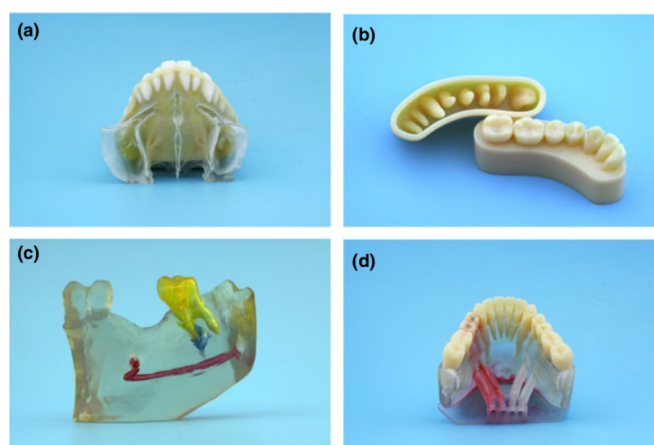


Figura 10- Aplicações de impressão 3D (adaptado de Anderson et al., 2018).

As guias impressas em 3D foram também recentemente introduzidas em campos endodônticos, na preparação da cavidade de acesso com guia ortogonal em canais calcificados (Zehnder et al., 2016) e osteotomia guiada em cirurgia endodôntica (Pinsky et al., 2007) que vamos desenvolver no capítulo 5 e 6.

5. Tratamento não cirúrgico: Acesso Endodôntico Guiado.

5.1. Canais calcificados:

O objetivo de um tratamento de canal radicular (TCR) é prevenir ou tratar a periodontite apical através da combinação de instrumentos mecânicos, desinfecção e obturação do sistema de canal radicular. No entanto, este objetivo pode ser difícil ou mesmo impossível de ser alcançado quando o sistema de canal radicular tem uma anatomia reduzida ou totalmente bloqueada pela calcificação do canal radicular. A polpa dentária produz dentina terciária como resposta a uma irritação ou trauma externo ou como resultado do envelhecimento (Gaudin et al., 2019). A causa exata e a frequência da calcificação pulpar permanecem em grande parte desconhecidas, apesar de uma série de estudos microscópicos e histoquímicos (da Silva et al., 2017). As taxas relatadas desta mineralização variam de 4% a 78% (Arys et al., 1993), com maior incidência associada a lesões por envelhecimento e luxação após traumatismo dentário. Os irritantes externos incluem lesões cariosas, restaurações coronais, forças ortodônticas e procedimentos de terapia de polpa vital (Berès et al., 2016).

O TCR não é recomendado em dentes que apresentem calcificação, a menos que ocorra uma necrose pulpar. Apenas 1-27% dos dentes com calcificação pulpar atingem um estado irreversível - inflamados de forma visível (Oginni et al., 2009). Se um TCR for necessário, dificuldades na localização de orifícios de canais e contratempos, como preparação excessiva da cavidade de acesso, perfuração e fratura da lima, são frequentemente encontradas, o que pode levar a um prognóstico reduzido. Os canais calcificados são considerados casos de alta dificuldade pela AAE, especialmente nos incisivos mandibulares (Shah & Chong, 2018).

Os especialistas em Endodontia são mais habilitados para tratar esses casos com a ajuda de brocas específicas, instrumentos ultrassônicos e microscópios. Contudo, mesmo nas mãos de um especialista, não há garantia de que as dificuldades associadas ao tratamento

de canais calcificados serão evitadas. Existe claramente a necessidade de uma técnica melhor e mais económica que poderia ser usada, particularmente por médicos de clínica geral, no tratamento de casos calcificados. A cavidade de acesso guiado com um modelo impresso em 3D pré-fabricado pode ser uma potencial ferramenta para uma melhor abordagem de canais calcificados (Connert et al., 2018).

5.1.1. Procedimento clínico:

Buchgreitz et al., (2019) realizaram um estudo observacional em 50 pacientes que apresentavam calcificações pulpare associadas a sinais de periodontite apical. O tratamento é iniciado com a realização do CBCT (FOV 5cmx5cm) e um SIO das arcadas (CEREC, Sirona Dental Systems) (Zehnder et al., 2016). Foi planeada uma trajetória virtual de perfuração com um diâmetro de 1,2 mm no ecrã do computador a partir de uma referência oclusal até ao início do lúmen do canal radicular radiograficamente visível. A trajetória da broca foi projetada para alcançar a primeira parte visível do canal radicular usando procedimentos específicos de alinhamento. Através do ajuste da angulação do trajeto da broca virtual, foi possível evitar envolver o bordo incisal e ainda alcançar o lúmen do canal radicular. Sobreposta à trajetória da broca virtual, foi colocada uma manga virtual para a orientação da broca. Dados tomográficos axiais e transversais foram utilizados para determinar a localização do canal radicular. Nesta base, foi construída a trajetória virtual da broca (Buchgreitz et al., 2019).

Na figura 11 podemos observar um incisivo maxilar traumatizado em 1979, mas sem sintomas subjetivos. A radiografia pré-operatória revela uma área radiotransparente e foi planeado um tratamento de canal radicular (a). Uma tentativa de localizar o canal radicular falhou (não é revelado no gráfico do raio-x). Uma visão axial do exame de CBCT a 16 mm do bordo incisal. O canal é visto no centro da raiz rodeado por cerca de 2 mm de dentina (b). A guia foi ajustada, onde o percurso da broca é anotado ao longo das três dimensões (c). A trajetória virtual da broca com diâmetro de 1,2 mm é sobreposta ao eixo da raiz, tanto na vista tangencial como na vista transversal. A trajetória real da broca emerge do canal radicular visível até ao bordo incisal. Verifica-se que a trajetória da broca está rodeada de dentina tanto na vista tangencial como na vista transversal. Além disso, a angulação da trajetória da broca é alterada de forma que o bordo incisal esteja livre, e a manga virtual é colocada livre do bordo incisal (d) (Buchgreitz et al., 2019).

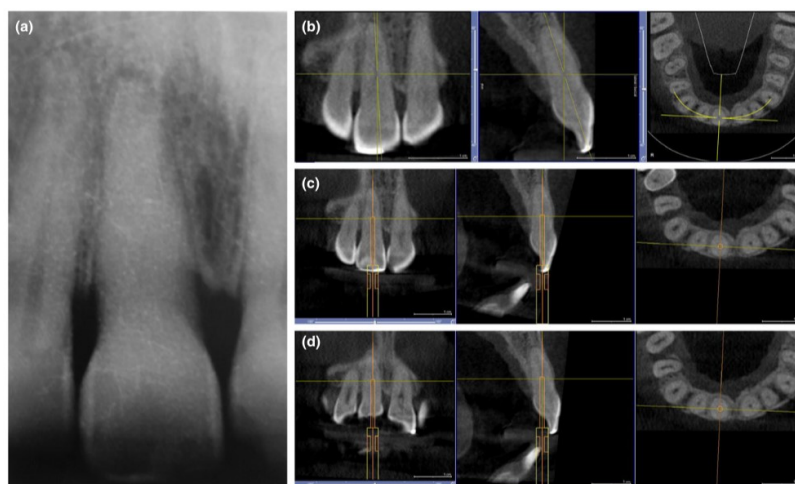


Figura 11- Imagem radiográfica de um incisivo maxilar traumatizado (adaptado de Buchgreitz et al., 2019).

Após o processamento de dados através do software, criaram-se as guias endodônticas. Na consulta seguinte, e já com a guia endodôntica em consultório, começou por verificar-se o seu ajuste e sua estabilidade, primeiro no modelo, e em seguida na cavidade oral do paciente antes da colocação do dique de borracha. Usando um pino colocado através da manga, o ponto de entrada da broca na superfície do dente foi marcado por resina colorida para indicar a região exata da cavidade de acesso endodôntico. Após colocação do isolamento absoluto, a guia foi removida e uma broca de alta velocidade foi utilizada para a remoção do esmalte de modo a expor a dentina de modo a que uma broca espiral modificada (Busch, Engelskirchen, Alemanha) com um diâmetro de 1,2 mm não interferisse com o esmalte ou com uma restauração quando colocada na manga. A broca atinge a sua posição final quando a sua porção mais larga encosta à manga contida na guia (Buchgreitz et al., 2019).

A irrigação é feita intermitentemente para evitar o superaquecimento do dente. Como o fluxo de irrigação não é eficiente neste ponto, a broca precisa ser usada com movimentos de bombeamento (Gaudin et al., 2019). Quando o acesso se encontra imediatamente abaixo da junção amelocimentária, é feita uma radiografia convencional para garantir que a angulação mesio-distal da preparação está correta (Buchgreitz et al., 2019).

Apesar de ter sido observada uma obliteração do espaço pulpar na radiografia, todos os preparos foram examinados clinicamente para determinar se o canal tinha sido exposto (Connert et al., 2019). Portanto, a meio da trajetória de perfuração planeada, foi feita uma

radiografia adicional. Se bem-sucedida, a localização do canal não foi alcançada, o preparo foi continuado e outra radiografia foi feita no início esperado do canal radicular. Concomitantemente, a base do percurso de perfuração foi inspecionada ao microscópio. A tentativa de localizar o canal radicular foi feita usando limas de tamanho 6 a 10 C+ (Dentsply Sirona Endodontics). Nos casos em que a sondagem não foi bem-sucedida, foi realizada uma preparação adicional com a guia no local, já que a trajetória de perfuração já estabelecida estava a atuar como guia. Por fim, seguiu-se uma tentativa adicional de localizar o canal radicular. A preparação do canal foi completada usando limas de tamanho 25-50 (Reci- Proc, VDW, Munique, Alemanha) usando uma peça de mão endodôntica (VDW) e um motor endodôntico correspondente (VDW Silver motor). O tamanho da preparação apical foi guiado pelas dimensões do canal radicular. No início, o canal radicular foi aumentado para uma lima com um tamanho dois números maior do que o tamanho da primeira lima a ser unida em todo o comprimento de trabalho, seguindo o percurso de deslizamento inicial do instrumento. Entretanto, nos casos em que o tamanho 6 a 10 limas C+ era necessário, a lima recíproca final tinha pelo menos o tamanho 25. Os canais foram irrigados com 2,5%-5% de NaOCl durante a preparação. (Buchgreitz et al., 2019).

O protocolo descrito foi adotado por Buchgreitz et al., (2019), os restantes estudos encontrados apresentam uma abordagem e uma sequência semelhante variando apenas no tipo de sistema de brocas, limas e dente escolhido (Connert et al., 2018; Connert et al., 2019; Krastl et al., 2016; Tchorz et al., 2019; van der Meer et al., 2016; Zehnder et al., 2016).

