

UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA

FACULDADE DE ODONTOLOGIA

GRADUAÇÃO EM ODONTOLOGIA

Maysa Gaudereto Laurindo

Endodontia guiada por tomografia computadorizada de feixe cônico:
aplicações clínicas e direções futuras

Juiz de Fora

2023

Maysa Gaudereto Laurindo

**Endodontia guiada por tomografia computadorizada de feixe cônico:
aplicações clínicas e direções futuras**

Trabalho de conclusão de curso
apresentado à Faculdade de Odontologia
da Universidade Federal de Juiz de Fora
como requisito parcial à obtenção do título
de Cirurgiã-Dentista.

Orientadora: Profa. Dra. Anamaria Pessôa Pereira Leite

Coorientador: Prof. Dr. Celso Neiva Campos

Juiz de Fora

2023

Ficha catalográfica elaborada através do programa de geração automática da Biblioteca Universitária da UFJF, com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

Gaudereto Laurindo, Maysa .

Endodontia guiada por tomografia computadorizada de feixe cônico : aplicações clínicas e direções futuras / Maysa Gaudereto Laurindo. -- 2023.

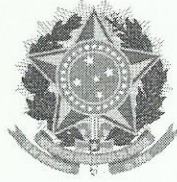
79 f.

Orientadora: Anamaria Pessoa Pereira Leite

Coorientador: Celso Neiva Campos

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) - Universidade Federal de Juiz de Fora, Faculdade de Odontologia, 2023.

1. CAD/CAM. 2. endodontia. 3. preparação do canal radicular. 4. endodontia guiada. 5. calcificação do canal radicular. I. Pessoa Pereira Leite, Anamaria , orient. II. Neiva Campos, Celso , coorient. III. Título.



UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA
REITORIA - FACODONTO - Coordenação do Curso de Odontologia

MAYSA GAUDERETO LAURINDO

**Endodontia guiada por tomografia computadorizada de feixe cônico:
aplicações clínicas e direções futuras.**

Trabalho de conclusão de curso apresentado à Faculdade de Odontologia da Universidade Federal de Juiz de Fora como requisito parcial à obtenção do título de Cirurgião-Dentista.

Aprovada em 09 de março de 2023.

BANCA EXAMINADORA

Profa. Dra. Anamaria Pessoa Pereira Leite
Universidade Federal de Juiz de Fora

Prof. Dr. Celso Neiva Campos
Universidade Federal de Juiz de Fora

Prof. Dr. Antônio Marcio Resende do Carmo
Universidade Federal de Juiz de Fora

Dedico este trabalho aos meus pais, Daniel Correa Laurindo e Ivone Miranda Gaudereto Laurindo, por me inspirarem e por não medirem esforços para que fosse possível a conclusão desta faculdade.

AGRADECIMENTOS

Sou grata à **Deus** por sempre me mostrar o caminho certo e por permitir que eu permaneça firme nos propósitos que me concedeu.

Agradeço aos meus pais, **Daniel** e **Ivone**, por confiarem em mim e me darem todo o suporte necessário ao longo da minha graduação e de toda a minha vida, por todos os seus esforços investidos na minha educação permitindo que eu vivesse esse sonho.

Agradeço aos meus **avós** por terem sido base da minha família e me dado tanto amor e carinho.

Agradeço à minha irmã, **Náira**, pelo apoio, incentivo e por sempre ter sido um exemplo para mim.

Sou grata à toda a minha família, **tios (as)** e **primos (as)** por todo apoio e amor quando precisei.

Muito obrigada ao meu namorado, **Rômulo**, por permanecer ao meu lado, me ajudando, apoiando e me mantendo motivada.

Agradeço aos meus amigos que estiveram comigo nesta caminhada, em especial à **Yasmin, Eduarda, Istefani, Luara** e **Guilherme**, os quais tornaram os dias mais leves e alegres e fizeram parte da minha construção como pessoa.

Agradeço ao IF Sudeste MG, instituição onde cursei o ensino médio e me proporcionou um amadurecimento acadêmico e pessoal, bem como, me permitiu fazer belas amizades.

Agradeço também a Universidade Federal de Juiz de Fora, em especial a Faculdade de Odontologia, por toda estrutura, acolhimento e dedicação para que fosse possível uma boa formação profissional.

Agradeço à minha orientadora, **Professora Doutora Anamaria Pessoa Pereira Leite**, pelos ensinamentos a mim confiados e por todo enriquecimento à minha formação acadêmica. Obrigada por toda contribuição e dedicação a este trabalho.

Ao meu co-orientador, **Professor Doutor Celso Neiva Campos**, agradeço imensamente por acreditar em mim e neste trabalho. Obrigada por me orientar

brilantemente, dispensando toda a sua atenção com valiosas indicações e conselhos, que fizeram toda a diferença e foram essenciais para que este trabalho fosse concluído.

A todos os mestres que contribuíram com a minha formação acadêmica e profissional durante a minha vida e se tornaram exemplos para mim.

Minha gratidão também aos pacientes que permitiram meu crescimento, tanto como profissional, quanto pessoa.

Muito obrigada!

“Mas na profissão, além de amar, tem de saber. E o saber leva tempo para crescer”.

Rubem Alves

RESUMO

O uso de tecnologias modernas em endodontia como, TCFC e CAD/CAM tem aumentado a precisão no planejamento e na execução do tratamento endodôntico e ajudado os profissionais a superar desafios na prática clínica. O objetivo do presente trabalho, a partir de uma revisão da literatura, foi elucidar as aplicabilidades clínicas da endodontia guiada, descrever a técnica, as vantagens e as desvantagens, bem como evidenciar as direções futuras da técnica. Foram consultadas as bases de dados Pubmed e periódicos CAPES, na língua inglesa, entre os anos de 2016 a 2022. Foi possível constatar que a endodontia guiada vem sendo desenvolvida e ampliando as suas indicações. Vários estudos têm relatado a eficácia e aplicabilidade desta técnica guiada na localização de canais severamente calcificados, na reintervenção endodôntica de dentes restaurados com pinos de fibra e MTA, no tratamento de dens invaginatus e em cirurgias paraendodônticas. Esta técnica permite uma maior preservação da estrutura dentária, menor tempo de cadeira e prevenção de danos iatrogênicos, podendo ser realizada por um profissional menos experiente e sem o uso de microscópio cirúrgico. Fatores limitantes como, exigência de espaço interoclusal, acesso em linha reta e espessura da raiz podem ser encontrados ao se utilizar esta nova abordagem. Também algumas desvantagens devem ser consideradas como, custo adicional, tempo de planejamento, número de visitas, exposição à radiação pela TCFC e o uso de brocas destinadas à implantodontia. Concluiu-se que a endodontia guiada tem demonstrado ser precisa ao localizar os orifícios do canal radicular em casos complexos, reduzindo o risco de iatrogenias e proporcionando a maior longevidade do dente tratado, ou seja, é determinante que esta nova abordagem permite a produção de resultados cada vez mais promissores para os tratamentos endodônticos. No entanto, vale salientar a necessidade de novos estudos e pesquisas que avaliem a acurácia da técnica.

Palavras-chave: CAD CAM; endodontia; preparação do canal radicular; endodontia guiada; calcificação do canal radicular.

ABSTRACT

The use of modern technologies in endodontics such as CBCT and CAD/CAM have increased accuracy in planning and in execution of endodontic treatment and also, helped professionals to overcome challenges in clinical practice. Based on a literature review, the goal of this paper was elucidating the clinical applicability of the guided endodontic technique, describing the technique with advantages and disadvantages, and also point the future directions of this technique. The Pubmed and CAPES journals databases were consult, in the English language, with data from 2016 to 2022. It was possible to see that guided endodontics has been developing and expanding its indications. Several studies have been described the effectiveness and the applicability of guided technique not only for localization of severely calcified canals, but also in the endodontic reintervention of teeth restored with fiber pins and MTA, and in the treatment of dens invaginatus and also in paraendodontic surgeries. This technique allows a larger preservation of tooth structure, less chair time and prevention of iatrogenic damage, it is possible to be done by a less experienced professional without the use of a surgical microscope as well. Limiting factors such as interocclusal space requirement, straight line access and root thickness may be encountered when using this new approach. Moreover, some disadvantages should be considered such as additional cost, planning time, number of visits, radiation exposure by CBCT and the use of implant burs. In conclusion, guided endodontics has been shown accuracy in locating the root canal holes in complex cases, reducing the risk of iatrogenesis and providing the more longevity of the treated tooth, i.e., it is determinant that this new approach allows the production of promising results for endodontic treatments. However, it is worth emphasizing the need for further studies and research that evaluate the accuracy of the guided endodontic technique.

Keywords: CAD CAM; endodontics; root canal preparation; endodontics guided; pulp canal calcificacion.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AAE	Associação Americana de Endodontia
ACP	Preparo Cavitário de Acesso
CAD	<i>Computer-aided design</i>
CAM	<i>Computer-aided manufacturing</i>
CAD CAM	<i>Computer-aided design and manufacturing</i>
CONV	Técnica Convencional
DN	<i>Navegação Dinâmica</i>
DNS	<i>Dynamic Navigation System</i>
DOM	<i>Digital Operating Microscope</i>
DICOM	<i>Digital Imaging and Communications in Medicine</i>
DI	<i>Dens invaginatus</i>
EDTA	Ácido Etilenodiaminotetracético
FRC	Compósito Reforçado com Fibra
FDM	Modelagem de Deposição Fundida
IC	Intervalo de Confiança
JCE	Junção Cimento-Esmalte
MATLAB	<i>Matrix Laboratory</i>
MTA	Agregado de Trióxido Mineral
MV1	Canal Mésio Vestibular 1

MV2	Canal Mésio Vestibular 2
ML	Canal Mésio Lingual
mm	Milímetro
NiTi	Níquel-titânio
n	Tamanho de amostra
PCO	Obliteração do Canal Pulpar
PCC	Calcificação do Canal Pulpar
RM	Ressonância Magnética
RTGE	Endodontia Guiada em Tempo Real
RPM	Rotações Por Minuto
SG	Acesso Guiado Estático
SN	Navegação Estática
STL	Estereolitografia
TCFC	Tomografia Computadorizada de Feixe Cônico
TCNC	Tecnologia de Controle Numérico Computadorizado
3D	Três Dimensões

LISTA DE SÍMBOLOS

%	porcentagem
<	menor que
>	maior que

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	13
2	PROPOSIÇÃO.....	16
3	REVISÃO DA LITERATURA.....	17
3.1	DESENVOLVIMENTO DA ENDODONTIA GUIADA: NAVEGAÇÃO ESTÁTICA (SN) E NAVEGAÇÃO DINÂMICA (DN)	17
3.2	APLICAÇÕES CLÍNICAS	20
3.2.1	Sistema de canais radiculares calcificados: dentes anteriores..	20
3.2.2	Sistema de canais radiculares calcificados: dentes posteriores	31
3.2.3	Dentes anômalos	40
3.2.4	Remoção de pino de fibra de vidro.....	43
3.2.5	Remoção de MTA	46
3.2.6	Microcirurgia endodôntica guiada	47
3.2.7	Tratamento de falhas.....	50
3.2.8	Estudo ex vivo	52
3.2.9	Estudo in vitro.....	54
3.3	TENDÊNCIAS ATUAIS E PERSPECTIVAS FUTURAS	59
4	DISCUSSÃO.....	64
5	CONCLUSÃO.....	74
	REFERÊNCIAS.....	76

1 INTRODUÇÃO

A terapêutica endodôntica tem como finalidade o controle adequado da microbiota residente através da modelagem, desinfecção e obturação do sistema de canais radiculares para que ocorra a cicatrização periapical. O processo de calcificação da câmara pulpar e do sistema de canais radiculares pode dificultar o acesso e desafiar os objetivos do tratamento endodôntico (VAN DER MEER et al., 2016). A calcificação dos condutos radiculares está frequentemente associada a histórico de traumatismo dentário, irritação crônica como a cárie, procedimentos restauradores, lesões pulpares, tratamento ortodôntico, envelhecimento e condições sistêmicas (ANDERSON, WEALLEANS e RAY, 2018; MORENO-RABIÉ et al., 2020). A calcificação do canal pulpar ocorre pela aposição de dentina, secundária ou terciária, a partir da câmara pulpar em direção ao ápice, podendo se apresentar como uma obliteração parcial ou total do canal radicular. A dentina secundária é fisiológica, relacionada ao processo de envelhecimento pulpar em pacientes idosos, diferentemente da dentina terciária que se forma em resposta a estímulos patológicos como a cárie, podendo ser reparadora ou reacional (CARVALHO e LUSSI, 2017; LARA-MENDES et al., 2018).

A abordagem endodôntica profilática em dentes com calcificação pulpar não se justifica (TODD et al., 2021). Portanto, o tratamento endodôntico desses dentes é recomendado apenas quando ocorre o desenvolvimento de necrose pulpar evidenciada por doença periapical e/ou sintomas clínicos (TORRES et al., 2019). Segundo a *American Association of Endodontics* os tratamentos endodônticos em dentes com canais radiculares calcificados apresentam alto nível de dificuldade (VAN DER MEER et al., 2016) e estão associados a alto risco de complicações (KRUG et al., 2020). A microscopia endodôntica e pontas ultrassônicas são utilizadas no acesso a canais radiculares obliterados, porém as taxas de sucesso são limitadas a 75% (MAIA et al., 2019). Mesmo o profissional mais experiente ao tentar localizar a entrada do canal radicular calcificado e prepará-lo adequadamente, pode promover iatrogenias como, desgaste excessivo do tecido dentário, perfurações, fratura dos instrumentos endodônticos e localização incompleta do sistema de canais radiculares

(GONÇALVES et al., 2021). Contudo, esta é uma questão importante, visto que pode afetar significativamente o sucesso da terapia endodôntica e conseqüentemente o prognóstico do dente (ZUBIZARRETA-MACHO et al., 2021).

Antes da endodontia guiada, quando o tratamento endodôntico convencional não era possível, as alternativas para dentes com sistemas de canais radiculares calcificados se limitavam a intervenção cirúrgica, extração ou reimplante (MAIA et al., 2019). À vista disso, a endodontia guiada surgiu recentemente como uma nova abordagem para acessar o preparo cavitário nesses casos complexos e tem demonstrado ser precisa ao localizar os orifícios do canal radicular. Desde então, vem sendo desenvolvida e ampliando as suas indicações. Assim sendo, vários estudos têm relatado a eficácia e aplicabilidade desta técnica no tratamento de dens invaginatus, cirurgias paraendodônticas e reintervenção endodôntica com necessidade de remoção de pinos de fibra de vidro ou agregado de trióxido mineral (MTA) dos canais radiculares (ALI e ARSLAN, 2021; FONSECA et al., 2022; LEONTIEV et al., 2021; LOUREIRO et al., 2021; SANTIAGO et al., 2022).

A endodontia guiada se desenvolveu a partir dos avanços tecnológicos da tomografia computadorizada de feixe cônico (TCFC), scanner intraoral, software de planejamento e das tecnologias de impressão 3D (SANTIAGO et al., 2022). Inspirados nos sistemas de navegação inicialmente desenvolvidos para implantodontia, o uso combinado de TCFC e varredura intraoral da área alvo, permitiu o desenvolvimento do sistema endodôntico guiado por navegação estática e dinâmica. A orientação estática implica no uso de um gabarito, enquanto a navegação dinâmica em tempo real depende de um sistema de câmeras e tecnologia de marcador (CONNERT et al., 2021; LOUREIRO et al., 2021). O acesso planejado e orientado aos canais radiculares permite a localização mais rápida e previsível, com maior preservação da estrutura dentária e evita acidentes como desvios e perfurações, levando a maior longevidade do dente tratado (FONSECA et al., 2022). Além disso, a técnica se mostra segura mesmo sendo realizada por operadores menos experientes (LARA-MENDES et al., 2018).

Ademais, existem limitações da técnica como, necessidade de treinamento prévio, impossibilidade de procedimentos de urgência por requerer TCFC e varredura

intraoral com antecedência, exposição do paciente à radiação durante a TCFC e exigência de equipamentos e dispositivos únicos (SANTIAGO et al., 2022). Outros fatores agravantes são o custo adicional do tratamento (KOCH et al., 2022) e o tempo relativamente mais longo necessário para planejar, projetar e fabricar o guia. O espaço interoclusal limitado como é o caso da região posterior da arcada dentária também pode se apresentar como uma limitação, já que o espaço deve abranger o guia e uma broca longa (TORRES et al., 2021). Também, a espessura da raiz como em incisivos inferiores que apresentam raízes estreitas pode ser um dificultador. Ademais, a técnica de acesso guiado é limitada a canais retos, portanto não é possível a negociação de curvaturas radiculares (MORENO-RABIÉ et al., 2020).

Logo, compreendendo a importância desta tecnologia inovadora no cenário da endodontia contemporânea e visto que têm sido crescente o número de pesquisas e consequente aumento de sua utilização como alternativa terapêutica em casos complexos, o presente trabalho teve como objetivo revisar a literatura quanto às aplicações clínicas da endodontia guiada na atualidade, abordar a descrição da técnica, suas vantagens e desvantagens, bem como relatar importantes estudos encontrados na literatura que evidenciam as direções futuras da técnica.

2 PROPOSIÇÃO

Este trabalho objetivou, a partir de uma revisão da literatura, conhecer as aplicações clínicas da técnica de endodontia guiada, bem como, descrever a técnica, suas vantagens e limitações. Também buscou-se discutir os resultados de pesquisas científicas relevantes sobre o tema que evidenciam as direções futuras da técnica. Utilizou-se artigos científicos, na língua inglesa, encontrados nas bases de dados Pubmed e periódicos CAPES, entre os anos de 2016 a 2022.

3 REVISÃO DA LITERATURA

3.1 DESENVOLVIMENTO DA ENDODONTIA GUIADA: NAVEGAÇÃO ESTÁTICA (SN) E NAVEGAÇÃO DINÂMICA (DN)

Ao considerar a evolução da endodontia, é imprescindível destacar a utilização da TCFC, visto que a precisão das imagens tomográficas levou a um diagnóstico mais preciso em endodontia. A TCFC se tornou essencial em casos complexos em que as radiografias convencionais não fornecem informações suficientes sobre a localização e distribuição do sistema de canais radiculares e seu entorno, melhorando assim a taxa de sucesso do tratamento endodôntico (MORENO-RABIÉ et al., 2020; SANTIAGO et al., 2022; ZUBIZARRETA-MACHO et al., 2019).

Visto a necessidade dos profissionais em superar dificuldades encontradas no tratamento de canais radiculares variantes e desafiadores como, canais severamente calcificados, o conceito de “endodontia guiada” tem sido amplamente investigado nos últimos 6 anos (YAN et al., 2021). Este conceito é baseado na fusão de dados de TCFC com uma varredura de superfície intraoral para planejar e guiar o trajeto de perfuração durante o acesso endodôntico. O sistema endodôntico guiado abrange duas vertentes: navegação estática (SN) e navegação dinâmica (DN) auxiliadas por computador (CONNERT, WEIGER e KRASTL, 2022; FU et al., 2022; ZUBIZARRETA-MACHO et al., 2021). Ambos os sistemas de navegação foram inicialmente desenvolvidos para uso em implantodontia, servindo de inspiração para a aplicação endodôntica (GONÇALVES et al., 2021).

A técnica de navegação estática utiliza um gabarito fabricado com tecnologia de desenho assistido por computador/fabricação assistida por computador (CAD/CAM) para direcionar o acesso aos canais radiculares (FU et al., 2022). A aplicação de CAD/CAM envolve as etapas que serão mencionadas a seguir. É realizada uma TCFC detalhada da área alvo com alta resolução para visualização dos canais radiculares e um scanner intraoral ou digitalização de um molde de gesso usando um scanner de laboratório para criar uma varredura digital de superfície (CONNERT; WEIGER; KRASTL, 2022). A TCFC é armazenada como um arquivo DICOM e a partir da varredura digital de superfície é criado um arquivo de

estereolitografia (STL). A TCFC e a varredura digital de superfícies são convertidos no STL, para posteriormente serem sobrepostos em aplicativos de softwares especializados como, o coDiagnostiX™ e o Simplant® (NAYAK et al., 2018) e então criar a forma virtual da superfície 3D. A segmentação DICOM e o processamento STL no software CAD permitem uma melhor visualização do sistema de canais radiculares, tecidos moles, extensão da obliteração e localização do lúmen remanescente do canal (SANTIAGO et al., 2022).

Ao ter um modelo virtual do dente, é criada uma imagem virtual em escala real de uma broca com dimensões específicas, para ser alinhada à parte visível do canal radicular. Quando não é possível a visualização do canal radicular na TCFC o ponto alvo escolhido é o ápice do dente. Portanto, é determinada uma orientação ideal em linha reta da broca endodôntica em relação a um ponto de referência (CONNERT, WEIGER e KRASTL, 2022; NAYAK ET AL., 2018). Uma manga guia é virtualmente confeccionada e incorporada ao processo de planejamento para posteriormente ser integrada ao guia impresso para guiar os movimentos da broca durante a preparação do orifício (LARA-MENDES et al., 2018).

O guia bem adaptado deve se manter estável e sem movimentos durante o acesso, e para evitar esses movimentos pode ser feito o planejamento virtual de parafusos de fixação óssea (FONSECA et al., 2022). No entanto, uma série de vantagens podem ser alcançadas ao não fazer uso desses parafusos de fixação como, menos trauma para os tecidos moles e osso, colocação e remoção mais rápida do guia melhorando o processo de irrigação e remoção de detritos gerados durante o acesso ao canal radicular (GONÇALVES et al., 2021). A estabilidade do guia pode ser alcançada ao incluir os dentes adjacentes ao guia e respeitar uma folga mínima entre o guia virtual e as estruturas dentárias para garantir o auto travamento (BUCHGREITZ et al., 2016; LOUREIRO et al., 2021).

Após ser projetado o gabarito aplicando a ferramenta CAD, é realizada a fase CAM, na qual o gabarito é impresso (ALI e ARSLAN, 2021; SANTIAGO et al., 2022). A fabricação do modelo pode ser feita a partir tanto do CAD/CAM subtrativo quanto da impressão 3D aditiva (ANDERSON, WEALLEANS E RAY, 2018; CONNERT, WEIGER e KRASTL, 2022). Para impressão, o gabarito virtual é exportado para uma

impressora 3D no formato STL. O arquivo STL pode ser usado na fabricação local ou para impressão em locais distantes como laboratórios (ANDERSON, WEALLEANS e RAY, 2018). Ao final, se tem um gabarito de material rígido, fabricado com resinas biocompatíveis de modelagem de deposição fundida (FDM) ou STL ou fresados usando disco de polimetilmetacrilato biocompatível. (LLAQUET PUJOL et al., 2021). Uma manga metálica fabricada por tecnologia de controle numérico computadorizado (CNC) é incorporada no gabarito final (CONNERT et al., 2019; KRASTL et al., 2016).

Para iniciar o procedimento de acesso aos canais radiculares, o gabarito é encaixado na superfície dentária e a broca é deslocada alguns milímetros de profundidade a baixa velocidade e com movimentos de bombeamento enquanto é guiada pela manga. É realizada a tentativa de negociação do canal radicular com uma lima manual e após a limpeza da broca e seus detritos a perfuração é continuada até que a broca atinja o batente mecânico da manga indicando que o ponto alvo apical foi alcançado (CONNERT, WEIGER e KRASTL, 2022). Devido a capacidade da broca de gerar calor, um gel lubrificante pode ser empregado, bem como, a irrigação abundante após cada incremento de movimento, a fim de minimizar os danos térmicos à estrutura do dente (CHO, JO e HA, 2021). Apesar do acesso ser controlado virtualmente, clinicamente pode ser necessário radiografias transoperatórias e uso de um microscópio para conferir a profundidade e o caminho de perfuração. Após o canal radicular ser detectado e negociado, é possível realizar o tratamento endodôntico convencional (BUCHGREITZ et al., 2016; TODD et al., 2021).

O sistema de navegação dinâmica (DNS) é uma alternativa ao tratamento de implantodontia e tem sido utilizado em procedimentos endodônticos cirúrgicos e não cirúrgicos (DIANAT et al., 2021). O planejamento também é baseado em conjunto de dados de TCFC pré-operatória que é enviada para o sistema de navegação dinâmica (software X-Guide). Esta abordagem requer um sistema de triangulação óptica que usa câmeras de rastreamento de movimento estereoscópico e tecnologia de marcadores posicionados na boca do paciente (CONNERT, WEIGER e KRASTL, 2022; ZUBIZARRETA-MACHO et al., 2021). É realizado o planejamento virtual do

ponto de entrada da perfuração, o ângulo e a profundidade necessários para localizar o canal radicular. O clínico recebe em um monitor o feedback em tempo real sobre o ângulo e a profundidade da broca da peça de mão com base no plano virtual relacionado às seções axial, coronal e sagital (DIANAT et al., 2021).