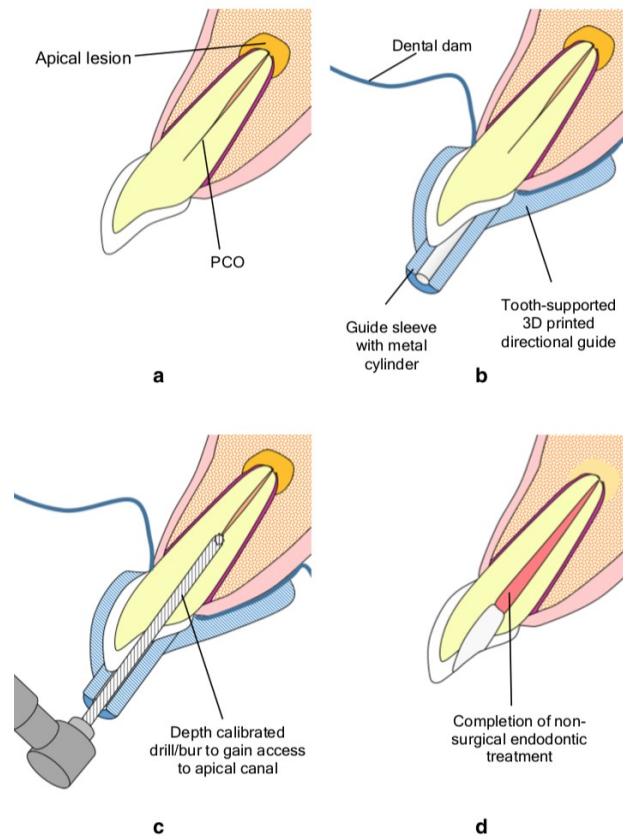


Figura 12- Endodontia guiada não cirúrgica (adaptado de Anderson et al., 2018).

As brocas utilizadas em Endodontia guiada são as brocas escolhidas na cirurgia de implantes como:

- Straumann Drill for Tempimplants, Ref.: 80381, Institut Straumann AG, Basel, Switzerland
- Neodent Drill for Tempimplants, Ref: 103179; JJGC Industria E Comercio De Materiais Dentarios SA, Curitiba, PR, Brazil
- Busch, Engel- skirchen, Germany) (Buchgreitz et al., 2016; Maia et al., 2019; Zehnder et al., 2016) .

Embora existam brocas específicas para a técnica de Endodontia guiada chamadas *endoguide burs* (SS White Burs Inc., Lakewood, NJ, USA) como podemos ver na figura

13, estas ainda não são muito referidas na literatura. A informação sobre este tipo de brocas encontra-se apenas no folheto informativo da empresa que as comercializa e não foram mencionadas em nenhum estudo incluído nesta revisão de literatura.



Figura 13- Brocas *Endoburs* (SS White Burs Inc., Lakewood, NJ, USA) fonte de internet <https://www.endoexperience.com/documents/endoguide-product-learning.pdf>.

Quando se trata de um incisivo maxilar calcificado as brocas têm um diâmetro que varia entre 1,2 e 2,4mm no entanto, não são adequados para o tratamento de dentes mandibulares calcificados que apresentam raízes estreitas (Connert et al., 2017).

Connert et al., (2017) realizaram um estudo para avaliar a precisão da Endodontia guiada em dentes anteriores mandibulares, utilizando instrumentos miniaturizados. A broca especialmente projetada tinha um comprimento total de 28 mm com um comprimento de trabalho de 20 mm e o diâmetro era de 0,85 mm (Gebr. Brass-eler GmbH & Co KG, Lemgo, Alemanha). A manga tinha um diâmetro interno de 0,88 mm, um diâmetro externo de 4 mm e um comprimento de 6 mm (steco-system-technik GmbH & Co KG, Hamburgo, Alemanha).

Os incisivos mandibulares e maxilares são os melhores candidatos à Endodontia microguiada pelas seguintes razões: primeiro, as guias são fáceis de usar porque o espaço entre as arcadas geralmente permite o posicionamento da guia e das brocas, e segundo, o acesso ao canal é muitas vezes reto, em comparação com os molares, onde as curvas são

frequentemente encontradas. Como a broca é reta e não deformável, ela deve ser usada apenas na porção reta do canal e não além da curvatura (Connert et al., 2018 ;Lara-Mendes et al., 2018).

No entanto, também são relatados casos clínicos que utilizam essa abordagem para pré-molares e molares com obliteração do canal pulpar (Maia et al., 2019; Shi et al., 2018). A maioria das curvaturas são localizadas no terço apical (Lee et al., 2006) enquanto as calcificações começam inicialmente no terço coronal e se estendem apicalmente. A cavidade de acesso guiado permite o acesso ao canal na sua porção reta (Connert et al., 2018; Lara-Mendes et al., 2018).

Maia et al., (2019) e Shi et al., (2018) realizaram estudos que se focam particularmente na abertura de molares e pré-molares. O procedimento clínico é semelhante aos casos anteriores mas na a abordagem da cavidade de acesso no sector posterior, as guias foram fixadas através da estabilização de pinos guiados fresados por uma broca com um diâmetro de 1.3 mm (Furadeira Neodent para Tempimplamts, Ref: 103179; JJGC Industria E Comercio De Materiais Dentarios SA, Curitiba, PR, Brasil) (Maia et al., 2019).

Todos os artigos (Thomas Connert et al., 2019; Maia et al., 2019) que tratam de guias para a cavidade de acesso usaram brocas, exceto Shi et al., (2018) que escolheram pontas ultrassónicas (ET20 and ET25, SATELEC, ACTEON, France) para aceder ao canal (Moreno-Rabié et al., 2020). Uma ponta ultrassónica ET20 foi usada para penetrar a porção coronal do canal radicular e, posteriormente, outra ponta ET25 foi usada para alcançar o ponto-alvo apical (Shi et al., 2018).

O espaço interoclusal é muitas vezes pequeno para alojar a guia, a broca e a peça de mão. Desta forma torna-se extremamente difícil, por exemplo, localizar o canal radicular distovestibular de um molar superior. Posto isto, Buchgreitz et al., (2019) optaram pela técnica de Endodontia guiada, com o intuito de evitar maiores danos ao dente, quando a abordagem ao canal não é bem sucedida mesmo com o uso do microscópio cirúrgico. No seu estudo foi desenvolvido uma guia intracoronária como podemos observar na figura 14, após processamento dos dados numéricos, foi construído um *Optiguide* (A) translúcido SICAT (SICAT, Bonn, Alemanha) que inclui uma manga orientadora em

Em que casos podia estar indicado a utilização da endodontia guiada ?

metal direcionada para uma correta perfuração (B) de modo a alcançar o canal distovestibular. A cavidade de acesso é temporariamente preenchida com um compósito fotopolimerizável, o *Optiguide* é colocado novamente sobre os dentes e um pino de aço é pressionado através da manga (D,E) e do compósito fazendo com que, após a fotopolimerização, a direção correta da trajetória da broca seja transferida para o compósito. Após a remoção do *Optiguide* a perfuração guiada pôde ser realizada (F). O resultado do percurso da broca guiada evidenciou que o canal radicular distobuccal podia ser localizado (Buchgreitz et al., 2019).

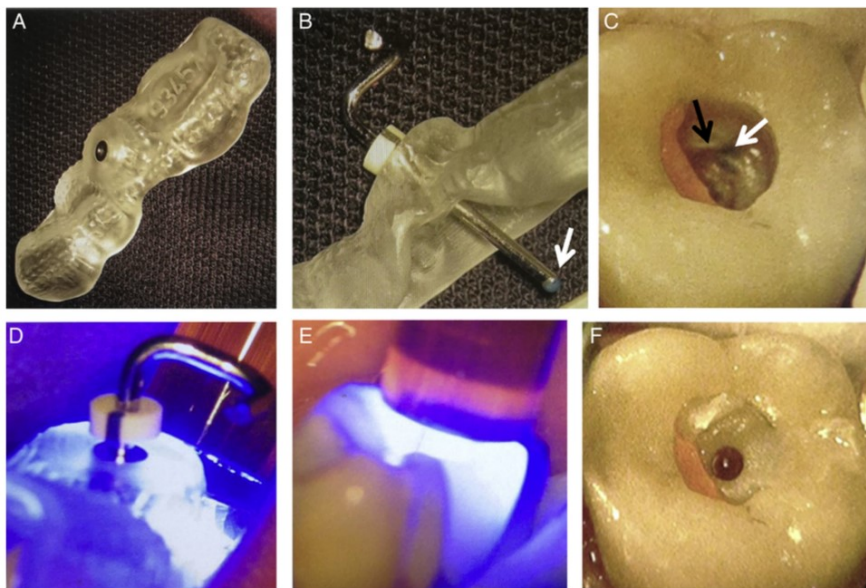


Figura 14- Procedimento clínico com guia *Optiguide* (adaptado de Buchgreitz et al., 2019).

5.2. Acesso em dentes com anomalias dentárias:

O tratamento endodôntico guiado parece ser uma alternativa não só no tratamento de canais calcificados mas também nas alterações anatómicas como *dens evaginatus* e *dens invaginatus* (Mena-Álvarez et al., 2017).

5.2.1. *Dens Evaginatus*:

Dens evaginatus (DE) que pode ser referido como cúspide tuberculadas, tubérculo acessório, oclusal tuberculadas pré-molar, pré-molar de Leong, odontoma *evaginatus* e pérola oclusal, é uma anomalia rara do desenvolvimento odontogénico que é encontrada em dentes onde a superfície exterior aparece para formar uma colisão extra ou cúspide. (Priya et al., 2011).

A maioria dos autores concordam que é o resultado de uma exacerbação durante o estágio de morfodiferenciação do desenvolvimento dentário (Levitan & Himel, 2006)

Esta anomalia incomum da superfície dentária contém um prolongamento do tecido pulpar coberto por uma fina camada de esmalte e dentina. A presença de polpa no interior do tubérculo tem grande importância clínica e nos ajuda a distinguir as cúspides supranumerárias, como a cúspide de Carabelli, que não contém polpa. (Levitan & Himel, 2006; Vasudev & Goel, 2005).

Dens evaginatus é mais comum nas superfícies oclusais dos dentes posteriores e também pode estar presente nos dentes anteriores, na sua superfície lingual. Geralmente, aparece como uma projeção coberta de esmalte na superfície oclusal dos pré-molares (Kurian et al., 2008). Lesões periapicais nas radiografias podem ser impercetíveis ou mal interpretadas como desenvolvimento de folículos pericorticais (Mena-Álvarez et al., 2017).

Levitan e Himmel sugerem seis categorias para determinar o tratamento para dentes com DE: tipo I (polpa normal e ápice maduro), tipo II (polpa normal e ápice imaturo), tipo III (polpa inflamada e ápice maduro), tipo IV (polpa inflamada e ápice imaturo), tipo V (polpa necrótica e ápice maduro) e tipo VI (polpa necrótica e ápice imaturo) (Levitan & Himel, 2006).

Mena-Álvarez et al., (2017) descreveram um caso do tratamento endodôntico referente ao tipo V DE diagnosticado com CBCT (figura 15). O dente 21 apresentava lesão fistulosa localizada no terço apical. Durante o exame clínico foi observado um tubérculo no terço gengival medial e na superfície vestibular medial do dente.

Testes diagnósticos revelaram uma periodontite apical crônica supurativa no dente 21 e um tratamento de canal radicular foi recomendado. Com o objetivo de entender a anatomia interna do dente afetado, foi realizado um exame radiográfico complementar

Em que casos podia estar indicado a utilização da endodontia guiada ?

por CBCT (White Fox, Acteon Medico-Dental Iberia S.A.U, Satelec, Merignac, França)
Os cortes sagittais evidenciaram a presença de tecido pulpar dentro do tubérculo vestibular
Foi feito o protocolo de Acesso Endodôntico Guiado descrito anteriormente (Mena-Álvarez et al., 2017).