3.2 APLICAÇÕES CLÍNICAS

3.2.1 Sistema de canais radiculares calcificados: dentes anteriores

Krastl et al. (2016) realizaram um relato de caso com objetivo de descrever uma nova abordagem de tratamento para dentes com calcificação do canal pulpar e patologia periapical. O caso selecionado foi de um paciente do sexo masculino, 15 anos, que apresentou dor no incisivo central superior direito. O exame clínico revelou discreta coloração do dente. O dente foi sensível à percussão e uma resposta negativa foi elucidada com testes pulpares a frio e elétrico. A radiografia periapical revelou uma imagem completamente obliterada da câmara pulpar e do canal pulpar. Uma TCFC mostrou sinais de periodontite apical. O canal radicular foi visível apenas no terço apical da raiz à distância de aproximadamente 7,7 mm do ápice. Para permitir uma localização guiada do canal radicular no terço apical, foi utilizado um molde impresso em 3D. Para fabricação, uma TCFC e uma varredura da superfície oral foram realizadas e combinadas usando software virtual para planejamento de implantes (coDiagnostiXTM). Uma broca virtual de comprimento total de 37 mm, comprimento de trabalho de 18,5 mm e um diâmetro de 1,5 mm foi sobreposta ao canal radicular e o seu eixo foi angulado de forma que a sua ponta alcançasse o ápice do dente visível radiograficamente. Um modelo virtual foi projetado com uma manga guia incorporada e os dados foram exportados como um arquivo STL e enviado para uma impressora 3D para fabricação do modelo. Tecnologia de controle numérico computadorizado (CNC) foi usada para fabricar a manga projetada. A cavidade foi estendida até a borda incisal para permitir acesso em linha reta, com a broca paralela ao longo eixo do dente. O modelo foi posicionado nos dentes anteriores da maxila. Após cada ganho de 2 mm em profundidade, um uma lima K tamanho 10 foi usada para verificar se o canal radicular podia ser

negociado. Isso foi possível em 9 mm distância do ápice, aproximadamente 1 mm antes de atingir o ponto-alvo apical. A localização do canal radicular e negociação até o ápice foi possível em menos de 5 minutos. A irrigação foi feita com hipoclorito de sódio 1%. A preparação adicional do canal radicular foi realizada usando um sistema de instrumentação rotatória endodôntica. Após medicação intracanal de hidróxido de cálcio por 4 semanas, o canal radicular foi preenchido com guta-percha condensada usando um selador epóxi. A cavidade de acesso foi restaurada com um material composto. Após 15 meses, o paciente se encontrava assintomático, sem dor à percussão. A radiografia mostrou ausência de patologia apical. Os autores concluíram que a abordagem endodôntica guiada apresentada parece ser um método seguro e clinicamente viável para localizar o canal radicular e prevenir a perfuração radicular em dentes com calcificação pulpar que não pode ser acessada de forma previsível via terapia endodôntica. E ainda, no futuro, procedimentos guiados em endodontia podem ajudar a acessar e tratar com facilidade e precisão áreas específicas da raiz, prejudicada por reabsorções ou instrumentos endodônticos fraturados.

Van Der Meer et al. (2016) realizaram um relato de caso clínico com o objetivo de descrever a aplicação da tecnologia de mapeamento digital 3D para navegação previsível de sistema de canais obliterados durante o tratamento do canal radicular para evitar danos iatrogênicos da raiz. O relato foi de três pacientes que necessitavam de tratamento endodôntico em dentes anteriores superiores com obliteração dos canais radiculares. Portanto, foi realizado procedimento de planejamento digital e o guia direcional testado nos três. O planejamento digital foi realizado com o auxílio de um software computacional, baseado em escaneamentos de tomografia computadorizada de feixe cônico (TCFC) e escaneamento intraoral de dentição. Antes de iniciar o acesso, os dentes anteriores foram isolados por dique de borracha do primeiro pré-molar direito ao esquerdo, para que o guia direcional utilizasse esses dentes para gerar estabilidade. O ajuste do guia foi confirmado usando o “fit checker”. Após a abertura da cavidade endodôntica o guia foi colocado em posição. Para acesso ao sistema de canais radiculares foi usada uma broca Munce número 2. Concluído o acesso, o tratamento endodôntico convencional

foi iniciado com limas endodônticas manuais para negociação dos canais radiculares. Uma radiografia foi realizada para confirmar o comprimento de trabalho quando uma lima 15 foi alcançada. O sistema de canais radiculares foi preparado com um instrumento WaveOne juntamente com irrigação de hipoclorito de sódio a 2,5%. Após um enxágue final com EDTA a 17%, o canal foi desinfetado com solução de hipoclorito de sódio a 2,5%, seco e preparado para obturação. O uso do guia direcional possibilitou a localização do sistema de canais radiculares de forma rápida e simples em todos os três casos, e ainda a preparação do canal pode ser concluída em uma única visita. À vista disso, os autores concluíram que, o método de projeto digital e prototipagem rápida de guias endodônticos permite a localização confiável e previsível de canais radiculares calcificados. Também enfatizaram a redução do tempo de tratamento, possibilidade de casos comprometidos serem realizados por profissionais menos experientes e consideraram o custo adicional da técnica baixo com possibilidade de reduzir ainda mais no futuro.

Connert et al. (2017) realizaram um estudo ex vivo com o objetivo de avaliar a acurácia da endodontia guiada em dentes anteriores inferiores usando instrumentos miniaturizados, o que deu origem a técnica de endodontia microguiada. Esta técnica foi projetada para tratar dentes com calcificações do canal pulpar e raízes estreitas usando um modelo impresso que guia uma broca para o canal radicular calcificado. Para realização do estudo, 10 modelos mandibulares foram fabricados usando 6 dentes hígidos extraídos em cada modelo, totalizando 60 dentes de teste (incisivos e caninos inferiores). Uma TCFC pré-operatória e um scanner 3D foram pareados usando o software coDiagnostix. O planejamento virtual foi realizado com uma broca de 28 mm de comprimento total, 20 mm de comprimento de trabalho e diâmetro de 0,85 mm. A manga tinha um diâmetro interno de 0,88 mm, diâmetro externo de 4 mm e comprimento de 6 mm. Os templates foram produzidos por uma impressora tridimensional. Dois operadores ficaram responsáveis por 5 modelos cada. A broca microguiada foi a 10000 RPM através da manga e do template com movimentos de bombeamento para acesso ao canal radicular. Uma TCFC pós-operatória foi sobreposta ao plano virtual inicial, e o desvio foi medido em 3 dimensões e ângulos. Análises estatísticas descritivas foram realizadas, e intervalos

de confiança de 95% foram calculados para ambos os operadores e cada aspecto. O desvio angular médio foi de 1,59 e o desvio linear médio de 0,12-0,34 mm do ponto alvo apical. Uma sobreposição considerável dos intervalos de confiança de 95% não indicou diferença significativa entre os operadores. O tempo médio de tratamento, incluindo planejamento e preparação, foi de aproximadamente 10 minutos por dente. Em conclusão, de acordo com os resultados obtidos, o método microguiado provou ser suficientemente preciso, rápido e independente do operador para o preparo de cavidades de acesso de raízes estreitas, como incisivos inferiores.

Llaquet Pujol et al. (2021) realizaram um relato de caso envolvendo sete pacientes com o objetivo de descrever a endodontia guiada no tratamento de sete dentes severamente obliterados usando guias 3D virtualmente projetadas e uma broca cilíndrica personalizada de 1 mm de diâmetro. O relato de caso foi de sete pacientes adultos, de idade entre 27 a 53 anos, com história prévia de traumatismo dentário e desconforto dentário na região anterior superior encaminhados para tratamento odontológico entre 2015 e 2017. Uma radiografia periapical e TCFC revelaram lesão periapical em 6 dos 7 dentes e calcificação avançada em todos os dentes. Para a abordagem endodontia guiada, uma varredura intraoral tirada do dente anterior de cada paciente e arquivos TCFC foram importadas para um software de planejamento cirúrgico onde foram combinados usando a ferramenta de alinhamento selecionando 6 pontos de referência comuns. O acesso guiado foi projetado virtualmente personalizando uma broca de 21 mm de comprimento e 1 mm de diâmetro. A angulação e a posição da broca foram determinadas seguindo uma linha reta a partir do eixo visível do canal radicular. Quatro guias 3D foram impressas em 3D usando resinas biocompatíveis de FDM ou STL, enquanto outras três guias foram fresadas usando um disco de polimetilmetacrilato biocompatível. O guia 3D foi ajustado no dente e o tratamento endodôntico foi iniciado sob isolamento absoluto. Tanto a broca quanto as cavidades de acesso foram abundantemente irrigadas com solução salina a cada 3-4 mm para evitar o superaquecimento do dente. A perfuração de acesso com a broca foi feita até que o canal radicular pudesse ser negociado com limas manuais. O comprimento de trabalho foi determinado usando um localizador apical e radiografia digital. O preparo químico-mecânico foi

realizado utilizando o sistema ProTaper Next ou instrumentos WaveOne Gold sob irrigação com hipoclorito de sódio 5,25%. Em 2 dentes, o hidróxido de cálcio foi deixado por três semanas porque a supuração não pôde ser controlada na primeira consulta. Todos os canais radiculares foram obturados e acompanhados por um ano. Após o período de acompanhamento nenhum paciente relatou sintoma clínico e a cicatrização periapical foi confirmada por uma radiografia periapical. Dentro das limitações do caso apresentado, os autores concluíram que a endodontia guiada demonstrou ser uma abordagem segura, precisa e conservadora para o tratamento endodôntico de canais severamente obliterados em dentes anteriores superiores. No entanto, enfatizaram a necessidade de pesquisas adicionais para comparação de diferentes softwares de planejamento, materiais e designs para guias e brocas 3D.

Fonseca Tavares et al. (2018) relataram dois casos clínicos de endodontia guiada usando acesso palatino convencional em dentes anteriores calcificados, com o objetivo de discutir a aplicabilidade desta abordagem em casos de calcificação do canal pulpar com periodontite apical e sintomas agudos. O primeiro relato de caso foi de uma paciente de 43 anos, com história de dor no incisivo superior direito. A paciente tinha história de trauma dentário ocorrido há 25 anos e o dente estava escurecido e apresentava sensibilidade à percussão. O segundo relato de caso se tratou de uma paciente de 24 anos encaminhada para tratamento endodôntico do incisivo central superior direito. A paciente tinha história de trauma e luxação dentária na infância. Em ambos os casos, um exame de TCFC confirmou a presença de calcificação severa do canal radicular e periodontite apical. A endodontia guiada foi escolhida como tratamento mais adequado. O template 3D foi construído levando em consideração o acesso palatino, de forma a evitar o desgaste desnecessário da borda incisal. Foi feita uma moldagem de silicone e um modelo de gesso foi confeccionado e digitalizado. A imagem TCFC e a varredura de modelo foram alinhadas e processadas com SlimPlant. O planejamento virtual do acesso ao canal radicular até o terço apical do dente foi feito com uma broca virtual de diâmetro 1,3 mm e comprimento de 20 mm. Durante o procedimento em boca, a cada avanço apical de 2 mm, eram feitas radiografias com diferentes angulações para confirmar a posição correta da broca. Após concluído o acesso, foi feito isolamento absoluto,

instrumentação, irrigação e obturação do canal radicular. Em acompanhamento do primeiro e segundo caso, os dentes se apresentaram assintomáticos. Os autores concluíram que o método utilizado demonstrou alta confiabilidade e permitiu a desinfecção adequada do canal radicular de forma rápida, sem a remoção desnecessária de esmalte e dentina na superfície incisal.