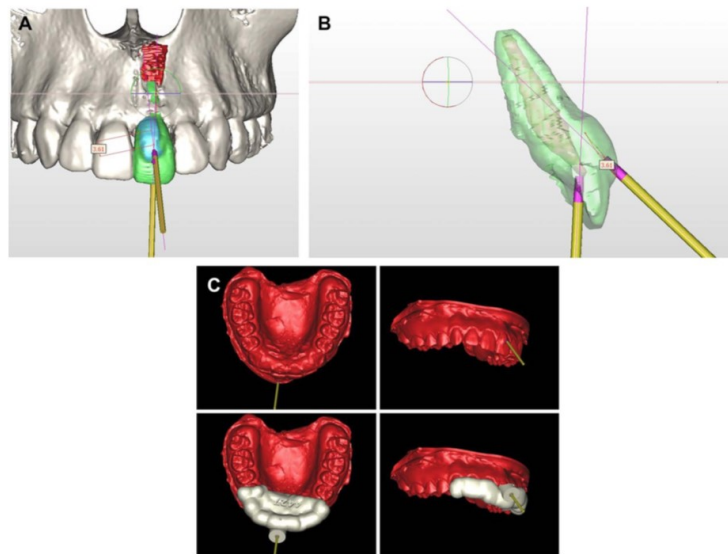


Figura 15- Reconstrução tridimensional do desenho da guia para o tratamento endodôntico guiado (adaptado de Mena-Álvarez et al., 2017).

Após um ano como podemos ver na figura 16, na consulta de controle foi realizado uma CBCT que revelou a recuperação e o desaparecimento da lesão periapical associada ao *dens evaginatus* (Mena-Álvarez et al., 2017).

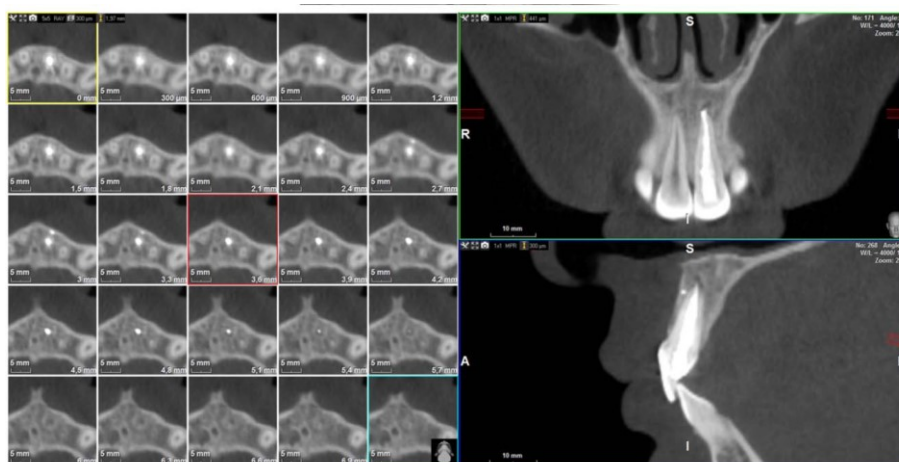


Figura 16- A) Após um ano na consulta de controle , CBCT sagital, axial e cortes transversais coronais (adaptado de Mena-Álvarez et al., 2017).

5.2.2. *Dens invaginatus:*

Dens invaginatus é uma anomalia de desenvolvimento resultante da invaginação do órgão do esmalte na papila dentária durante a fase de desenvolvimento dos tecidos moles. À medida que os tecidos duros se formam, o órgão invaginado do esmalte produz um pequeno dente dentro da futura câmara pulpar. A etiologia da malformação *dens invaginatus* é controversa e permanece pouco clara. Nas últimas décadas, várias teorias têm sido propostas para explicar a etiologia das invaginações coronais dentárias. Kronfeld (1934) sugeriu que a invaginação resulta de uma falha de crescimento do epitélio interno do esmalte, enquanto o epitélio circundante normal continua a se proliferar e engolir a área estática (Thakur et al., 2014). Rushton (1937) propôs que a invaginação é resultado da rápida e agressiva proliferação de uma parte do epitélio interno do esmalte que invade a papila dentária (Rotstein et al., 1987). Oehlers (1957) considerou que a distorção do órgão do esmalte durante o desenvolvimento do dente e subsequente protrusão de uma parte do órgão do esmalte levará à formação de um canal revestido de esmalte terminando no cingulum ou ocasionalmente na ponta incisal (figura17). Esta última pode estar associada à forma irregular da coroa (Thakur et al., 2014).

Atkinson (1943) sugeriu que o problema era o resultado de forças externas exercendo um efeito sobre o germe dentário durante o desenvolvimento (Thakur et al., 2014).

Este distúrbio anatómico é classificado em três categorias, de acordo com o grau de malformação e sua relação com o ligamento periodontal (LCP): Tipo I: a invaginação termina como um saco fechado, confinado à coroa (65,9%). Tipo II: a invaginação estende-se apicalmente além da junção externa do cimento e esmalte (CEJ), terminando como um saco fechado, confinado à coroa do dente (29,5%). Tipo III: a invaginação estende-se além da CEJ, terminando no forâmen lateral (III a) ou apical (III b) (4,6%).

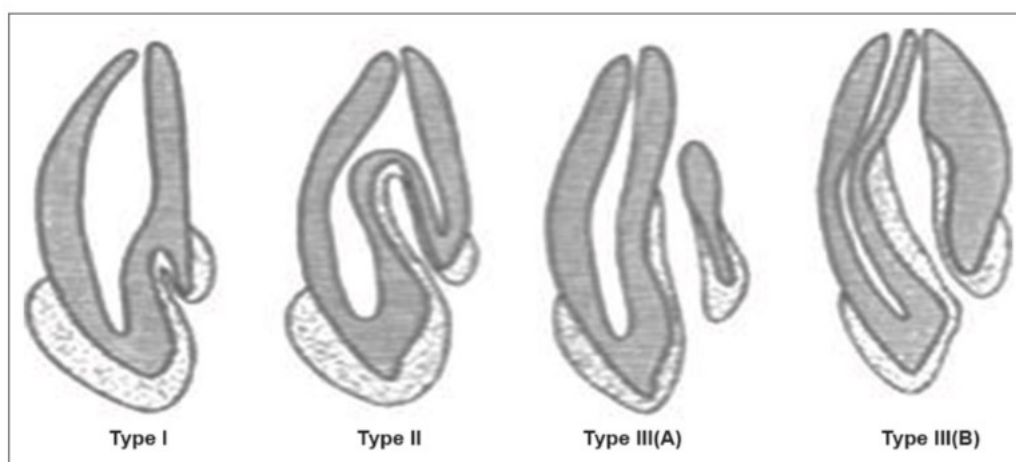


Figura 17- Classificação de Oehler de *Dens Invaginatus* (adaptado de Thakur et al., 2014).

A localização convencional do sistema de canais radiculares de DI é difícil e tem o risco de causar perfurações, fraturas ou enfraquecimento do dente. Portanto, é importante considerar um procedimento de acesso à cavidade capaz de localizar todos os canais sem remover o excesso de estrutura dentária (Zubizarreta-Macho et al., 2019).

Zubizarreta Macho et al., (2015) realizaram a técnica da cavidade de acesso guiado num canal de DI tipo II como podemos observar na figura 18 num incisivo lateral maxilar que apresentava lesão periapical. Os cortes transversais dos dentes mostraram que a DI estava localizada mesialmente e também mostrou a presença de tecido pulpar nas superfícies mesiovestibular e distopalatina do dente. A dificuldade de preparar uma cavidade de acesso justificou o uso de 3 guias para orientar o acesso ao canal radicular e ao tecido pulpar nas superfícies descritas. A localização do canal foi alcançada, e na consulta de controle a lesão tinha desaparecido completamente e o paciente já não tinha sinais ou sintomas associados.

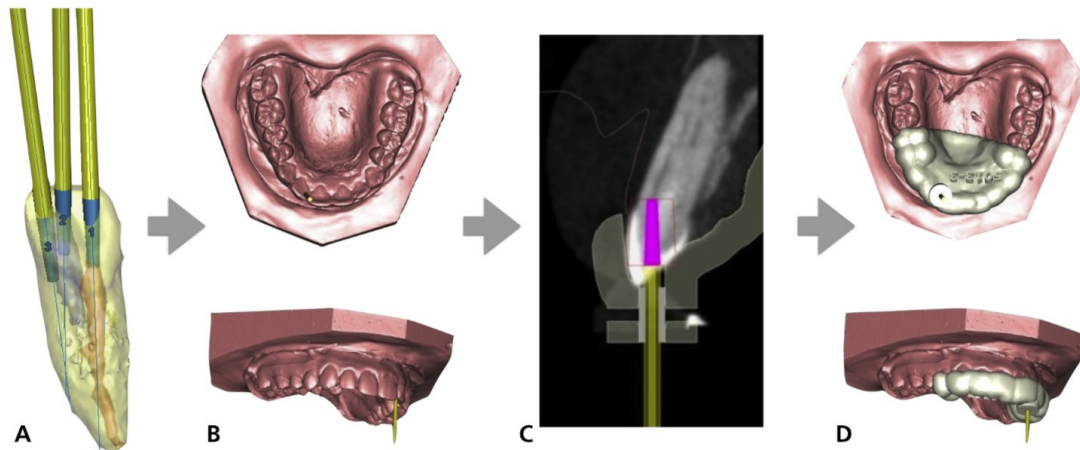


Figura 18- Conversão do arquivo *Digital Imaging and Communications in Medicine* em um arquivo de estereolitografia num caso de canal de DI tipo II (adaptado de Zubizarreta Macho et al., 2015).

Zubizarreta-Macho et al., (2019) relataram um caso de retratamento do canal radicular e a cirurgia endodôntica de um DI tipo II em um incisivo superior lateral esquerdo previamente tratado, que foi afetado por um abscesso apical crônico e uma fratura apical. A guia permitiu uma cavidade de acesso guiada e conservadora ao sistema dos canais radiculares. O dente foi restaurado com uma faceta nanocerâmica e por fim foi feita uma cirurgia endodôntica para remover o fragmento fraturado.

5.3. Vantagens/ Limitações:

Todos os artigos descreveram a preparação da cavidade de acesso guiado como técnica altamente precisa no tratamento de canais calcificados e variações anatômicas (J Buchgreitz et al., 2016; Buchgreitz et al., 2019; Buchgreitz et al., 2019; Connert et al., 2018b; Connert et al., 2017; Zehnder et al., 2016).

Buchgreitz et al., (2016) relataram um desvio médio de 0,46 mm da ponta da broca. Num estudo que avaliou dentes superiores que foram acedidos com uma broca com comprimento total de 37mm, comprimento de trabalho de 18,5mm e diâmetro de 1,5mm, os desvios das cavidades de acesso planejado e preparado foram de 0,16-0,21mm na base da broca e 0,17-0,47mm na ponta da broca (Zehnder et al., 2016). A média do desvio

angular foi de apenas 1,81°. Noutro estudo com foco nos incisivos inferiores, os desvios entre as cavidades de acesso planeado e preparado também foram baixos, variando de 0,12 a 0,13mm na base da broca e de 0,12 a 0,34mm na ponta da broca (Connert et al., 2017). A média do desvio angular foi de 1,59.

Num estudo observacional recente em 50 pacientes tratados com esta técnica, Buchgreitz et al., (2019) sugeriram que um desvio razoável da broca pode ser classificado como precisão 'aceitável'. O termo 'aceitável' foi usado quando havia algum desvio, mas o canal ainda podia ser localizado e instrumentado, e quando o acompanhamento mostrava cicatrização da lesão apical. Em contraste, ao tentar acessar o canal sem guia, a perda de tecido e a possibilidade de falha como um elevado risco de perfuração seria muito maior do que o que se perde ao alisar a cavidade (Connert et al., 2018; Connert et al., 2019; Krastl et al., 2016; Lara-Mendes et al., 2018; Strbac et al., 2017).