Buchgreitz, Buchgreitz e Bjørndal (2019) realizaram um estudo observacional com 50 pacientes encaminhados com dentes em que a obliteração do espaço pulpar era um fator complicador. O objetivo do estudo foi analisar o comprimento do caminho de perfuração necessário para a conclusão da instrumentação e o comprimento do caminho de perfuração em relação ao comprimento da obliteração do canal, e ainda relatar a precisão dos preparos cavitários de acesso guiado, levando em consideração variáveis demográficas, tratamentos dentários prévios e tentativa de negociação do canal. Uma TCFC foi feita do dente em questão de todos os 50 pacientes. Um caminho de broca virtual com diâmetro de 1,2 mm foi planejado a partir de uma referência oclusal até o início do lúmen do canal radicular radiograficamente visível. O envolvimento da borda incisal foi possível devido ao ajuste da angulação do trajeto virtual da broca, bem como, a luz do canal radicular pode ser atingida. Uma manga virtual foi sobreposta ao trajeto virtual da broca para que esta fosse orientada. Foi feito um escaneamento superficial dos dentes e os modelos de superfície virtual foram fundidos com o volume da TCFC. Após impressão 3D das guias, estas foram testadas colocando-as sobre cada dente antes da aplicação do dique de borracha. A preparação do trajeto da broca foi realizada com a broca espiral através da luva com o guia posicionado. Quando o acesso estava logo abaixo da junção cimento-esmalte, foi realizada uma radiografia periapical para garantir que a angulação do preparo estivesse correta. Outra radiografia foi feita ao atingir a localização esperada do canal radicular adjacente à obliteração. Simultaneamente, a base do caminho de perfuração foi inspecionada usando um microscópio operacional. A tentativa de localização do canal radicular foi feita com limas de tamanhos 6 a 10 e nos casos em que o reconhecimento não foi bem-sucedido, a preparação adicional foi feita sem o guia no lugar. Limas reciprocantes de tamanhos 25 a 50 foram usadas para concluir a preparação do canal. O

comprimento da obliteração do espaço pulpar foi medido desde a junção esmalte-cimento cervical proximal até o nível da obliteração ao longo da raiz. As profundidades reais dos trajetos de perfuração foram medidas a partir dos mesmos pontos finais que definiram a obliteração do espaço pulpar. O comprimento de obliteração do espaço pulpar teve como valor médio 43% de todo o comprimento da raiz. Dessa forma, os pacientes foram divididos em dois grupos de tamanhos iguais, um tendo a obliteração estendendo-se para a região coronal (comprimento < 43% de todo o comprimento da raiz) e o outro estendendo-se para a região apical (comprimento > 43% de todo o comprimento da raiz). Duas situações foram analisadas em relação ao comprimento do caminho de perfuração e obliteração do espaço pulpar: caminho de perfuração menor ou igual ao comprimento de obliteração do espaço pulpar; caminho de perfuração maior que o comprimento de obliteração do espaço pulpar. A conclusão e precisão do caminho de perfuração foram avaliados em radiografias convencionais e divididos qualitativamente em dois grupos: trajeto centralizado (precisão ótima) e trajeto transportado perifericamente ou tangencialmente (precisão aceitável). A obliteração do espaço pulpar associada a sinais de periodontite apical estava presente em 88% (n = 44) dos dentes, enquanto os demais dentes necessitavam de pino. As obliterações do espaço pulpar foram mais longas nos dentes superiores em comparação com os dentes inferiores. O desempenho do trajeto da broca em dentes inferiores em comparação com os dentes superiores resultou em um número significativamente maior de pontuações ótimas de precisão, e quando uma tentativa anterior de acesso e negociação do canal ocorreu versus nenhuma tentativa. Idade, sexo, tipo de dente e lado da mandíbula não tiveram impacto na precisão do caminho de perfuração. O comprimento do caminho de perfuração e o comprimento da obliteração do espaço pulpar não tiveram relação significativa com a precisão. Todavia, se a obliteração do espaço pulpar estava abaixo de 20% do comprimento da raiz, o caminho de perfuração sempre foi localizado mais profundamente. Quando a obliteração do espaço pulpar foi mais de 50% do comprimento do canal radicular, o caminho de perfuração foi mais profundo em 45%. Foi observado que quando o comprimento do caminho de perfuração era estendido

além do grau de obliteração do espaço pulpar ocorria uma ligeira tendência para uma melhor pontuação de precisão do caminho de perfuração. A partir dos resultados obtidos, foi possível concluir que o tratamento endodôntico guiado em 50 casos de dentes unirradiculares com obliteração do espaço pulpar foi associado a uma precisão que levou à localização e negociação do canal radicular e finalização do tratamento em todos os casos, ou seja, mesmo nos casos com pior resultado, a técnica ainda foi bem-sucedida clinicamente. Também, confirmou-se a hipótese de que a broca orientada pelo guia endodôntico tem precisão suficiente, independentemente da idade, sexo, estado de tratamento anterior, comprimento da obliteração do espaço pulpar, bem como tentativas anteriores de negociar o canal radicular.

Loureiro et al. (2021) relataram um caso clínico com o objetivo de discutir o impacto das novas tecnologias de diagnóstico e planejamento na resolução de um caso complexo de incisivo central superior com perfuração lateral, calcificação do canal radicular e periodontite apical. A paciente procurou tratamento por causa de uma mudança de cor em um dente anterior, com histórico de trauma há 15 anos. O dente já havia sido acessado endodônticamente e ela relatou que dois clínicos diferentes não conseguiram localizar o canal radicular. A TCFC evidenciou desgaste excessivo e perfuração radicular no terço médio, bem como obliteração do canal pulpar no terço apical. O diagnóstico foi periodontite apical assintomática. A endodontia guiada foi selecionada como opção para localizar o orifício do canal radicular no terço apical após o reparo da perfuração com biomaterial. A partir da TCFC e escaneamento do modelo de estudo, um arquivo STL foi gerado e enviado para um software de planejamento 3D. O acesso foi planejado com uma broca de implante de 1,3 mm de diâmetro para pinos de fixação. O guia foi projetado para ser suportado pelo dente e se estender até o segundo pré-molar, o que gerou estabilidade para o acesso guiado sem a necessidade de qualquer suporte ou fixação óssea. O guia foi impresso em uma impressora 3D Moonray DLP e uma resina guia cirúrgica. Uma lima K nº 25 foi usada para explorar o canal radicular após o acesso. Foram feitas TCFC radiografia periapical e uso de localizador apical eletrônico para verificar a localização correta do canal e o comprimento de trabalho. A instrumentação foi realizada com instrumento

recíproco em sequência para o maior instrumento. Foi usada medicação intracanal com hidróxido de cálcio por 15 dias. O canal radicular foi obturado e demonstrou resultados satisfatórios do tratamento no seguimento de 6 meses. Os autores enfatizaram a efetividade da TCFC para o diagnóstico da perfuração radicular e concluíram que o planejamento digital garantiu uma aplicação previsível e rápida do guia de acesso endodôntico, como também muito acessível por não requerer nenhum procedimento cirúrgico.

Torres et al. (2019) realizaram um relato de caso com o objetivo de descrever um método minimamente invasivo para criar um guia impresso em 3D para obter acesso a canais radiculares obliterados com base em dados de TCFC. Uma paciente foi encaminhada para tratamento endodôntico do dente 22, o qual foi diagnosticado com periodontite apical assintomática. Uma TCFC revelou um canal radicular calcificado até o terço apical da raiz. Primeiro foi feita uma impressão em alginato para obter o modelo de estudo dos dentes maxilares da paciente. Em seguida, o molde de gesso foi escaneado com um scanner óptico. Ambos os conjuntos de dados de imagem foram importados para um software para que fosse projetada uma guia impressa em 3D. A guia tinha um corredor cilíndrico com diâmetro de 1 a 7 mm de comprimento para guiar uma broca em linha reta até o canal radicular. A broca era redonda de carboneto com um diâmetro de cabeça de 0,8 mm. Quanto o ponto alvo apical foi atingido, o dente foi examinado sob microscópio dentário. Após a localização do canal radicular o tratamento endodôntico foi realizado de forma bem-sucedida. Os autores concluíram que esta técnica pode ser uma ferramenta valiosa para a negociação da obliteração do canal radicular, reduzindo o tempo de cadeira e o risco de danos iatrogênicos à raiz.

Todd et al. (2021) realizaram um relato de caso clínico com objetivo de apresentaro tratamento de um paciente com canal radicular necrótico sintomático por meio do acesso endodôntico guiado por modelo. O caso descrito foi de uma paciente encaminhada para avaliação endodôntica com queixa principal de sensibilidade à percussão, palpação e mordida. A paciente forneceu histórico de traumatismo concussivo há um ano no incisivo lateral superior, que se apresentava escurecido e não respondeu ao teste pulpar frio ou elétrico. Através de uma radiografia foi observado

possíveis defeitos de reabsorção e o canal parecia obstruído nas regiões média e coronal. Uma TCFC foi feita do arco maxilar, sendo estabelecido o diagnóstico de necrose pulpar e periodontite apical sintomática sem lesão apical. A abordagem guiada por modelo foi o tratamento de escolha. Dados derivados de uma varredura óptica intraoral e da imagem TCFC foram mesclados. Ao determinar o caminho guia, tomou-se o cuidado de não invadir curvaturas radiculares ou áreas de diâmetros radiculares finos. O trajeto foi projetado com um diâmetro de 1,2 mm da borda incisiva até o canal visível correspondente a 18 mm. A profundidade total de perfuração foi calculada adicionando a espessura do gabarito, o comprimento da luva (5 mm) e o comprimento de canal visível. Uma broca de 24 mm foi selecionada e o conjunto de dados final foi enviado para a SICAT Endo para fabricação do modelo. Em uma segunda consulta, o guia foi inserido sobre a dentição e segurado com uma mão enquanto a perfuração foi realizada com a outra. O dente foi isolado e o comprimento de trabalho foi obtido em 21 mm. Logo, o canal foi instrumentado, irrigado, preenchido com hidróxido de cálcio e selado. Duas semanas depois, o paciente retornou assintomático e o tratamento foi concluído com a obturação do canal. Concluíram que a integração de imagens 3D e TCFC amplia a capacidade de tratar dentes previamente comprometidos, com perda mínima de estrutura dentária. Ademais, enfatizaram que o aperfeiçoamento da técnica é o desafio do futuro.

Lara-Mendes et al. (2018) relataram um caso clínico que teve como objetivo propor uma técnica de tratamento endodôntico modificado, minimamente invasivo, que anula o comprometimento da borda incisal dentária, utilizando imagens de TCFC e guias tridimensionais. O caso tratou-se de um paciente que apresentava dor na região dos incisivos centrais superiores e possuía histórico de trauma dentário na região há 13 anos. Foi realizado um exame radiográfico da área, através do qual foi possível identificar a calcificação da câmara pulpar e canal radicular do dente 9. Ao realizar o exame clínico e o dente não responder aos testes térmicos e elétricos, bem como, o paciente relatar dor à percussão, foi diagnosticado periodontite apical aguda inicial. A terapia endodôntica guiada e o acesso minimamente invasivo foram indicados. Uma TCFC foi realizada com o auxílio de um afastador labial de plástico para melhor visualização da unidade dento gengival. A dor descrita pelo

paciente foi justificada ao observar uma área radiolúcida apical no incisivo central superior esquerdo. Também foi possível observar de espaço do canal apenas 2 mm apicais da raiz. Para criação de um modelo impresso 3D, uma impressão intraoral foi convertida em um arquivo de estereolitografia 3D e carregada no software de planejamento de um implante virtual. O software Simplant foi configurado para projetar duas brocas a serem utilizadas para cada guia. A broca virtual foi angulada para evitar a borda incisal do dente e conduzir o curso de forma a atingir o lúmen visível do canal radicular. Uma manga guia foi virtualmente confeccionada e incorporada ao processo de planejamento para posteriormente ser integrada ao guia impresso para guiar a broca durante a preparação do orifício e locais de fixação do grampo. O modelo gerado foi exportado com um arquivo de STL e enviado para uma impressora 3D. O primeiro guia de acesso ao esmalte dentário foi fixado e posicionado e uma marca foi colocada através da manga do molde para indicar a região exata da cavidade de acesso. Dessa forma, o esmalte foi removido com uso de uma broca diamantada até que ocorresse a exposição da dentina. Em seguida, o primeiro guia foi removido e o segundo guia de acesso à dentina foi fixado e posicionado na arcada superior do paciente. Uma broca de corte ósseo foi utilizada para realizar o acesso guiado pela porção calcificada do canal a uma velocidade de 1200 rpm. Posteriormente, uma lima tipo K #10 foi introduzida no canal até o comprimento de trabalho. O preparo químico-mecânico foi feito com o uso de instrumento recíprocante sob irrigação com hipoclorito de sódio a 2,5%. O procedimento foi finalizado com o medicamento intracanal e selamento temporário. Após 14 dias, o paciente retornou assintomático e o canal radicular foi obturado pela técnica de compressão hidráulica com cones de guta-percha. O caso foi acompanhado e após 1 ano o paciente estava assintomático e a imagem radiográfica mostrou uma pequena alteração no espaço do ligamento periodontal que indicou a presença de tecido cicatricial. Foi possível concluir que uma grande destruição da estrutura dentária e a consequente necessidade de uso de pinos de fibra e restaurações indiretas foram evitados.