São necessários mais estudos com um maior número de amostras e uma metodologia mais padronizada são necessários para tirar conclusões sobre a precisão da Endodontia guiada. No entanto, isso pode ser difícil, pois os estudos ex vivo (Thomas Connert et al., 2017a, 2019; Zehnder et al., 2016a) utilizam dentes sem calcificações completas. Portanto, a influência do PCO na precisão revela-se pouco clara (Connert et al., 2019).

Esta técnica pode facilitar o tratamento endodôntico dos canais radiculares calcificados mesmo por operadores com pouca experiência, oferecendo a máxima conservação da estrutura coronal e radicular do dente, juntamente com um risco reduzido de perfurações radiculares em um curto espaço de tempo (Krastl et al., 2016)

Connert et al., (2019) realizaram um estudo in vitro, onde usaram dentes impressos em 3D e compararam um procedimento endodôntico guiado com uma preparação de acesso convencional usando três operadores: um endodontista com 9 anos de experiência, um dentista geral com 3 anos de experiência e um dentista recém-graduado. A perda média de substância para os 3 operadores que utilizaram a técnica convencional foi de 49,9 mm³ (IC 95%, 42,2-57,6 mm³), e para a abordagem guiada foi de 9,8 mm³ (IC 95%, 6,8-12,9 mm³).

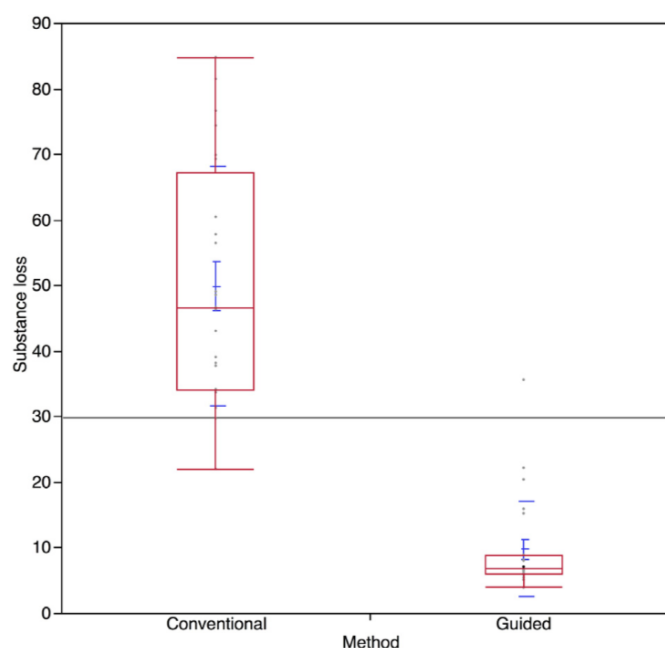


Gráfico 1- A perda total de substância (mm^3) da técnica convencional e Endodontia guiada (adaptado de Connert et al., 2019).

O tratamento guiado permitiu aos operadores encontrar, independentemente da sua experiência, 92% dos canais, uma proporção estatisticamente maior em relação à técnica tradicional (42%) confirmando o que foi previamente indicado em estudos pré-clínicos (Connert et al., 2017; Zehnder et al., 2016).

A duração média do tratamento foi de 21,8 minutos (IC 95%, 15,9 a 27,7 minutos) para a técnica convencional e 11,3 minutos (IC 95%, 6,7 a 15,9 minutos) para a Endodontia guiada (Connert et al., 2019). As guias desenhadas digitalmente funcionam em todos os aspetos para facilitar o tratamento do canal radicular como previsto e reduzam consideravelmente o tempo de tratamento (van der Meer et al., 2016).

A técnica permite determinar com antecedência, como no tratamento dos implantes, um comprimento de segurança para a procura do lúmen do canal radicular e traçar a navegação em detalhes sem ter que transferir mentalmente o planeamento para a situação clínica (van der Meer et al., 2016).

A precisão do *scanner* intraoral tem um valor acrescentado quando utilizado durante o planeamento endodôntico guiado, pois reduz o número de passos (Tavares et al., 2018). Entretanto, os casos clínicos mostraram que não é essencial obter resultados positivos. Uma impressão convencional que use alginato com uma digitalização ótica subsequente

do gesso também pode ser usada para obter sucesso no tratamento (Tavares et al., 2018; Giacomino et al., 2018; Lara-Mendes et al., 2018; Zubizarreta Macho et al., 2015).

De acordo com a Sociedade Europeia de Endodontia (2014), a realização da CBCT está indicada em casos de calcificação de canais pulpare, no entanto, a radiação inerente tem sido descrita como uma desvantagem desta técnica. Contudo, com a evolução do equipamento, as doses de radiação são menores e é muitas vezes utilizado CBCT parcial. É importante mencionar que a dose emitida acaba por ser superior a um protocolo radiográfico convencional mas considera-se imprescindível a sua realização para a obtenção de uma guia endodôntica (Connert et al., 2018). Uma das limitações da técnica de preparação da cavidade de acesso guiado, como mencionado por Buchgreitz et al., (2019), é que a resolução espacial da CBCT nem sempre permite a visualização do canal. Existe uma grande variabilidade de máquinas da CBCT utilizadas nos estudos incluídos e o tamanho do voxel nem sempre é especificado. Clinicamente, tais canais calcificados são inicialmente abordados usando limas de pequeno diâmetro, tamanho 06 ou 08. No entanto, este pequeno diâmetro não é visto nas imagens da CBCT, pois o tamanho do voxel é maior. Nesses casos, e ao tratar dentes de raiz única, o trajeto pode ser estabelecido através do centro da raiz, como visto na vista axial. Como o canal radicular dos dentes de raiz única é colocado no centro da raiz, a localização da periferia da raiz pode ser suficiente para estimar onde é provável que o canal esteja. A imagem adquirida deve permitir a avaliação do ápex e do seu entorno, mas tendo em conta que à medida que a resolução espacial é melhorada pela diminuição do tamanho do voxel, a dose de radiação aumentaria (Patel et al., 2015).

Outra limitação em relação à técnica de imagem, é que em muitos casos a radiografia intraoral é utilizada durante o acompanhamento. Dada a natureza 2D da imagem, o desvio da cavidade de acesso pode ser subestimado em termos de sua posição bucolingual (Buchgreitz et al., 2019), assim como a cicatrização da lesão periapical Patel et al., (2012) e Fonseca Tavares et al., (2018) recomendaram a realização de pelo menos duas radiografias com angulações diferentes para garantir que a broca não se desviasse do eixo do canal.

A realização da CBCT e posterior confeção da guia endodôntica, aumentam os custos de tratamento para o paciente. No entanto, deve ter-se em consideração e explicar ao paciente, o custo-benefício desta abordagem especialmente se analisarmos os custos de

outras terapias necessárias caso o tratamento convencional falhe e leve a perda do dente (Connert et al., 2017).

Aponta-se também o facto de que a técnica só pode ser utilizada na parte reta dos canais (Buchgreitz et al., 2016; Krastl et al., 2016). Como a broca é reta e não deformável, deve ser usada apenas na porção reta do canal e não além da curvatura (Connert et al., 2018; Lara-Mendes et al., 2018). Entretanto, é possível aplicar a técnica em molares que tendem a ter maiores curvaturas (Lara-Mendes et al., 2018; Shi et al., 2018), pois a maioria das curvaturas seria localizada no terço apical (Lee et al., 2006), enquanto que as calcificações começariam inicialmente no terço coronal e estender-se-iam apicalmente permitindo o acesso ao canal na sua porção reta (Lara-Mendes et al., 2018). No entanto, nos casos em que a curvatura impedisse um acesso seguro à região alvo, a cirurgia apical estaria indicada (Fonseca Tavares et al., 2018; Krastl et al., 2016; Lara-Mendes et al., 2018).

O predominante uso da técnica no setor anterior apresenta também uma desvantagem existindo apenas um estudo que refere a utilização de uma guia intracoronária para dentes mais posteriores onde a abertura intermaxilar é reduzida. Esta redução de espaço ocorre também em pacientes com trismos (Connert et al., 2018; Connert et al., 2017; Lara-Mendes et al., 2018). A espessura da raiz deve também ser considerada, casos de planeamento da cavidade de acesso em incisivos mandibulares requerem cuidados diferentes comparativamente aos incisivos centrais superiores (Krastl et al., 2016), as brocas mais finas são então necessárias, como sugerido por diferentes autores (Connert et al., 2017).

As forças geradas pela broca são difíceis de controlar, havendo o risco de produzir microfissuras na dentina, que até ao momento não foram avaliadas (Connert et al., 2017). No entanto, nem sempre é possível obter o espaço suficiente para permitir a passagem de soluções irrigantes para a cavidade de acesso pois pode comprometer a precisão (Moreno-Rabié et al., 2020). Os clínicos devem, portanto, recorrer ao uso de brocas com boa eficiência de corte e à irrigação e limpeza das brocas para minimizar a iniciação ou propagação de fissuras. É necessário continuar a investigação pois existe uma carência de estudos e tempo para se perceberem quais as reais limitações que podem surgir devido a presença destes *micro-craks*.

6. Tratamento cirúrgico: Cirurgia Endodôntica Guiada

O índice de sucesso do tratamento endodôntico não cirúrgico é de aproximadamente 98% para dentes sem lesão periapical, 86% em dentes com lesão periapical e infecção primária e 83% em casos de retratamento. No entanto o tratamento endodôntico pode falhar (Torabinejad et al., 2005; Torabinejad et al., 2009) e apesar deste insucesso ser, por norma de origem bacteriana ou não (Nair, 2006), está muitas vezes associado às limitações técnicas que impossibilitam um adequado controle microbiano intracanal devido à complexa microanatomia interna do sistema de canais radiculares (Wu et al., 2006). Nos casos em que os fatores de microanatomia interna complexa permitem a persistência do insucesso a microcirurgia apical pode ser uma alternativa de tratamento clínico (Shah & Chong, 2018).

A microcirurgia endodôntica é um procedimento que trata a periodontite apical persistente e recorrente (Setzer et al., 2010). O procedimento é indicado quando o acesso ortogrado à porção apical do sistema radicular não é eficaz ou tecnicamente possível. Os motivos podem variar desde a remoção desnecessária de uma restauração coronal fixa ou danos irreparáveis, como fratura, durante a desmontagem de uma prótese extensa de poste e coroa (Kim & Kratchman, 2006).

A microcirurgia endodôntica (ME) foi introduzida nos anos 90 (Kim & Kratchman, 2006). Durante os últimos 25 anos, a cirurgia endodôntica mudou bastante, devido à incorporação de ampliação (Lupas, Microscopia Operatória), CBCT, pontas ultrassónicas e materiais de retroobturaç o mais biocompatíveis, como biodentina (Septodont, Saint Maur des Faussés, France) e *Mineral Trioxide Agregate* (MTA). A cirurgia, quando realizada da forma tradicional, sem o uso do microscópio e do ultrassom, ou seja, de forma Macro cirúrgica, tem um índice de sucesso que não ultrapassa 60% (Rahbaran et al., 2001; Setzer et al., 2010; Tsesis et al., 2006; Wesson & Gale, 2003). Contudo, quando realizada pela técnica contemporânea de Microcirurgia, o seu índice de sucesso passa a ser acima de 90% (Christiansen et al., 2009; Kim et al., 2008; Rubinstein & Kim, 2002; Tsesis et al., 2006).