Connert et al (2018) realizaram um relato de caso com o objetivo de apresentar uma nova abordagem de tratamento miniaturizada e minimamente invasiva, denominada endodontia microguiada, para a localização do canal radicular em

incisivos inferiores com calcificação do canal pulpar e periodontite apical. O caso se tratou de um paciente do sexo masculino, 51 anos, que apresentou dor nos incisivos inferiores. O paciente tinha histórico de traumatismo dentário grave há mais de 30 anos. Ambos os incisivos centrais inferiores (dentes 31 e 41) estavam sensíveis à percussão e tinham uma coloração amarelada. Eles não responderam aos testes de sensibilidade térmica e elétrica. Duas radiografias periapicais de diferentes projeções revelaram calcificações severas do canal pulpar e sinais de periodontite periapical. Os canais radiculares eram visíveis a 4 mm do ápice. Uma TCFC de campo limitado e alta resolução foi realizada e posteriormente alinhada com uma varredura de superfície intraoral através do software coDiagnostix™. Devido a anatomia complexa, optou-se por realizar o tratamento com a técnica de endodontia microguiada utilizando brocas miniaturizadas especialmente desenhadas (diâmetro=0,85 mm). Dessa forma, no planejamento virtual uma broca virtual foi sobreposta com sua ponta tocando a parte visível da raiz calcificada em ambos os dentes. Uma ferramenta de software embutida permitiu o desenho de um gabarito necessário para orientação da broca. O modelo foi exportado como um arquivo STL e foi produzido por uma impressora 3D com a implementação de mangas. Os pontos-alvo apicais foram atingidos em ambos os dentes quando a extremidade da haste da broca tocou as mangas. A preparação dessas cavidades de acesso estendidas apicalmente levou aproximadamente dez minutos. Após a negociação dos canais radiculares, foi realizado o tratamento endodôntico convencional. Foi possível concluir que a técnica de endodontia microguiada é um método seguro e minimamente invasivo para localização do canal radicular e prevenção de falhas técnicas em dentes anteriores com calcificação do canal pulpar.

3.2.2 Sistema de canais radiculares calcificados: dentes posteriores

Yan et al. (2021) relataram um caso clínico com o objetivo de descrever uma nova técnica de “endodontia guiada por inlay” aplicada no retratamento de um segundo molar superior com canal radicular disto vestibular variante em um homem de 63 anos. O paciente queixava-se de um defeito no segundo molar superior esquerdo. O dente apresentava um tratamento endodôntico prévio e foi diagnosticado

com periodontite apical, preenchimento insuficiente do canal radicular e omissão de um canal radicular. A localização do canal mesial e palatino foi concluída com sucesso usando métodos convencionais; no entanto, o canal distal não pôde ser detectado, mesmo com um microscópio operacional. Além disso, a busca pelo canal disto vestibular resultou em uma pequena perfuração na câmara pulpar. Por isso, optou-se pela técnica de “endodontia guiada por inlays”. Foi feito o estabelecimento de um modelo de placa tridimensional (3D) integrado de dados tomográficos de TCFC e varredura de superfície intraoral. Uma lima virtual do canal radicular foi colocada na localização ideal no modelo 3D integrado. O método de crescimento regional e a operação booleana foram empregados para gerar a “placa guia tipo inlay” usando um canal de navegação de 0,6 mm de diâmetro. Os dados da placa foram importados para uma impressora 3D e a placa guia foi impressa com o material E-Guide Tint que apresenta boa biocompatibilidade e uma aparência esteticamente agradável. Com a orientação da placa guia, uma lima C-pilot tamanho 10 foi colocada com precisão no terço cervical do canal radicular distal. Portanto, o canal radicular disto vestibular foi preparado e moldado com procedimentos de tratamento endodôntico convencional usando limas K e instrumentos rotatórios de níquel-titânio, assim como, os canais mesial e palatino. Após uma semana de acompanhamento e medicamento intracanal, o dente estava clinicamente assintomático. Então, foi feita a obturação dos canais radiculares. O dente permaneceu assintomático uma semana após a obturação radicular e o paciente não relatou sintomas sistêmicos. Em seguida, foi posteriormente restaurado com um núcleo totalmente cerâmico e uma coroa de cerâmica pura. No acompanhamento de dois anos após o tratamento, o dente permaneceu assintomático. Os autores concluíram que após o uso da placa guia inlay, o retratamento do canal radicular do segundo molar superior foi completado de forma eficiente sem efeitos adversos como, remoção excessiva de tecido dentário ou perfuração. Assim, a placa guia inlay, que foi desenvolvida usando uma técnica computadorizada, pode facilitar o tratamento do canal radicular tornando mais preciso, individualizado e minimamente invasivo. No entanto, mais casos e mais pesquisas são necessárias para estabelecer este método.

Torres et al. (2021) relataram um caso clínico com o objetivo de apresentar uma nova técnica de endodontia guiada usando um guia impresso em 3D sem mangas para obter acesso a canais radiculares obliterados em um pré-molar superior com base em dados de TCFC. O caso selecionado foi de uma paciente do sexo feminino, 46 anos, que procurou atendimento odontológico com dor intermitente ao redor do segundo pré-molar superior (dente 15). O dente apresentou dor à percussão e respondeu negativamente ao teste de frio. A radiografia periapical inicial revelou uma radiolucência apical com obliteração do canal pulpar. Clinicamente, não havia trato sinusal. O dente foi diagnosticado com necrose pulpar e periodontite apical sintomática. Devido ao grau de calcificação pulpar, a localização do canal radicular foi considerada difícil e com risco potencialmente alto de dano iatrogênico à raiz de acordo com as Diretrizes de Avaliação de Dificuldade de Caso Endodôntico da Associação Americana de Endodontia (AAE). Uma TCFC e uma varredura da superfície intraoral do maxilar superior foram realizadas e o caso foi planejado para tratamento usando uma abordagem endodôntica guiada. O tratamento endodôntico guiado foi realizado com guia impresso tridimensional sem manga. Em vez da manga, ele usa trilhos de guia que consistem em dois cilindros colocados um contra o outro nas laterais do dente para guiar a cabeça da peça de mão. Além disso, um sistema de adaptador é firmemente conectado à cabeça da peça de mão. O adaptador se encaixa nos trilhos e guia a peça de mão durante o tratamento. Uma parada de segurança é adicionada aos trilhos de guia para evitar que a peça de mão e, consecutivamente, a broca, ultrapassem o alvo apical. Foi usada uma broca carbide longa com diâmetro de cabeça de 1 mm para perfurar uma cavidade de acesso minimamente invasiva até o canal radicular. Quando a peça de mão atingiu a parada de segurança, o ponto alvo apical foi alcançado, o dente foi imediatamente isolado e examinado sob o microscópio odontológico. Em seguida, foi realizada negociação, irrigação e obturação do canal radicular. A cavidade de acesso foi preenchida com resina composta. Após 1 ano de acompanhamento, uma área apical completamente cicatrizada foi visível em radiografias periapicais. Em conclusão, esse tipo de guia sem manga parece ser uma alternativa segura e precisa ao desenho de guia convencional para a negociação da calcificação pulpar em dentes

posteriores devido ao ganho de espaço vertical. Além disso, uma visão aberta do dente permite a irrigação durante a perfuração, e existe a possibilidade de usar qualquer broca durante o tratamento. No entanto, consideram os autores, que mais estudos são necessários para avaliar sua precisão.

Dianat et al. (2021) realizaram o relato de um caso que apresenta o uso do X-Guide sistema de navegação dinâmica (DNS) para localização de canal em raiz de molar superior calcificada. O objetivo do relato foi mostrar a eficácia desta técnica, bem como suas limitações para o manejo de canais radiculares complexos e clinicamente calcificados, nos quais o tratamento endodôntico convencional usando microscópio cirúrgico odontológico (DOM) e o método aproximado de TCFC não permitiram a localização do canal. O caso selecionado foi de um paciente, do sexo masculino, de 63 anos encaminhado para o tratamento endodôntico do primeiro molar superior direito. A radiografia periapical mostrou câmara pulpar estreitada e presença de uma radiolucência periapical ao redor da raiz méso vestibular. Devido ao histórico de radiação de cabeça e pescoço do paciente e ao alto risco de desenvolver osteorradioneecrose, o tratamento endodôntico não cirúrgico foi recomendado, embora o prognóstico a longo prazo fosse questionável devido à extensa perda de estrutura dentária. Após o preparo da cavidade de acesso, os canais méso vestibular e palatino foram identificados, instrumentados e obturados. A localização do canal disto vestibular não foi bem-sucedida mesmo com o uso do microscópio cirúrgico odontológico e abordagem aproximada por TCFC devido à calcificação parcial do terço coronal. Para tanto, foi utilizado o sistema de navegação dinâmica utilizando o sistema XGuide. Um dispositivo termoplástico com três marcadores radiopacos foi moldado ao primeiro molar superior direito. Foi feita a colocação fiducial do X-Clip e aquisição de TCFC de arco completo. Usando o software X-Guide, foi realizado o planejamento virtual do ponto de entrada da perfuração, o ângulo e a profundidade necessários para localizar o canal. A calibração do sistema foi realizada de acordo com o fabricante antes do procedimento. O X-Clip foi reinserido e a navegação em tempo real foi iniciada. O clínico recebeu feedback ao vivo sobre o ângulo e a profundidade da broca da peça de mão com base no plano virtual relacionado às seções axial, coronal e sagital. O

canal disto vestibular foi localizado e o tratamento endodôntico convencional foi concluído seguindo instrumentação padronizada, irrigação e obturação. O acompanhamento de duas semanas mostrou ausência de sintomas clínicos, e o acompanhamento de seis meses revelou evidência radiográfica de cicatrização completa da periodontite apical no dente sem sintomas clínicos. Concluíram que esta tecnologia pode reduzir significativamente o tempo de operação e prevenir contratempos iatrogênicos no ambiente clínico, sendo o seu alto custo bem justificado. Também concluíram que o nível de experiência do cirurgião com o sistema de navegação dinâmica parece melhorar a precisão e o resultado. Dessa forma, com o surgimento de tecnologias avançadas, várias limitações do uso desta tecnologia podem ser abordadas em um futuro próximo.

Lara-Medes et al. (2018) realizaram um relato de caso descrevendo dois tratamentos endodônticos realizados em molares superiores com auxílio de imagens TCFC e guias 3D para acesso e localização dos canais radiculares exibindo calcificações pulpares. O caso selecionado se tratou de uma paciente de 61 anos que apresentava dor na região dos molares superiores esquerdos. O segundo e terceiro molares esquerdos apresentavam sinais de periodontite apical confirmados pela TCFC. Devido à dificuldade de localização dos canais radiculares, o tratamento endodôntico convencional não foi eficaz. Portanto, optou-se por utilizar o escaneamento intraoral e a TCFC para planejar o acesso aos canais calcificados por meio de software de planejamento de implantes. Foram confeccionadas guias por meio de prototipagem rápida, que permitiram a correta orientação de uma broca cilíndrica utilizada para acesso através das calcificações. Em um segundo momento, os canais radiculares foram preparados com instrumentos endodônticos reciprocantes e repousados por duas semanas com medicação intracanal. Posteriormente, os canais foram obturados com cones de guta-percha pela técnica de compressão hidráulica. Foram realizadas restaurações permanentes das cavidades de acesso. Comparando as imagens tomográficas, os autores observaram redução drástica das lesões periapicais, bem como ausência de sintomas após três meses. Tal condição foi mantida no seguimento de um ano. Contudo, os autores concluíram que uma técnica de acesso guiado bem planejada em endodontia otimiza o tempo gasto

para realizar a etapa de acesso aos canais severamente calcificados, permite um procedimento mais seguro e previsível, elimina a necessidade do microscópio cirúrgico e pode ser realizado por operadores menos experientes. Ao final, os autores ressaltaram a necessidade de abordar em trabalhos futuros o desenvolvimento de brocas mais adequadas em comprimento e padrão especificamente projetadas e mais capazes de atender às expectativas e exigências para uso em endodontia.