Esta evolução tornou o tratamento endodôntico microcirúrgico um procedimento mais viável e de grande previsibilidade.

6.1. Indicações / Contraindicações:

Como resultado, as indicações para cirurgia endodôntica (Evans et al., 2012) são reduzidos para o seguinte:

- Doença periodontal persistente (com ou sem sintomas) num dente previamente obturado, cuja remoção acarreta um risco elevado de fratura da raiz
- Correção de erros iatrogénicos não favorável a uma abordagem não cirúrgica; por exemplo, a remoção ou recuperação de material de obturação com raízes estruídos ou um instrumento fraturado
- Biópsia ou investigação cirúrgica necessária; por exemplo, necessidade de análise histopatológica de uma lesão de especto suspeito ou visualização direta necessária para explorar uma suspeita de fratura da raiz.
- Uma abordagem combinada, em conjunto com retratamento não cirúrgico para resolver múltiplos problemas técnicos; por exemplo, uma grande lesão periradicular, um suspeito quisto radicular, a impossibilidade de manter um canal seco e um apex aberto num dente anterior imaturo permanente. A abordagem combinada também pode fazer parte de remodelação anatómica (amputação da raiz, ressecção dentária, bicuspidização) em casos de lesões periodontal-endodônticas.
- Quando os fatores do paciente ditam que pode ser mais conveniente considerar uma cirurgia em vez de retratamento.

Não há muitas contra-indicações para cirurgia endodôntica; elas podem ser divididas em fatores gerais e locais (Chong & Rhodes, 2014).

Fatores gerais	Fatores locais
<p>- Fatores do paciente:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Doenças psicológicas ▪ Doenças sistémicas por exemplo: discrasias hemorrágicas , Hipertensão arterial , enfarte de miocárdio recente , imunodepressão , leucemia , anemia , paciente com cardiopatias com alto risco de endocardite bacteriana ▪ Osteoradionecrose ▪ Imunodepressão ▪ Paciente medicado com fosfonatos <p>- Fatores clínicos; a experiência do operador, disponibilidade de equipamentos e instalações.</p>	<p>- Fatores anatómicos: proximidade com estruturas anatómicas importantes (nervos faciais, por exemplo), sob risco de as lesar e provocar eventuais paralisias ou parestesias, ou por dificuldade de acesso ao local dos ápices radiculares, como é o caso na mandíbula, onde o córtex é espesso e onde alguns ápex podem estar numa posição muito lingual</p> <p>- Fatores de acesso cirúrgico. Por exemplo, a capacidade de abertura de um paciente afetará o operador, o que afetará a capacidade de ver e aceder facilmente ao local da cirurgia por dificuldade de acesso ao local dos ápex radiculares, como é o caso por exemplo da raiz palatina dos dentes molares superiores, que é a raiz que está mais posicionada para o interior da boca (palato). Outro exemplo é a presença duma grande exostose óssea, que pode provocar incisão e um retalho consideravelmente mais difícil.</p>

Tabela 1- Contraindicações locais e gerais da microcirurgia endodôntica (fonte : Chong & Rhodes, 2014).

As contraindicações gerais são representadas por um estado de saúde precário, devida a certas doenças e complicações sistémicas. No entanto, muitas contraindicações locais podem ser contornadas com a experiência e a capacidade clínica do médico dentista (Khayat, 2006). Sem um planeamento adequado, essas dificuldades podem ser um obstáculo para realizar o procedimento com sucesso, utilizando uma abordagem com mão

livre. A orientação cirúrgica dada pelas guias impressas em 3D pode permitir um acesso confiável ao ápex da raiz. Os desafios comuns associados ao ME são a dificuldade de acesso às pontas radiculares (molares mandibulares e maxilares) e a proximidade de estruturas críticas como o forâmen mentoniano, o nervo alveolar inferior ou a cavidade nasal (Gaudin et al., 2019).

As guias cirúrgicas impressas em 3D podem ser adaptadas para uso em Endodontia cirúrgica onde há dificuldade em determinar a localização da osteotomia e nível de ressecção radicular em casos complexos (Shah & Chong, 2018).

6.2. Procedimento clínico:

A Endodontia cirúrgica guiada, tal como outros procedimentos guiados, depende de um planeamento meticuloso do tratamento que inclui a finalização do desenho da guia cirúrgica impressa em 3D, utilizando um software de planeamento carregado com os conjuntos de dados de CBCT e de SIO correspondentes (Byun et al., 2015; Krastl et al., 2016).

A microcirurgia endodôntica guiada requer uma osteotomia direcionada e ressecção da extremidade da raiz baseada em pontos de referência anatómicos e medidas pré-operatórias das imagens radiográficas. Com a ajuda da tecnologia CAD/CAM uma guia personalizada é confeccionada que orienta o ponto de acesso previsto para a osteotomia (Anderson et al., 2018; P. Shah & Chong, 2018).

A osteotomia pode desviar-se do ideal como resultado de erro humano em cenários clínicos onde a orientação, angulação e profundidade de preparação adequadas são um desafio (Kim & Kratchman, 2006; Tsesis et al., 2006).

Sob condições ideais, o diâmetro da osteotomia pode ser tão pequeno quanto 4 mm, o que tem sido correlacionado com o menor tempo de cicatrização, diminuição da dor pós-operatória e melhores resultados (Kim & Kratchman, 2006).

Em que casos podia estar indicado a utilização da endodontia guiada ?

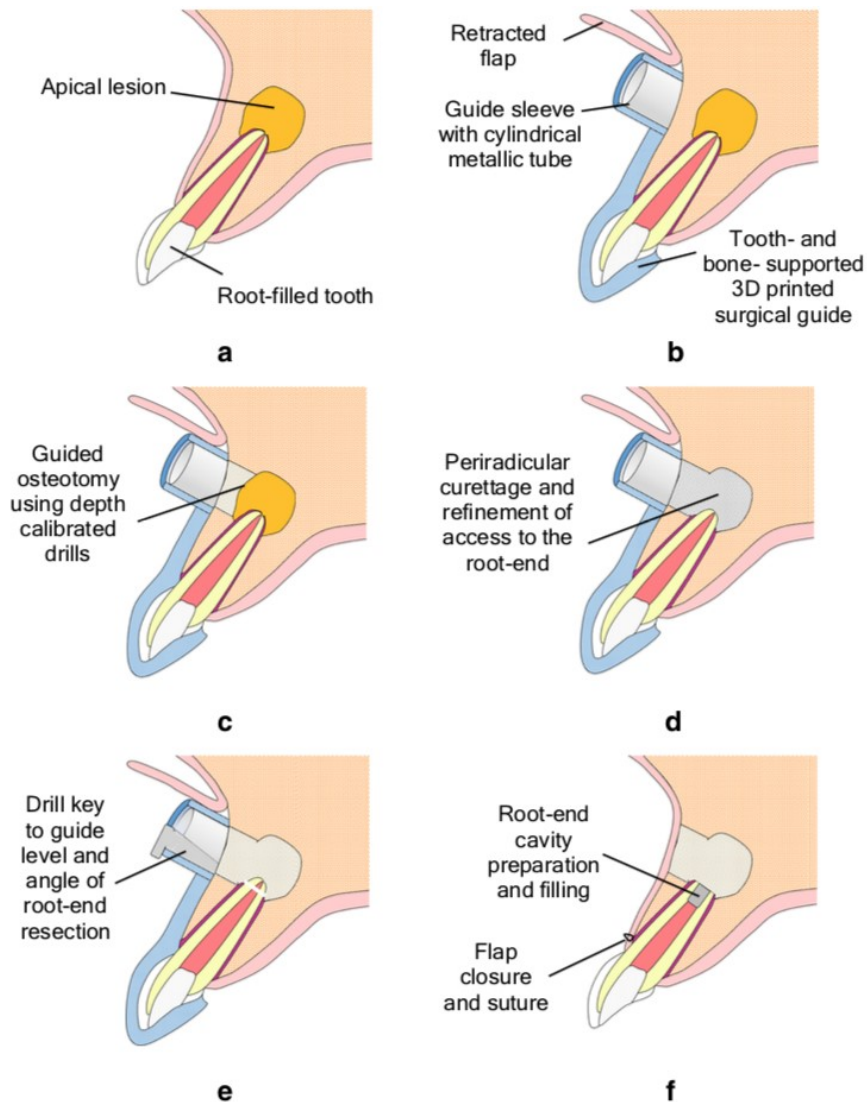


Figura 19- Tratamento cirúrgico endodôntico auxiliado por uma guia cirúrgica impressa em 3D (adaptado de Anderson et al., 2018).

Observa-se na figura 19 um dente tratado endodônticamente que requer intervenção cirúrgica. Na figura 19b ilustra-se a elevação e retração dos retalhos e uma guia cirúrgica impressa em 3D com dentes e ossos posicionados de forma estável para localizar o local da osteotomia. Na 19c, a remoção guiada do osso cortical usando brocas calibradas em profundidade acopladas dentro do tubo metálico cilíndrico da guia e mantendo-se paralelas durante a perfuração. Segue-se a remoção do tecido periradicular inflamado/infetado e exposição da ponta da raiz, Figura 19d, com inserção de uma chave de broca na guia para ressecção direta da ponta da raiz com uma broca calibrada em profundidade, Figura 19e.

Por fim, na figura 19f ocorre o encerramento do retalho e sutura após a preparação e preenchimento da cavidade radicular (Anderson et al., 2018).

As brocas calibradas em profundidade ou os instrumentos piezoelétricos são utilizados na cirurgia endodôntica guiada (Shah & Chong, 2018). Os instrumentos piezoelétricos foram introduzidos na cirurgia endodôntica para garantir a integridade do ápex radicular após a preparação e ressecção da cavidade radicular (Strbac et al., 2017).

A piezo-osteotomia é a osteotomia realizada com o ultrassom, sem o uso de brocas. Esta técnica apresenta vantagens técnicas e biológicas quando comparada ao uso de brocas de alta ou baixa rotação. Por possuir grande seletividade de corte tecidual, o ultrassom é mais seguro pois atua apenas sobre tecidos mineralizados preservando os tecidos moles como nervos, vasos e mucosas.

Strbac et al., (2017) descreveram um caso que apresenta todo o planejamento do tratamento com a utilização da guia para executar osteotomia e ressecções radiculares em dentes posteriores superiores, no primeiro molar e segundo pré-molar com lesões periapicais devido ao extravasamento do material. Nos últimos, desenharam uma guia definindo as margens superior e inferior da osteotomia, bem como o local da ressecção radicular e a angulação. As dimensões da osteotomia dos dentes foram determinadas com pinos de ancoragem cirúrgicos virtualmente posicionados que tinham 1,5mm de diâmetro. A margem inferior da osteotomia definiu o plano de corte das raízes, consistente com o nível de ressecção apical recomendado de 3 mm e o grau de ângulo do bisel. A margem superior da osteotomia foi planeada com uma distância vertical de 4 mm à margem inferior, de acordo com as dimensões dos *retrotips* revestidos com diamante dos instrumentos microcirúrgicos. A cirurgia foi realizada sob anestesia local (Ultracain D-S forte 1:100.000; Sanofi-Aventis GmbH, Frankfurt am Main, Alemanha) usando um microscópio cirúrgico (OPMI pico; Carl Zeiss Meditec GmbH, Oberkochen, Alemanha) e foi realizada de acordo com as diretrizes recomendadas para um procedimento cirúrgico endodôntico moderno. Após a elevação e retração do retalho, recorreu-se ao uso de instrumentos piezoelétricos (B7; Piezomed Instrument) (figura 19) direcionados pelas guias cirúrgicas. A elevação da placa cortical foi realizada com um elevador periosteal, e a remoção final da raiz foi realizada com a ponta do instrumento piezoelétrico. A inspeção seguinte e a preparação da extremidade da raiz foram realizadas usando os *retrotips* piezoelétricos revestidos com diamante (R3D, R4RD, R4LD; Instrumentos Piezomed).