Buchgreitz, Buchgreitz e Bjørndal (2019) relataram um caso clínico com o objetivo de mostrar uma modificação da endodontia guiada em que a necessidade de espaço interoclusal fosse reduzida a partir da utilização de um guia intracoronal. Um paciente foi encaminhado devido a necessidade de localização do canal disto vestibular de um primeiro molar superior associado à patologia apical com espaço interoclusal limitado. O dente apresentava evidência radiográfica de obliteração do canal pulpar e periodontite apical sintomática. Ambos os canais radiculares palatinos e primeiro canal méso vestibular (MV1) foram examinados com limas tamanho 10 usando um microscópio cirúrgico e a instrumentação adicional foi concluída usando limas recíprocantes calibres 25-50. O segundo canal mésovestibular (MV2) foi explorado e instrumentado da mesma forma que o canal MV1. Os três canais foram temporariamente preenchidos com hidróxido de cálcio. A localização do canal radicular disto vestibular falhou mesmo com o uso de microscópio cirúrgico, por isso optou-se pela endodontia guiada para que não houvesse maior comprometimento do dente. A partir da fusão dos dados obtidos pela TCFC e das varreduras de superfície, foi feito um SICAT Optiguide translúcido contendo uma luva representando a direção correta do caminho da broca para localização do canal radicular disto vestibular. Para confecção de um guia intracoronal, a cavidade de acesso foi temporariamente preenchida com resina composta. Antes da fotopolimerização da resina composta, o Optiguide foi recolocado nos dentes e um pino de aço foi pressionado através da luva e da resina, por meio do qual a direção correta do caminho da broca foi transferida para a resina. A perfuração guiada foi realizada após a polimerização e remoção do Optiguide e pino de aço. O canal radicular disto vestibular foi localizado com uma lima K-flex tamanho 10 e instrumentado com uma lima recíproca tamanho 25. Os canais foram secos e

obturados. O tratamento endodôntico foi bem-sucedido a longo prazo e reduziu a necessidade de um espaço interoclusal relativamente grande. Os autores concluíram que a presente técnica de endodontia guiada modificada fornece uma alternativa atual e relevante no futuro para a negociação de canais radiculares em dentes multirradiculares em regiões posteriores.

Maia et al. (2019) realizaram um estudo in vivo com objetivo de mostrar a eficácia da endodontia guiada para a resolução de três casos clínicos complexos de canais radiculares calcificados (um molar e dois pré-molares) em que o tratamento endodôntico convencional não permite o acesso aos forames apicais. Primeiro caso: uma paciente necessitou de tratamento no primeiro molar superior esquerdo devido à presença de sintomatologia aguda. Havia presença de sensibilidade à percussão e resposta negativa a testes térmicos e elétricos. Foi detectado radiograficamente câmara pulpar obliterada e calcificação dos canais radiculares. Segundo caso: tratamento endodôntico de um segundo pré-molar superior direito de uma paciente com história de dor. O dente apresentava fratura da cúspide palatina, desgaste coronal, sensibilidade à percussão e resposta negativa a testes térmicos e elétricos. A partir do exame radiográfico foi constatado obliteração do canal e comunicação iatrogênica com a face mesial. Terceiro caso: segundo pré-molar superior direito com periodontite apical e sensibilidade aos testes de percussão e palpação. Anteriormente, não houve sucesso ao tentar acesso aos orifícios do canal radicular, mesmo com a utilização de microscópio odontológico. A partir de uma TCFC, foi possível identificar dois canais radiculares extremamente calcificados que convergiam em um único forame no terço apical. Foi utilizado um software de planejamento em conjunto com a fusão de TCFC e escaneamento intraoral. Após fazer uma cópia virtual da broca para acesso ao restante do canal radicular apical, foi feita a elaboração de um guia de orientação utilizando uma impressora 3D. Imprescindível relatar o uso de anilhas (arruelas) para adequada estabilização da guia. As guias foram posicionadas nos dentes e ajustadas, os guias foram fixados através da estabilização de pinos guiados fresados por uma broca. Após realizar o acesso aos canais radiculares, foi feito isolamento do campo operatório. O comprimento de trabalho foi determinado por um localizador apical e o preparo

químico-mecânico foi realizado com limas de níquel-titânio ProTaper sob irrigação de hipoclorito de sódio a 5,25%. Foi feita obturação com cone de guta-percha e cimento endodôntico. Em acompanhamento clínico e radiográfico de 15 dias os pacientes se encontravam assintomáticos, em seis meses observou-se mineralização do tecido periapical e em 12 meses a cura completa. O estudo demonstrou a eficácia da endodontia guiada ao facilitar o acesso ao canal radicular remanescente que se encontrava obstruído abaixo de uma região calcificada, mesmo no caso de molar superior. Concluíram que a execução da técnica é relativamente rápida e segura, reduzindo substancialmente a ocorrência de falhas iatrogênicas e aumentando as taxas de sucesso ao tratamento endodôntico.

Santiago et al. (2022) realizaram um relato de caso clínico com o objetivo de descrever o fluxo de trabalho CAD/CAM para criar modelos personalizados com design inovador como o modelo de desenho aberto e os procedimentos clínicos da endodontia guiada para tratar os canais radiculares obliterados mesio vestibular (MV) e mesio lingual (ML) de um molar mandibular. O caso selecionado foi de um paciente assintomático, com resposta negativa aos testes térmico e de percussão no primeiro molar mandibular direito, encaminhado ao tratamento endodôntico devido a necessidade de colocação de pinos interradiculares e restauração protética. O paciente não possuía relato de trauma e não havia lesão apical visível na radiografia periapical. A radiografia intrabucal diagnóstica indicou possível obliteração dos canais radiculares mesiais e distais. O acesso endodôntico convencional representava um grande risco de desvio e perfuração na área de furca devido à inclinação do dente e estreitamento da raiz. Durante a tentativa de acesso dos canais radiculares pelo meio convencional, mesmo com auxílio de microscópio operatório, houve desvio da raiz mesial em direção a área de furca. Foi constatado que o dente estava inclinado, sem referências de coroa, e a abertura bucal na região posterior era limitada, o que tornou o planejamento digital e o tratamento endodôntico guiado indicado, devido ao risco de perfuração do canal radicular. O acesso ao canal radicular distal foi bem-sucedido ao ser localizado sob microscopia. Uma TCFC compreendendo os dentes vizinhos da mesma arcada do dente alvo foi realizada, confirmando o diagnóstico de calcificação distrófica, que se

estendeu até o início do terço médio. Durante a tomografia foi utilizado um retrator labial para melhor segmentação do DICOM e sobreposição com os dados da tomografia. Os dados sobre a estrutura dos dentes e a mucosa bucal são fundamentais para o desenho do molde endodôntico, com isso, também foi realizado um escaneamento intraoral de todo o arco mandibular. A segmentação DICOM foi realizada usando um software de planejamento de implante virtual (BlueSkyplan) e o arquivo STL 3D foi criado. Brocas virtuais de 1,3 mm de diâmetro, com 20 mm de comprimento, foram posicionadas no local exato que a broca real iria tomar durante o procedimento clínico. Foram desenhados dois modelos individualizados garantindo a limpeza e a modelagem de cada canal mesial, vestibular e lingual. Em vez de um molde fechado, foi utilizado um conceito inovador de desenho aberto para ambos os moldes. Foi respeitada uma folga mínima de 0,05 mm entre os moldes virtuais e as estruturas dentárias para garantir o "auto travamento" dos moldes e aumentar sua estabilidade. Foram criados braços de trava que se encaixavam no dente alvo e nos dentes vizinhos. As bases de resina das luvas de orientação foram desenhadas com a forma de meios cilindros. O desenho facilitou o posicionamento da broca na luva, irrigação direta, a visualização da área de trabalho e a remoção da camada de esfregaço durante o acesso guiado, mesmo se tratando de uma região de limitada abertura bucal. O desenho também minimizou a interferência da língua e dos lábios. Feito o desenho virtual dos modelos, foi realizada a fase CAM, na qual os modelos foram impressos com a resina Smart Print Bio Bite Splint usando uma impressora 3D MiiCraft Ultra 125. Os canais radiculares mesio vestibular e mesio lingual foram acessados com o seu molde respectivo. O procedimento de perfuração foi constante até todo o comprimento de trabalho e seguido de irrigação salina para evitar o aquecimento da broca. Após acessados, o dente foi isolado e os canais mesiais foram explorados com uma lima Tipo K 10. O comprimento de trabalho de 20 mm foi estabelecido por um localizador e os canais foram instrumentados com a lima primária do sistema recíprocante sob irrigação com hipoclorito de sódio a 2,5%. Os canais foram secos e preenchidos com cones de guta-percha e AH Plus. Após um ano de acompanhamento, o dente se encontrava assintomático, com coroa protética adaptada, negativo aos testes de percussão e a radiografia mostrou a integridade

dos processos adjacentes, configurando o sucesso do tratamento endodôntico realizado. O relato deste caso contesta a crença de pesquisadores e clínicos de que a endodontia guiada poderia não ser possível nos molares devido ao espaço limitado para o molde e a broca na região posterior. Dessa forma, o caso demonstra que a técnica de endodontia guiada também pode ser utilizada em canais radiculares mesiais complexos obliterados de molares mandibulares, com precisão e segurança.

3.2.3 Dentes anômalos

Krug et al. (2020) relataram um caso clínico com o objetivo de demonstrar o resultado do tratamento endodôntico guiado de múltiplos dentes com displasia dentinária tipo 1, calcificação do canal pulpar (PCC) e periodontite apical. O caso tratou-se de uma paciente com displasia dentinária tipo 1 encaminhada para o tratamento endodôntico de vários dentes. Radiografias periapicais revelaram calcificação do canal pulpar em todos os dentes e radiolucências apicais em sete dentes (15, 12, 26, 36, 32, 31, 46). A paciente apresentava dor aguda à percussão do dente 36 sendo diagnosticada com periodontite apical sintomática, por isso o tratamento endodôntico convencional foi realizado imediatamente, porém a tentativa de localizar os canais radiculares resultou em duas perfurações mesmo sob o uso de microscópio. As perfurações foram reparadas com MTA e o tratamento foi concluído em duas sessões após a localização correta dos canais radiculares. Devido à dificuldade apresentada em localizar os canais radiculares, foi optado pela abordagem de acesso guiado para os seis dentes assintomáticos restantes. Uma TCFC e varreduras de superfície intraoral foram feitas e combinadas usando o software de planejamento coDiagnostix. Uma broca virtual foi adaptada no local de inserção do canal radicular e um arquivo STL foi exportado para impressora 3D para posterior impressão dos moldes. Durante o acesso foi usada uma broca com diâmetro de 1 mm. Após acessar os orifícios de todos os canais radiculares calcificados, foi realizado o tratamento endodôntico com preparo químico-mecânico com limas rotatórias de níquel titânio sob irrigação de hipoclorito de sódio 3%, seguido de obturação vertical de guta percha com epóxi selante de resina. Foi feito exame clínico e radiográfico de acompanhamento de 1 ano. Os dentes se apresentavam

assintomáticos e a radiografia mostrou redução do tamanho da lesão apical nos dentes 36, 32 e 12 e cicatrização completa da lesão apical nos dentes 15, 26, 31 e 46. Concluíram que o uso da endodontia guiada levou a localização rápida e bem sucedida de todos os canais radiculares, facilitando o tratamento endodôntico de dentes afetados pela displasia dentinária.

Ali e Arslan (2019) realizaram um relato de caso, com o objetivo de descrever o uso da técnica de endodontia guiada para dois incisivos laterais superiores com múltiplos DIs (dens invaginatus). O caso selecionado foi de uma paciente do sexo feminino, de 16 anos, encaminhada com queixa principal de dor e dentes anteriores superiores escurecidos. Com base nos achados clínicos e radiográficos, foi estabelecido o diagnóstico de necrose pulpar e abscesso periapical crônico associado a duplo DI (tipo II de Oehler) para o incisivo lateral superior esquerdo (dente 22). O tratamento do canal radicular e o selamento do duplo DI com agregado de trióxido mineral foram planejados para o dente 22. Para o dente 12 (tipo II de Oehler), foi planejado o selamento preventivo do DI. O acesso minimamente invasivo ao duplo DI e ao canal radicular principal do dente 22, e ao DI do dente 12, foi obtido pela técnica de endodontia guiada. Foram tiradas impressões para obter um modelo de estudo dos dentes maxilares. Um AutoScan-DS200 Dental 3D Scanner foi então usado para obter um arquivo estereográfico do arco para ser usado em projetos assistidos por computador de talas. O software de planejamento de implantes 3D foi usado para projetar as talas e uma impressora 3D foi usado para fabricar os guias. Caminhos para a broca foram criados para manter o acesso em linha reta até o canal radicular e os DIs. As guias foram feitas utilizando resina SG dental. O comprimento e o diâmetro do cilindro guia foram de 5 mm e 1,3 mm, respectivamente. Foi selecionada uma broca diamantada com um comprimento de 19,2 mm e um diâmetro da cabeça de broca de 1 mm. Antes de colocar as guias, vários dentes foram isolados usando um dique de borracha. Foi realizada uma profundidade de fresagem com base nas imagens TCFC, garantindo o acesso a parte de DI e ao canal radicular principal do dente 22 e a parte DI do dente 12. O canal radicular do dente 22 foi negociado com uma lima K-file 15 e o comprimento de trabalho foi determinado usando um localizador apical. A instrumentação rotatória foi realizada com instrumentos NiTi e

limas K até o calibre 60. Os canais foram irrigados com hipoclorito de sódio a 3% e seco com pontos de papel. A pasta de hidróxido de cálcio foi colocada como um medicamento intracanal. O dente foi selado provisoriamente utilizando Cavit G (3M ESPE). Na consulta seguinte, após uma semana, a pasta de hidróxido de cálcio foi removida usando EDTA ativado por ultrassom. MTA foi colocado e ativado por ultrassom e após colocação de um algodão úmido os dentes 12 e 22 foram selados provisoriamente. No dia seguinte as cavidades foram restauradas com resina composta. Radiografias de acompanhamento mostraram regressão da lesão em relação aos dentes 12 e 22. O dente 12 apresentou parâmetros clínicos estáveis. Os autores concluíram que a técnica pode ser uma ferramenta valiosa porque reduz o tempo de cadeira e, mais importante, o risco de danos iatrogênicos à estrutura dentária.