Em que casos podia estar indicado a utilização da endodontia guiada ?



Figura 20- Os instrumentos piezoelétricos (B6,B7) fonte de internet <https://www.swallowdental.co.uk/w-h-piezomed-instruments.html>.

Após a retroobturação das extremidades das raízes a localização de guta-percha extravasada pôde ser detetada. O material foi cuidadosamente dissecado da superfície e removido intacto sem causar qualquer perfuração no seio durante a intervenção. Uma inspeção final dos locais da osteotomia e dos cimentos foi realizada, uma membrana matriz reabsorvível (TachoSil; Takeda GmbH, Linz, Áustria) foi inserida para garantir condições estáveis das placas corticais reposicionadas das osteotomias, e o retalho de espessura total foi reposicionado e suturado.

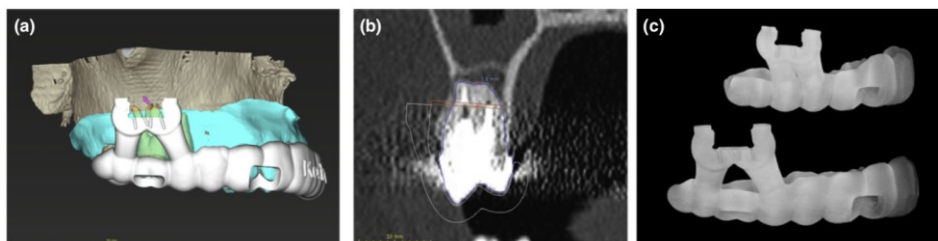


Figura 21- Planeamento de tratamento de uma microcirurgia endodôntica guiada em dentes posteriores superiores (adaptado de Strbac et al., 2017).

Patel et al., (2017) demonstraram o uso de um método de retração de tecido mole de tecido personalizado impresso em 3D para melhorar a visualização e o manuseio de tecidos moles durante a ME guiada num incisivo superior. Estes estudos sugerem alternativas interessantes para futuras aplicações criativas de impressão 3D dentro do moderno conceito ME.

6.3. Vantagens/ Limitações :

Foram encontrados apenas 2 estudos sobre a avaliação da precisão da cirurgia guiada, Pinsky et al., (2007) e Ackerman et al., (2019) compararam o uso da guia com um procedimento de mão livre sobre a localização do ápex radicular. Os resultados foram significativamente diferentes dos do grupo controle em ambos os estudos. O uso de uma guia CAD/CAM produziu uma distância média de 0,79mm do ápice, em contraste com as osteotomias de mão livre com uma distância média de 2,27mm relatada por Pinsky et al., (2007). Quanto a Ackerman et al., (2019), todos os procedimentos realizados com a guia tiveram um resultado bem sucedido, o que significa que o final de todos os caminhos perfurados, estava dentro dos 4mm apicais dos dentes.

Na microcirurgia, para visualizar a área apical do dente a ser tratado, o manuseio dos tecidos moles envolve a elevação dos retalhos após incisão horizontal intra-sulcular ou submarginal e uma ou duas incisões verticais abrangendo pelo menos um dente adjacente de cada lado. A técnica corre o risco de recessão gengival e/ou formação de cicatrizes devido a uma grande ferida nos tecidos moles (Popowicz et al., 2019). O uso das guias para cirurgia periapical reduz o diâmetro da osteotomia a um tamanho ligeiramente maior que o comprimento da ressecção (Ye et al., 2018). Esse procedimento minimamente invasivo ajuda a preservar o osso cortical, reduz o risco de complicações intra e pós-operatórias, como hemorragia ou danos às estruturas anatômicas vizinhas (Popowicz et al., 2019; Strbac et al., 2017)

Esta técnica que permite ter uma previsibilidade do tratamento. As guias cirúrgicas impressas em 3D permitem a inserção de tecidos moles no planejamento, uma vez que o desenho dos retalhos e o tratamento dos tecidos moles podem ser personalizados para cada paciente. Dependendo do local cirúrgico necessário, as guias cirúrgicas desenhadas individualmente podem ser suportadas por mucosa, dentes e osso. Além disso as guias podem ser utilizadas para o tratamento de raízes simples ou múltiplas na região anterior ou posterior (Strbac et al., 2017).

O tempo cirúrgico diminui pela redução do tempo consumido para procurar o terço apical radicular, embora o tempo de preparação para a cirurgia possa aumentar, pois o design e a produção das guias cirúrgicas consomem algum tempo (Ahn et al., 2018).

Em que casos podia estar indicado a utilização da endodontia guiada ?

Apesar das vantagens da CBCT, existem algumas limitações a esta técnica. Muitos dos dentes que necessitam de intervenção cirúrgica podem ter restaurações fixas extensas, o que poderia produzir artefactos no estudo da CBCT e diminuir a precisão da sobreposição de imagens intraoral em 3D sobre as imagens da CBCT. Outro aspeto a ser considerado é que a sobreposição da impressão ótica pode ser mais desafiadora quando se utiliza um pequeno campo de visão da CBCT (Ackerman et al., 2019).

Outro desafio na utilização das guias é obter uma irrigação ótima durante o procedimento de osteotomia. Clinicamente, a irrigação poderia ser feita através de uma porta de irrigação ou com irrigação tradicional com uma janela maior de osteotomia (Ackerman et al., 2019).

III. Conclusão

A CBCT e os *scanners* intraorais são cada vez mais populares entre a comunidade de médicos dentistas. O uso de guias 3D pode tornar-se a técnica de eleição para lidar com dificuldades tanto no acesso endodôntico como no acesso endodôntico microcirúrgico. No entanto, ao longo desta monografia podemos concluir que em comparação com a cirurgia de implantes, ainda estamos na fase inicial da endodontia digital, e ainda faltam provas consistentes.

O procedimento endodôntico guiado é uma técnica prometedora que oferece um resultado altamente previsível e menor risco de danos iatrogênicos. A abordagem é menos invasiva, mas o custo, o tempo e a irradiação relacionados à CBCT, a experiência necessária para operar o software e a necessidade de fabricar modelos esterilizáveis com uma impressora 3D podem dissuadir alguns clínicos.

Alternativamente, laboratórios comerciais de impressão 3D com experiência na fabricação de guias cirúrgicas de implantes podem ser capazes de fornecer guias impressas. De qualquer modo, os clínicos devem verificar todos os parâmetros da guia para evitar contratemplos e desenvolver um bom trabalho.

É necessária uma rigorosa planificação e avaliação individualizada de cada caso antes de se iniciar qualquer procedimento clínico. Deste modo, aumentamos as hipóteses de viabilidade e o sucesso do tratamento.

A técnica ainda necessita de ser melhorada através do desenvolvimento de ferramentas específicas, tais como mangas calibradas ao diâmetro das brocas utilizadas, de modo a poder utilizar os instrumentos rotativos na guia sem o risco de a modificar o acesso provocando o aquecimento da resina. Por sua vez, o sistema de irrigação também pode ser melhorado através de brocas com uma irrigação interna.

São necessários estudos clínicos com uma população mais abrangente e com períodos de acompanhamento mais longos para garantir a sua viabilidade e precisão de forma a assegurar a confiabilidade desta técnica no futuro.

Em que casos podia estar indicado a utilização da endodontia guiada ?

IV. Bibliografia

Ackerman, S., Aguilera, F. C., Buie, J. M., Glickman, G. N., Umorin, M., Wang, Q., & Jalali, P. (2019). Accuracy of 3-dimensional–printed Endodontic Surgical Guide : A Human Cadaver Study. *Journal of Endodontics*, *45*(5), 615-618. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2019.02.005>

Ahn, S.-Y., Kim, N.-H., Kim, S., Karabucak, B., & Kim, E. (2018). Computer-aided Design/Computer-aided Manufacturing–guided Endodontic Surgery : Guided Osteotomy and Apex Localization in a Mandibular Molar with a Thick Buccal Bone Plate. *Journal of Endodontics*, *44*(4), 665-670. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2017.12.009>

Alley, B. S., Gray Kitchens, G., Alley, L. W., & Eleazer, P. D. (2004). A comparison of survival of teeth following endodontic treatment performed by general dentists or by specialists. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*, *98*(1), 115-118. <https://doi.org/10.1016/j.tripleo.2004.01.004>

Anderson, J., Wealleans, J., & Ray, J. (2018). Endodontic applications of 3D printing. *International Endodontic Journal*, *51*(9), 1005-1018. <https://doi.org/10.1111/iej.12917>

Arys, A., Philippart, C., & Dourov, N. (1993). Microradiography and light microscopy of mineralization in the pulp of undemineralized human primary molars. *Journal of Oral Pathology and Medicine*, *22*(2), 49-53. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0714.1993.tb00041.x>

Balem, F. P., & Alegre, P. (2010). Universidade federal do rio grande do sul– UFRGS Faculdade de odontologia curso de especialização em radiologia odontológica e imagiologia. 19.

Berès, F., Isaac, J., Mouton, L., Rouzière, S., Berdal, A., Simon, S., & Dessombz, A. (2016). Comparative Physicochemical Analysis of Pulp Stone and Dentin. *Journal of Endodontics*, *42*(3), 432-438. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2015.11.007>

Buchgreitz, J., Buchgreitz, M., & Bjørndal, L. (2019). Guided root canal preparation using cone beam computed tomography and optical surface scans – an observational study of pulp space obliteration and drill path depth in 50 patients. *International Endodontic Journal*, 52(5), 559-568. <https://doi.org/10.1111/iej.13038>

Buchgreitz, J., Buchgreitz, M., Mortensen, D., & Bjørndal, L. (2016). Guided access cavity preparation using cone-beam computed tomography and optical surface scans—an ex vivo study. *International endodontic journal*, 49(8), 790-795.

Buchgreitz, Jørgen, Buchgreitz, M., & Bjørndal, L. (2019). Guided Endodontics Modified for Treating Molars by Using an Intracoronal Guide Technique. *Journal of Endodontics*, 45(6), 818-823. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2019.03.010>

Byun, C., Kim, C., Cho, S., Baek, S. H., Kim, G., Kim, S. G., & Kim, S.-Y. (2015). Endodontic Treatment of an Anomalous Anterior Tooth with the Aid of a 3-dimensional Printed Physical Tooth Model. *Journal of Endodontics*, 41(6), 961-965. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2015.01.016>

Cassetta, M., Di Mambro, A., Giansanti, M., Stefanelli, L. V., & Cavallini, C. (2013). The intrinsic error of a stereolithographic surgical template in implant guided surgery. *International Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, 42(2), 264-275. <https://doi.org/10.1016/j.ijom.2012.06.010>

Chong, B. S., & Rhodes, J. S. (2014). Endodontic surgery. *British Dental Journal*, 216(6), 281-290. <https://doi.org/10.1038/sj.bdj.2014.220>

Christiansen, R., Kirkevang, L.-L., Hørsted-Bindslev, P., & Wenzel, A. (2009). Randomized clinical trial of root-end resection followed by root-end filling with mineral trioxide aggregate or smoothing of the orthograde gutta-percha root filling—1-year follow-up. *International Endodontic Journal*, 42(2), 105-114. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2591.2008.01474.x>

Connert, T., Zehnder, M. S., Amato, M., Weiger, R., Köhl, S., & Krastl, G. (2018a). Microguided Endodontics: A method to achieve minimally invasive access cavity

preparation and root canal location in mandibular incisors using a novel computer-guided technique. *International Endodontic Journal*, 51(2), 247-255.
<https://doi.org/10.1111/iej.12809>

Connert, T., Zehnder, M. S., Amato, M., Weiger, R., Kühl, S., & Krastl, G. (2018b). Microguided Endodontics : A method to achieve minimally invasive access cavity preparation and root canal location in mandibular incisors using a novel computer-guided technique. *International Endodontic Journal*, 51(2), 247-255.
<https://doi.org/10.1111/iej.12809>

Connert, Thomas, Krug, R., Eggmann, F., Emsermann, I., ElAyouti, A., Weiger, R., Kühl, S., & Krastl, G. (2019). Guided Endodontics versus Conventional Access Cavity Preparation : A Comparative Study on Substance Loss Using 3-dimensional–printed Teeth. *Journal of Endodontics*, 45(3), 327-331.
<https://doi.org/10.1016/j.joen.2018.11.006>

Connert, Thomas, Zehnder, M. S., Weiger, R., Kühl, S., & Krastl, G. (2017a). Microguided Endodontics : Accuracy of a Miniaturized Technique for Apically Extended Access Cavity Preparation in Anterior Teeth. *Journal of Endodontics*, 43(5), 787-790.
<https://doi.org/10.1016/j.joen.2016.12.016>

Connert, Thomas, Zehnder, M. S., Weiger, R., Kühl, S., & Krastl, G. (2017b). Microguided Endodontics : Accuracy of a Miniaturized Technique for Apically Extended Access Cavity Preparation in Anterior Teeth. *Journal of Endodontics*, 43(5), 787-790.
<https://doi.org/10.1016/j.joen.2016.12.016>

Correia, F., & Salgado, A. (2012). Tomografia computadorizada de feixe cônico e a sua aplicação em Medicina Dentária. *Revista Portuguesa de Estomatologia, Medicina Dentária e Cirurgia Maxilofacial*, 53(1), 47-52.
<https://doi.org/10.1016/j.rpemd.2011.11.010>

Coutinho, K. D., Guerra, P. V. de A., Amorim, N. D. M. de, Ferreira, M. A. C., Coutinho, G. K. B., Guerra Neto, C. L. B., Valentim, R. A. de M., Wanderley, C. D. V., & Morais, M. de L. S. de A. (2015). RECONSTRUÇÃO DE IMAGENS TOMOGRÁFIICAS TIPO

DICOM PELA TÉCNICA DE VETORIZAÇÃO APLICADA A FABRICAÇÃO DE PRÓTESES VIA PROTOTIPAGEM RÁPIDA. *Revista Brasileira de Inovação Tecnológica em Saúde - ISSN:2236-1103*. <https://doi.org/10.18816/r-bits.v4i4.5886>

Cvek, M., Granath, L., & Lundberg, M. (1982). Failures and healing in endodontically treated non-vital anterior teeth with posttraumatically reduced pulpal lumen. *Acta Odontologica Scandinavica*, 40(4), 223-228. <https://doi.org/10.3109/00016358209019816>

da Silva, E. J. N. L., Prado, M. C., Queiroz, P. M., Nejaim, Y., Brasil, D. M., Groppo, F. C., & Haiter-Neto, F. (2017). Assessing pulp stones by cone-beam computed tomography. *Clinical Oral Investigations*, 21(7), 2327-2333. <https://doi.org/10.1007/s00784-016-2027-5>

Dandekeri, S. (2013). Stereolithographic Surgical Template : A Review. *JOURNAL OF CLINICAL AND DIAGNOSTIC RESEARCH*. <https://doi.org/10.7860/JCDR/2013/6052.3418>

Dawood, A., Marti, B. M., Sauret-Jackson, V., & Darwood, A. (2015). 3D printing in dentistry. *British dental journal*, 219(11), 521.

Evans, G. E., Bishop, K., & Renton, T. (2012). Update of guidelines for surgical endodontics – the position after ten years. *British Dental Journal*, 212(10), 497-498. <https://doi.org/10.1038/sj.bdj.2012.418>

Fayad, M. I., Nair, M., Levin, M. D., Benavides, E., Rubinstein, R. A., Barghan, S., Hirschberg, C. S., & Ruprecht, A. (2015). AAE and AAOMR Joint Position Statement. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology and Oral Radiology*, 120(4), 508-512. <https://doi.org/10.1016/j.oooo.2015.07.033>

Fonseca Tavares, W. L., Diniz Viana, A. C., de Carvalho Machado, V., Feitosa Henriques, L. C., & Ribeiro Sobrinho, A. P. (2018). Guided Endodontic Access of Calcified Anterior Teeth. *Journal of Endodontics*, 44(7), 1195-1199. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2018.04.014>

Gaudin, A., Pérez, F., & Galicia, J. (2019). Digital Technology in Endodontics. In F. Tamimi & H. Hirayama (Éd.), *Digital Restorative Dentistry* (p. 229-247). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-15974-0_11

Giacomino, C. M., Ray, J. J., & Wealleans, J. A. (2018). Targeted Endodontic Microsurgery: A Novel Approach to Anatomically Challenging Scenarios Using 3-dimensional–printed Guides and Trepine Burs—A Report of 3 Cases. *Journal of Endodontics*, 44(4), 671-677. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2017.12.019>

Hassfeld, S., & Mühling, J. (2001). Computer assisted oral and maxillofacial surgery – a review and an assessment of technology. *International Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, 30(1), 2-13. <https://doi.org/10.1054/ijom.2000.0024>

Hoang, D., Perrault, D., Stevanovic, M., & Ghiassi, A. (2016). Surgical applications of three-dimensional printing: A review of the current literature & how to get started. *Annals of Translational Medicine*, 4(23), 456-456. <https://doi.org/10.21037/atm.2016.12.18>

Jung, W., Park, S., & Shin, H. (2015). Combining volumetric dental CT and optical scan data for teeth modeling. *Computer-Aided Design*, 67-68, 24-37. <https://doi.org/10.1016/j.cad.2015.04.008>

Kfir, A., Telishevsky-Strauss, Y., Leitner, A., & Metzger, Z. (2013). The diagnosis and conservative treatment of a complex type 3 dens invaginatus using cone beam computed tomography (CBCT) and 3D plastic models. *International Endodontic Journal*, 46(3), 275-288. <https://doi.org/10.1111/iej.12013>

Khayat, B. (2006). *Chirurgie endodontique ou endodontie chirurgicale ? 5.*

Kim, E., Song, J.-S., Jung, I.-Y., Lee, S.-J., & Kim, S. (2008). Prospective Clinical Study Evaluating Endodontic Microsurgery Outcomes for Cases with Lesions of Endodontic Origin Compared with Cases with Lesions of Combined Periodontal–Endodontic Origin. *Journal of Endodontics*, 34(5), 546-551. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2008.01.023>

Kim, S., & Kratchman, S. (2006). Modern Endodontic Surgery Concepts and Practice : A Review. *Journal of Endodontics*, 32(7), 601-623. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2005.12.010>

Krastl, G., Zehnder, M. S., Connert, T., Weiger, R., & Kühl, S. (2016). Guided Endodontics : A novel treatment approach for teeth with pulp canal calcification and apical pathology. *Dental Traumatology*, 32(3), 240-246. <https://doi.org/10.1111/edt.12235>

Kurian, K., Shanmugam, S., Vishwanath, R., & Harsha Vardhan, T. (2008). Dens evaginatus and dens invaginatus in all maxillary incisors a case report with review of literature. *Journal of Pierre Fauchard Academy (India Section)*, 22(2), 59-62. [https://doi.org/10.1016/S0970-2199\(08\)22003-5](https://doi.org/10.1016/S0970-2199(08)22003-5)

Lara-Mendes, S. T. de O., Barbosa, C. de F. M., Santa-Rosa, C. C., & Machado, V. C. (2018). Guided Endodontic Access in Maxillary Molars Using Cone-beam Computed Tomography and Computer-aided Design/Computer-aided Manufacturing System : A Case Report. *Journal of Endodontics*, 44(5), 875-879. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2018.02.009>

Lee, J.-K., Ha, B.-H., Choi, J.-H., Heo, S.-M., & Perinpanayagam, H. (2006). Quantitative Three-Dimensional Analysis of Root Canal Curvature in Maxillary First Molars Using Micro-Computed Tomography. *Journal of Endodontics*, 32(10), 941-945. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2006.04.012>

Levitan, M. E., & Himel, V. T. (2006). Dens Evaginatus : Literature Review, Pathophysiology, and Comprehensive Treatment Regimen. *Journal of Endodontics*, 32(1), 1-9. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2005.10.009>

Lofthag-Hansen, S., Huuonen, S., Gröndahl, K., & Gröndahl, H.-G. (2007). Limited cone-beam CT and intraoral radiography for the diagnosis of periapical pathology. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*, 103(1), 114-119. <https://doi.org/10.1016/j.tripleo.2006.01.001>

- Maia, L. M., de Carvalho Machado, V., da Silva, N. R. F. A., Brito Júnior, M., da Silveira, R. R., Moreira Júnior, G., & Ribeiro Sobrinho, A. P. (2019). Case Reports in Maxillary Posterior Teeth by Guided Endodontic Access. *Journal of Endodontics*, 45(2), 214-218. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2018.11.008>
- Mangano, F., Gandolfi, A., Luongo, G., & Logozzo, S. (2017). Intraoral scanners in dentistry: A review of the current literature. *BMC Oral Health*, 17(1), 149. <https://doi.org/10.1186/s12903-017-0442-x>
- McCabe, P. S., & Dummer, P. M. H. (2012). Pulp canal obliteration: An endodontic diagnosis and treatment challenge: Diagnosis and treatment of pulpal obliteration. *International Endodontic Journal*, 45(2), 177-197. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2591.2011.01963.x>
- Mena-Álvarez, J., Rico-Romano, C., Lobo-Galindo, A. B., & Zubizarreta-Macho, Á. (2017). Endodontic treatment of dens evaginatus by performing a splint guided access cavity. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*, 29(6), 396-402. <https://doi.org/10.1111/jerd.12314>
- Metska, M. E., Liem, V. M. L., Parsa, A., Koolstra, J. H., Wesselink, P. R., & Ozok, A. R. (2014). Cone-beam Computed Tomographic Scans in Comparison with Periapical Radiographs for Root Canal Length Measurement: An In Situ Study. *Journal of Endodontics*, 40(8), 1206-1209. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2013.12.036>
- Mohammed, S. A., Vianna, M. E., Penny, M. R., Hilton, S. T., Mordan, N. J., & Knowles, J. C. (2018). Investigations into *in situ* *Enterococcus faecalis* biofilm removal by passive and active sodium hypochlorite irrigation delivered into the lateral canal of a simulated root canal model. *International Endodontic Journal*, 51(6), 649-662. <https://doi.org/10.1111/iej.12880>
- Moreno-Rabié, C., Torres, A., Lambrechts, P., & Jacobs, R. (2020). Clinical applications, accuracy and limitations of guided endodontics: A systematic review. *International Endodontic Journal*, 53(2), 214-231. <https://doi.org/10.1111/iej.13216>

Nair, P. N. R. (2006). On the causes of persistent apical periodontitis : A review. *International Endodontic Journal*, 39(4), 249-281. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2591.2006.01099.x>

Nassri, M. R. G., Carlik, J., Silva, C. R. N. da, Okagawa, R. E., & Lin, S. (2008). Critical analysis of artificial teeth for endodontic teaching. *Journal of Applied Oral Science*, 16(1), 43-49. <https://doi.org/10.1590/S1678-77572008000100009>

Obaton, A.-F., Bernard, A., Taillandier, G., & Moschetta, J.-M. (2015). Fabrication additive : État de l'art et besoins métrologiques engendrés. *Revue française de métrologie*, 37, 21-36. <https://doi.org/10.1051/rfm/2015003>

Oginni, A. O., Adekoya-Sofowora, C. A., & Kolawole, K. A. (2009). Evaluation of radiographs, clinical signs and symptoms associated with pulp canal obliteration : An aid to treatment decision. *Dental Traumatology*, 25(6), 620-625. <https://doi.org/10.1111/j.1600-9657.2009.00819.x>

Pascual, D., & Vaysse, J. (2016). Chirurgie implantaire et prothèse guidées et assistées par ordinateur : Le flux numérique continu. *Revue de Stomatologie, de Chirurgie Maxillo-faciale et de Chirurgie Orale*, 117(1), 28-35. <https://doi.org/10.1016/j.revsto.2015.11.011>

Patel, S, Aldowaisan, A., & Dawood, A. (2017). A novel method for soft tissue retraction during periapical surgery using 3D technology : A case report. *International endodontic journal*, 50(8), 813-822.