Zubizarreta-Macho et al. (2019) relataram um caso clínico com o objetivo de mostrar a técnica de acesso cavitário guiado e conservador ao sistema de canais radiculares de um DI tipo II, de forma a preservar ao máximo o tecido dentário e melhorar o prognóstico terapêutico. O caso relatado foi de uma paciente encaminhada para diagnóstico e tratamento de abscesso apical crônico em dente previamente tratado, secundário a traumatismo em incisivo lateral superior esquerdo. Uma TCFC foi realizada para melhor visualização do DI tipo II e do ápice fraturado. A decisão de utilizar guias para acesso ao sistema de canais radiculares foi devido à complexidade anatômica. Para projetar as guias, foi utilizado o software de planejamento de implante guiado por computador e uma impressora 3D para fabricar as guias em resina estereolitográfica, com exceção do cilindro de aço inoxidável. O comprimento do cilindro foi de 5 mm e o diâmetro de 1,3 mm. Após o acesso ao sistema de canais radiculares utilizando o guia, o dente foi isolado e o retratamento do canal radicular foi realizado. O comprimento de trabalho foi estabelecido por um localizador apical. Realizou-se a instrumentação com sistema rotativo endodôntico recíprocante sob irrigação com hipoclorito de sódio a 5,25%. O sistema de canais radiculares foi seco com pontas de papel e selado com sistema de guta-percha e adesivo à base de resina epóxi cimento. Por fim, a coroa clínica foi restaurada por uma faceta indireta de resina nano cerâmica feita por meio de

escaneamento intraoral e um software CAD. Para remoção do ápice fraturado uma cirurgia endodôntica foi realizada. Em consultas de acompanhamento de 6, 12 e 18 meses o paciente permaneceu assintomático e a lesão periapical obteve redução com o desaparecimento aos 18 meses. Concluíram que com a técnica de endodontia é possível um acesso cavitário preciso, conservador e seguro dos dentes acometidos por malformações dentárias, podendo essa técnica facilitar o retratamento do canal radicular e melhorar o prognóstico.

3.2.4 Remoção de pino de fibra de vidro

Perez et al. (2021) realizaram uma avaliação *in vitro* da endodontia microguiada quanto a precisão para remover um pino de fibra adesivo quando há artefatos nas imagens de TCFC causados por materiais dentários compósitos. Foram confeccionados dez modelos de arcada dentária, cinco maxilares e cinco mandibulares, com quatro pré-molares e seis molares extraídos em cada arco. Quarenta dentes foram preparados com pinos de fibra e restaurações de núcleo composto. Para cada modelo foi feita uma TCFC pré-operatória e uma varredura de superfície óptica, que foram fundidas no software Blueskyplan™ para projetar digitalmente. Os planejamentos de orientação da broca, com diâmetro de 0,75 mm, e sua manga guia foram feitos e sua posição foi verificada em três dimensões para garantir o alinhamento correto. Posteriormente, os guias em 3D foram impressos. O experimento de remoção de pinos de fibra foi realizado por dois operadores. Após confirmar a adequada adaptação do guia aos dentes, foi realizado o acesso com a broca na velocidade de rotação de 10.000 rpm/min e controle de torque de 1,75 N/cm. Após cada progressão de 5 mm de profundidade, o guia foi removido e o trajeto da broca foi lavado com solução salina. O procedimento foi considerado bem-sucedido quando uma lima tipo K #10 acessou a guta-percha apical. Uma TCFC pós-operatória foi realizada e incorporada ao plano pré-operatório para medir os desvios nos segmentos coronal e apical. O desvio médio entre as trajetórias de perfuração planejada e real foi, respectivamente, de 0,39/0,14 mm coronalmente e 0,40/0,19 mm apicalmente. O acesso à guta-percha apical foi obtido em 35 dos 40 dentes tratados, representando uma taxa de sucesso de 87,5%. Dentre os 5 dentes, o acesso não

foi possível porque a broca atingiu a parede do canal impedindo a progressão, por isso, apenas as medidas coronais foram tomadas para estes dentes. Não houve perfurações radiculares. Entre os operadores não houve diferença significativa. Os autores concluíram que a endodontia microguiada é um método previsível e preciso para remover restaurações de pinos de fibra de forma eficiente. Contudo, estudos de avaliação em pacientes são necessários para avaliar os benefícios clínicos desta técnica guiada.

Maia et al. (2022) publicaram um relato de caso clínico com o objetivo de descrever o uso de um prototipado criado com planejamento virtual para remoção de pinos de resina composta reforçada com fibra. O caso foi de uma paciente de 38 anos com queixa de dor moderada à palpação e percussão do incisivo central superior esquerdo. O dente em questão tinha histórico de trauma dentário e tratamento endodôntico feito há 15 anos. Uma radiografia periapical revelou tratamento endodôntico inadequado, presença de lesão periapical e pino de fibra adesiva intrarradicular. O tratamento de escolha foi a reintervenção endodôntica utilizando um guia para remover o pino, mas preservando a coroa dentária, que estava satisfatória. Dois modelos diagnósticos foram gerados a partir das imagens tridimensionais de TCFC e do escaneamento intraoral. Os modelos foram alinhados e exportados para um software de planejamento virtual. Foi criado um guia virtual por meio de um programa de software. O modelo foi exportado como um arquivo STL e enviado para uma impressora 3D para produzir o guia prototipado. Para acesso foi usada uma broca de diâmetro 1,3 mm e comprimento de 15 mm. Após confirmação da remoção do pino por uma radiografia periapical, o dente foi isolado e o canal foi limpo e moldado com irrigação com hipoclorito de sódio. Em seguida, foi preenchido com pasta de hidróxido de cálcio por 1 semana. O canal radicular foi obturado com compactação vertical a quente com cimento biocerâmico. O espaço para o pino foi preparado e um novo pino de fibra foi cimentado. Foi feita uma resina composta na cavidade de acesso. O paciente já não apresentava sintomas clínicos e uma radiografia periapical de 18 meses de acompanhamento revelou cicatrização da lesão. Os autores concluíram que o uso de um guia prototipado melhorou a segurança do paciente, diminuiu o estresse

profissional, encurtou o tempo de tratamento, preservou a estética e eliminou a necessidade de uma nova restauração. Também chegaram à conclusão que essa abordagem não requer treinamento especializado ou ampla experiência clínica para alcançar resultados previsíveis.

Cho, Jo e Ha (2021) descreveram dois casos clínicos de remoção de pinos de compósito reforçado com fibra (FRC) de dentes anteriores superiores de forma segura e eficiente usando endodontia guiada com um microscópio cirúrgico. Primeiro caso: a paciente apresentava uma restauração coronária fraturada do incisivo central superior direito. O dente possuía histórico de fratura com envolvimento pulpar e foi diagnosticado com tratamento endodôntico prévio, periápice normal e uma lacuna entre o pino de FRC e a parede do canal radicular. A remoção do pino FRC foi necessária e para minimizar a perda de estrutura dentária foi decidido utilizar a técnica de endodontia guiada. Segundo caso: a paciente foi encaminhada devido a múltiplas lesões radiolúcidas periapicais ao redor do incisivo central superior direito e esquerdo e do incisivo lateral superior esquerdo. Os dentes foram diagnosticados com tratamento endodôntico prévio e periodontite apical crônica, bem como, presença de canais acessórios e espaço do canal mal condensado para modelagem, limpeza e obturação inadequadas. Os pinos FRC dos 3 dentes precisaram ser removidos. Para o incisivo lateral superior esquerdo, o pino FRC foi removido com uma ponta ultrassônica sob o microscópio cirúrgico odontológico, o que demorou muito e foi dificultado por se tratar de uma paciente pediátrica. Dessa forma, para os outros dois incisivos centrais superiores, direito e esquerdo, optou-se por utilizar a técnica de endodontia guiada. Em ambos os casos, o conjunto de dados digitalizados opticamente do modelo de gesso foi sobreposto com o conjunto de dados da tomografia computadorizada de feixe cônico. Por software de planejamento de implantes, o caminho de uma broca guia com diâmetro de 1,0 mm foi selecionado. Com base neles, um stent customizado foi confeccionado e utilizado para a retirada do pino CRF. Nos presentes casos, levou menos de cinco minutos para completar a remoção do pino FRC e não houve perfuração. Portanto, os autores concluíram que com a técnica de endodontia guiada, o tempo de cadeira,

o risco de perfuração radicular e a perda de estrutura dentária remanescente são menores, independentemente da cooperação do paciente.

Gonçalves et al. (2021) relataram sobre dois casos clínicos em que a endodontia guiada foi utilizada para realizar o acesso aos canais radiculares. Primeiro caso: acesso endodôntico de um canal radicular altamente obliterado até o terço apical de um canino maxilar com diagnóstico de periodontite apical sintomática. Segundo caso: acesso ao canal radicular distal de um molar mandibular restaurado com um pino de fibra de vidro, associado à extrusão do material obturador e lesão periapical. Os guias 3D foram planejados com base TCFC e escaneamento intraoral digital, os quais foram alinhados por meio de um software específico. Desta forma, brocas de implante puderam ser guiadas até o comprimento necessário do canal radicular para cada caso. No primeiro caso, foi confeccionado um canal radicular cirúrgico e o paciente ficou sem sinais e sintomas após o término do tratamento. No segundo caso, observou-se que o pino de fibra foi desgastado pela broca, permitindo o livre acesso ao material obturador. Foi possível realizar a reintervenção endodôntica de forma mais previsível e em menos tempo. Em ambos os casos relatados, não houve o uso de parafusos estabilizadores já que ao realizar os testes de adaptação na boca dos pacientes, notou-se um ajuste perfeito das guias, com certa dificuldade para sua remoção. Os autores concluíram que em ambos os casos, o uso da endodôntica guiada permitiu a preservação de grande parte da estrutura dentária e que os procedimentos foram realizados com maior agilidade, sem a ocorrência de fraturas e perfurações. Porém, ressaltaram a importância de novos estudos laboratoriais e clínicos para confirmar a confiabilidade deste dispositivo na presença de retentores intracanal.

3.2.5 Remoção de MTA

Ali e Arslan (2021) realizaram um estudo in vitro com o objetivo de avaliar a eficácia da endodontia guiada estática para acesso ao canal radicular obliterado por MTA e avaliar o efeito desta técnica na resistência à fratura dos dentes. Foram utilizados 30 pré-molares inferiores extraídos de humanos, onde a cavidade de acesso foi preparada de forma padrão. Depois, para simular um ápice radicular imaturo, os canais foram ampliados até o calibre de uma lima 80. O MTA branco foi

colocado cerca de 3 mm abaixo da junção cimento-esmalte (JCE), como nos procedimentos endodônticos regenerativos. Após alcançar a dureza do MTA, a cavidade foi restaurada com material de resina composta. Os dentes foram divididos aleatoriamente em dois grupos (n = 15). No grupo controle, a resina composta e o MTA foram removidos sem nenhuma orientação. No grupo de acesso guiado estático (SG), foi realizada TCFC, guias impressos em 3D foram projetados e fabricados com resinas estereolitográficas e, em seguida, a resina composta e o MTA foram removidos com um guia. Um operador inexperiente realizou a remoção de resina composta e MTA em todos os grupos. Radiografias periapicais foram feitas antes e depois do procedimento. Em seguida, os canais foram preenchidos e as cavidades de acesso restauradas. As amostras foram testadas quanto à resistência à tração. De acordo com os resultados, foi possível observar diferenças significativas entre o grupo controle e o grupo SG em termos de complicações e tempo de penetração do canal radicular ($p < 0,05$). O grupo SG necessitou de menos tempo que o grupo controle. Nenhum acidente ocorreu no grupo de acesso SG. O grupo SG teve resistência à fratura significativamente preservada em comparação com o grupo controle ($p < 0,05$). A falha não restaurável ocorreu no grupo controle com mais frequência do que no grupo SG. Os autores concluíram que a técnica de endodontia guiada estática leva a uma remoção mais rápida e reduz danos iatrogênicos em comparação com o acesso endodôntico convencional, além de preservar parte da resistência à fratura do dente. Também, enfatizaram que a endodontia guiada apresenta limitações como, necessitar de um caminho reto para o ponto alvo, ser difícil de usar na região posterior, possível aumento de temperatura durante o acesso e a varredura TCFC pode apresentar falhas quando na presença de um material muito radiopaco.