Patel, S., Durack, C., Abella, F., Shemesh, H., Roig, M., & Lemberg, K. (2015). Cone beam computed tomography in Endodontics—A review. *International Endodontic Journal*, 48(1), 3-15. <https://doi.org/10.1111/iej.12270>

Patel, S., Wilson, R., Dawood, A., Foschi, F., & Mannocci, F. (2012). The detection of periapical pathosis using digital periapical radiography and cone beam computed tomography - Part 2 : A 1-year post-treatment follow-up: Outcome of endodontic treatment part 2. *International Endodontic Journal*, 45(8), 711-723. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2591.2012.02076.x>

- Patel, Shanon, Patel, R., Foschi, F., & Mannocci, F. (2019). The Impact of Different Diagnostic Imaging Modalities on the Evaluation of Root Canal Anatomy and Endodontic Residents' Stress Levels : A Clinical Study. *Journal of Endodontics*, 45(4), 406-413. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2018.12.001>
- Pinsky, H. M., Champlébourg, G., & Sarment, D. P. (2007). Periapical surgery using CAD/CAM guidance : Preclinical results. *Journal of endodontics*, 33(2), 148-151.
- Popowicz, W., Palatyńska-Ulatowska, A., & Kohli, M. R. (2019). Targeted Endodontic Microsurgery : Computed Tomography–based Guided Stent Approach with Platelet-rich Fibrin Graft: A Report of 2 Cases. *Journal of Endodontics*, 45(12), 1535-1542. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2019.08.012>
- Priya, M., Muthu, M. S., Jeevarathan, J., & Rathnaprabhu, V. (2011). Unusual Dens Evaginatus on Maxillary Premolars : A Case Report. *Journal of Dentistry for Children*, 5.
- Rahbaran, S., Gilthorpe, M. S., Harrison, S. D., & Gulabivala, K. (2001). Comparison of clinical outcome of periapical surgery in endodontic and oral surgery units of a teaching dental hospital : A retrospective study. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*, 91(6), 700-709. <https://doi.org/10.1067/moe.2001.114828>
- Richert, R., Goujat, A., Venet, L., Viguie, G., Viennot, S., Robinson, P., Farges, J.-C., Fages, M., & Ducret, M. (2017). Intraoral Scanner Technologies : A Review to Make a Successful Impression. *Journal of Healthcare Engineering*, 2017, 1-9. <https://doi.org/10.1155/2017/8427595>
- Robberecht, L., Chai, F., Dehurtevent, M., Marchandise, P., Bécavin, T., Hornez, J.-C., & Deveaux, E. (2017). A novel anatomical ceramic root canal simulator for endodontic training. *European Journal of Dental Education*, 21(4), e1-e6. <https://doi.org/10.1111/eje.12207>
- Robertson, A., Andreasen, F. M., Bergenholtz, G., Andreasen, J. O., & Norén, J. G. (1996). Incidence of pulp necrosis subsequent to pulp canal obliteration from trauma of

permanent incisors. *Journal of Endodontics*, 22(10), 557-560.
[https://doi.org/10.1016/S0099-2399\(96\)80018-5](https://doi.org/10.1016/S0099-2399(96)80018-5)

Rotstein, I., Stabholz, A., Heling, I., & Friedman, S. (1987). Clinical considerations in the treatment of dens invaginatus. *Dental Traumatology*, 3(5), 249-254.
<https://doi.org/10.1111/j.1600-9657.1987.tb00632.x>

Rubinstein, R. A., & Kim, S. (s. d.). *Short-Term Observation of the Results of Endodontic Surgery with the Use of a Surgical Operation Microscope and Super-EBA as Root-End Filling Material*. 6.

Rubinstein, R., & Kim, S. (2002). Long-Term Follow-Up of Cases Considered Healed One Year After Apical Microsurgery. *Journal of Endodontics*, 28(5), 378-383.
<https://doi.org/10.1097/00004770-200205000-00008>

Setzer, F. C., Shah, S. B., Kohli, M. R., Karabucak, B., & Kim, S. (2010). Outcome of Endodontic Surgery: A Meta-analysis of the Literature—Part 1: Comparison of Traditional Root-end Surgery and Endodontic Microsurgery. *Journal of Endodontics*, 36(11), 1757-1765. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2010.08.007>

Shah, P., & Chong, B. S. (2018). 3D imaging, 3D printing and 3D virtual planning in endodontics. *Clinical Oral Investigations*, 22(2), 641-654.
<https://doi.org/10.1007/s00784-018-2338-9>

Shah, P. K., & Chong, B. S. (2018). A web-based endodontic case difficulty assessment tool. *Clinical Oral Investigations*, 22(6), 2381-2388. <https://doi.org/10.1007/s00784-018-2341-1>

Shen, P., Zhao, J., Fan, L., Qiu, H., Xu, W., Wang, Y., Zhang, S., & Kim, Y.-J. (2015). Accuracy evaluation of computer-designed surgical guide template in oral implantology. *Journal of Cranio-Maxillofacial Surgery*, 43(10), 2189-2194.
<https://doi.org/10.1016/j.jcms.2015.10.022>

- Shi, X., Zhao, S., Wang, W., Jiang, Q., & Yang, X. (2018). Novel navigation technique for the endodontic treatment of a molar with pulp canal calcification and apical pathology. *Australian Endodontic Journal*, 44(1), 66-70.
- Strbac, G. D., Schnappauf, A., Giannis, K., Moritz, A., & Ulm, C. (2017). Guided Modern Endodontic Surgery: A Novel Approach for Guided Osteotomy and Root Resection. *Journal of Endodontics*, 43(3), 496-501. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2016.11.001>
- Sun, J., & Zhang, F. (2012). The application of rapid prototyping in prosthodontics. *Journal of Prosthodontics: Implant, Esthetic and Reconstructive Dentistry*, 21(8), 641-644.
- Sun, Y., Luebbbers, H.-T., Agbaje, J. O., Schepers, S., Politis, C., Van Slycke, S., & Vrielinck, L. (2015). Accuracy of Dental Implant Placement Using CBCT-Derived Mucosa-Supported Stereolithographic Template: Accuracy of Guided Implantology. *Clinical Implant Dentistry and Related Research*, 17(5), 862-870. <https://doi.org/10.1111/cid.12189>
- Tchorz, J. P., Wrbas, K.-T., & Hellwig, E. (2019). Guided endodontic access of a calcified mandibular central incisor using a software-based three-dimensional treatment plan. *International Journal of Computerized Dentistry*, 9.
- Thakur, S., Thakur, N., Bramta, M., & Gupta, M. (2014). Dens invagination: A review of literature and report of two cases. *Journal of Natural Science, Biology and Medicine*, 5(1), 218. <https://doi.org/10.4103/0976-9668.127341>
- Torabinejad, M., Corr, R., Handysides, R., & Shabahang, S. (2009). Outcomes of nonsurgical retreatment and endodontic surgery: A systematic review. *Journal of endodontics*, 35(7), 930-937.
- Torabinejad, M., Kutsenko, D., Machnick, T. K., Ismail, A., & Newton, C. W. (2005). Levels of Evidence for the Outcome of Nonsurgical Endodontic Treatment. *Journal of Endodontics*, 31(9), 637-646. <https://doi.org/10.1097/01.don.0000153593.64951.14>

Tsesis, I., Rosen, E., Schwartz-Arad, D., & Fuss, Z. (2006). Retrospective Evaluation of Surgical Endodontic Treatment: Traditional versus Modern Technique. *Journal of Endodontics*, 32(5), 412-416. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2005.10.051>

van der Meer, W. J., Vissink, A., Ng, Y. L., & Gulabivala, K. (2016). 3D Computer aided treatment planning in endodontics. *Journal of Dentistry*, 45, 67-72. <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2015.11.007>

Vasudev, S., & Goel, B. (2005). Endodontic Management of Dens Evaginatus of Maxillary Central Incisors: A Rare Case Report. *Journal of Endodontics*, 31(1), 67-70. <https://doi.org/10.1097/01.don.0000137645.87493.cd>

Wesson, C. M., & Gale, T. M. (2003). Molar apicectomy with amalgam root-end filling: Results of a prospective study in two district general hospitals. *British Dental Journal*, 195(12), 707-714. <https://doi.org/10.1038/sj.bdj.4810834>

Wu, M., Dummer, P., & Wesselink, P. (2006). Consequences of and strategies to deal with residual post-treatment root canal infection. *International endodontic journal*, 39(5), 343-356.

Ye, S., Zhao, S., Wang, W., Jiang, Q., & Yang, X. (2018). A novel method for periapical microsurgery with the aid of 3D technology: A case report. *BMC Oral Health*, 18(1), 85. <https://doi.org/10.1186/s12903-018-0546-y>.

Zehnder, M. S., Connert, T., Weiger, R., Krastl, G., & Kühl, S. (2016). Guided endodontics: Accuracy of a novel method for guided access cavity preparation and root canal location. *International Endodontic Journal*, 49(10), 966-972. <https://doi.org/10.1111/iej.12544>

Zubizarreta Macho, Á., Ferreira, A., Rico-Romano, C., Alonso-Ezpeleta, L. Ó., & Mena-Álvarez, J. (2015). Diagnosis and endodontic treatment of type II dens invaginatus by using cone-beam computed tomography and splint guides for cavity access. *The*

Journal of the American Dental Association, 146(4), 266-270.
<https://doi.org/10.1016/j.adaj.2014.11.021>

Zubizarreta-Macho, Á., Ferreiroa, A., Agustin-Panadero, R., Rico-Romano, C., Lobo-Galindo, A., & Mena-Alvarez, J. (2019). Endodontic re-treatment and restorative treatment of a dens invaginatus type II through new technologies. *Journal of Clinical and Experimental Dentistry*, 0-0. <https://doi.org/10.4317/jced.55840>