3.2.6 Microcirurgia endodôntica guiada

Lu et al. (2022) relataram um caso clínico de microcirurgia endodôntica em área de molar inferior com auxílio de navegação dinâmica. O caso se tratou de uma paciente de 41 anos que experimentou meses de dor intermitente após retratamento endodôntico. Notou-se sensibilidade à percussão e palpação do dente 36, com um trato sinusal traçando sua raiz disto vestibular. Uma TCFC revelou extensas

reabsorções ósseas periapicais ao redor das raízes mesial e disto vestibular do dente 36. Uma TCFC pré-operatória foi obtida com um clipe termoplástico colocado contralateral à região cirúrgica. A imagem foi importada para o sistema de navegação dinâmica (X-Guide, X-Nav Technologies) para planejamento de acesso. Após a reflexão do retalho, a raiz disto vestibular foi encontrada diretamente exposta em um defeito ósseo fenestrado, enquanto a raiz mesial ainda estava coberta por osso cortical vestibular intacto. Com a ajuda da navegação dinâmica, localizar o ápice radicular mesial não foi um problema. Ao selecionar uma broca trefina apropriada, foi fácil criar uma janela óssea e realizar a ressecção radicular simultaneamente. As etapas de repouso da microcirurgia endodôntica foram realizadas sob um microscópio odontológico. O fragmento da placa óssea vestibular foi recolocado para realçar a cavidade óssea. Após uma série de consultas de acompanhamento, a radiografia realizada cinco meses após a cirurgia mostrou cicatrização óssea significativa na área periapical do dente 36. Os autores concluíram que a aplicação de navegação dinâmica no caso atual promoveu a localização precisa da pontada raiz e minimizou o tempo de preparação. Ajudou a alcançar a ressecção radicular ideal sem bisel, o que geralmente é difícil de alcançar na cirurgia à mão livre, mas é essencial para um resultado ideal.

Fu et al. (2022) relataram três casos clínicos com o objetivo de apresentar uma nova abordagem para microcirurgia endodôntica assistida por navegação dinâmica e descrever sua aplicação em dentes posteriores. Os três casos clínicos se trataram de dentes posteriores com diagnóstico de periodontite apical crônica associada a dentes previamente obturados e que após biópsia foi descrito como granuloma periapical. Os pacientes foram submetidos a uma TCFC pré-operatória enquanto usavam um dispositivo de registro contendo nove marcadores radiopacos e com material de moldagem de silicone contra os dentes posteriores. As imagens de TCFC foram carregadas no sistema de navegação dinâmica e inseridas em seu software de planejamento de trajeto cirúrgico, que foi projetado para remover 3 mm de tecido dentário da raiz com diâmetro de 4 mm, correspondente a uma broca trefina. Foi realizada a calibração entre a peça de mão e o dispositivo de referência. Com o pareamento entre os marcadores na imagem de TCFC e suas posições reais,

foi realizado o registro das condições virtuais e intraorais. A posição dinâmica da peça de mão em relação ao paciente foi rastreada usando o dispositivo de referência. O cirurgião visualizou a localização e o ângulo da broca dinamicamente em relação às imagens de TCFC do paciente e do trajeto cirúrgico pré-desenhado em uma tela. Uma janela de profundidade exibiu “verde” para indicar que a broca atingiu a posição pré-definida. Uma vez que a trefina atingiu a profundidade pré-definida, a janela de profundidade exibiu um aviso “vermelho”, indicando a conclusão da ressecção da raiz. Todos os procedimentos de microcirurgia endodôntica foram realizados sob microscopia endodôntica. Após osteotomia assistida por navegação dinâmica e ressecção radicular foi feita curetagem periapical. O preparo retrógrado foi realizado a 3 mm de profundidade no canal radicular usando pontas ultrassônicas com paredes paralelas ao longo eixo. A cavidade radicular seca foi preenchida com iRoot BP Plus. Todos os três pacientes permaneceram assintomáticos na consulta de acompanhamento e sem complicações. Exames radiográficos de três a nove meses após a microcirurgia endodôntica revelaram o aumento da densidade óssea, com redução da radiolucidez da região apical dos dentes. Dessa forma, dentro das limitações dos casos apresentados, a navegação dinâmica demonstrou ser um sistema viável, previsível e que economiza tempo para auxiliar a microcirurgia endodôntica em áreas de molares, além de minimizar a extensão da osteotomia e localizar os ápices radiculares mais facilmente. No entanto, essa abordagem necessita de uma curva de aprendizado e o trabalho preliminar pode ser aumentado e demorado em relação ao desenho pré-operatório e calibração.

Lai et al. (2019) realizaram um relato de caso clínico com objetivo de demonstrar uma microcirurgia endodôntica guiada por stent cirúrgico CAD/CAM para ressecção da raiz guiada em um molar mandibular com hiper cementose. O caso em questão foi de uma paciente diagnosticada com abscesso apical crônico em um primeiro molar mandibular direito previamente tratado. A partir de uma TCFC e radiografia periapical foi possível identificar hiper cementose das duas raízes do dente e radiolucência perirradicular. O arquivo DICOM da TCFC foi sobreposto aos dados de varredura do arco mandibular em um software de planejamento cirúrgico de implante BlueSkyPlan. O stent foi impresso em 3D usando Mii-Craft 125 com

uma resina de guia cirúrgico dental biocompatível. Um microscópio cirúrgico odontológico foi usado durante os procedimentos. Foram realizados o retalho de espessura total, a osteotomia guiada e a ressecção da extremidade da raiz de acordo com o stent cirúrgico CAD/CAM. As raízes foram preparadas com pontas ultrassônicas e preenchidas com MTA. O acompanhamento clínico e radiográfico de oito meses mostrou a recidiva da radiolucência perirradicular. Concluíram que a aplicação da tecnologia CAD/CAM na microcirurgia endodontia permitiu localizar com precisão a raiz, evitando estruturas anatômicas importantes e fazer uma ressecção precisa do chanfro e do comprimento da extremidade da raiz, diminuindo o tempo de operação e a chance de edema pós-operatório e desconforto do paciente durante a cicatrização.

3.2.7 Tratamento de falhas

Fonseca et al. (2022) descreveram um relato de caso clínico que teve por objetivo apontar as limitações da endodontia guiada, as possíveis causas de falhas e o manejo de uma falha endodôntica guiada em um canal radicular severamente calcificado. O caso descrito foi de um paciente encaminhado para tratamento endodôntico do incisivo central superior esquerdo. O paciente tinha um histórico de trauma envolvendo o dente 21 há alguns anos, resultando em uma coloração amarelada. Outro profissional já havia tentado localizar o canal sem sucesso. No exame clínico, o dente não respondeu aos testes térmicos ou elétricos, enquanto a percussão e a palpação tiveram respostas normais. Diante do exame radiográfico e TCFC o diagnóstico foi de periodontite apical assintomática e calcificação pulpar grave. A endodontia guiada foi escolhida como tratamento mais adequado. Duas guias foram confeccionadas para o acesso endodôntico, uma para acesso ao terço médio-cervical e outra para o terço apical. No planejamento virtual, foi feita uma cópia de uma broca com diâmetro de 1,3 mm e comprimento de 20 mm na posição exata de acesso ao canal radicular através da superfície palatina do dente. O modelo 3D foi enviado para uma impressora 3D. O exame intraoral revelou aspecto amarelado na tentativa anterior de acesso ao canal radicular e inclinação da coroa para vestibular. Após o canal radicular ser acessado através dos dois guias, o

dente foi isolado e explorado por uma lima K nº8 e com uma lima K nº 15 o comprimento de trabalho foi confirmado usando o localizador apical. Dessa forma, o dente foi instrumentado com um sistema rotatório LogicNiTi e irrigado com hipoclorito de sódio 2,4% e EDTA 17%. Ao realizar uma radiografia de guta-percha detectou-se um desvio no trajeto do canal com conseqüente perfuração na região apical. O canal foi obturado, o dente restaurado e uma microcirurgia endodôntica foi planejada. O canal foi localizado com o auxílio de um microscópio cirúrgico. A lesão periapical foi completamente enucleada, seguida de ressecção radicular de 3 mm com ponta ultrassônica. A retro obturação foi realizada com fosfato de cimento biocerâmico e um enxerto ósseo foi feito. O paciente foi acompanhado por 2 anos, sem relatos de sintomas ou desconforto, e os exames radiográficos e TCFC mostraram reparo ósseo completo. No caso, a não fixação do da guia ao osso e as imprecisões geradas pela execução manual do software de fusão de malha levaram à perfuração da raiz. A microcirurgia endodôntica foi efetiva na resolução do caso e deve ser considerada o tratamento de escolha quando a endodontia guiada não pode ser usada com segurança ou quando falha.

Casadei et al. (2020) publicaram um relato de caso com objetivo de descrever um tratamento endodôntico onde houve intercorrências, gerando desvio e perfuração, que foi solucionado com auxílio de endodontia guiada. O caso em questão tratou-se de uma paciente encaminhada para localização e tratamento de canal calcificado do segundo pré-molar superior direito após várias tentativas de acesso ao canal remanescente sem sucesso. O diagnóstico foi de abscesso periapical crônico. Após exame radiográfico, observou-se desvio com perfuração apical. A técnica de endodontia guiada foi escolhida para retornar ao trajeto original do canal. Uma TCFC e escaneamento intraoral foram combinados em um software de planejamento cirúrgico Simplant. Foi realizado um planejamento virtual da broca sobrepondo o segundo pré-molar superior para que fosse possível a correção do desvio anterior, levando ao lúmen anatômico visível. Foram incorporadas mangas ao template virtual para que não fosse necessário o suporte digital para estabilização. O modelo foi impresso por uma impressora 3D. Posteriormente, o guia cirúrgico foi posicionado para fresagem óssea, sob irrigação, utilizando-se a broca de acesso. O

procedimento de acesso durou aproximadamente oito segundos. Por fim, foi feita a limpeza e modelagem do canal radicular em toda sua extensão, além do reparo da área de desvio e perfuração com cimento MTA. O acompanhamento de um ano revelou regressão da lesão periapical, ausência de sintomas e resposta negativa aos exames clínicos. Concluíram que a técnica de endodontia guiada demonstra ser um método seguro e clinicamente viável, permitindo um prognóstico favorável a longo prazo, principalmente quando os canais calcificados não podem ser acessados pelas estratégias endodônticas convencionais de maneira previsível, além de ser um importante auxílio no tratamento de acidentes e complicações em endodontia.

3.2.8 Estudo ex vivo

Buchgreitz et al. (2016) realizaram um estudo ex vivo com o objetivo de avaliar a precisão do preparo cavitário de acesso guiado planejado para dentes com obliteração do canal pulpar usando um guia baseado em uma TCFC fundido com uma varredura de superfície óptica. Para isto, 48 dentes extraídos foram montados em blocos de acrílico. Um preparo do canal apical foi criado para simular remanescentes de um canal radicular apical que atuou como alvo para um caminho de perfuração. Os dentes foram escaneados na superfície e fundidos com uma TCFC. Utilizando software específico, foi criado um caminho de perfuração através de uma luva virtual (diâmetro 1,2 mm, comprimento 4 mm) para a orientação da broca. Para obter a estabilidade adequada, os dentes vizinhos foram incluídos no guia. O guia com a luva de metal foi produzido pela tecnologia CNC como um SICAT optiguide com base na imagem combinada. O raio máximo entre o caminho de perfuração e o ponto-alvo foi definido como aproximadamente 0,7 mm, com base em estimativas do raio da broca (0,6 mm) e do canal radicular sendo visível em uma radiografia (0,1 mm). A precisão do acesso guiado foi analisada e mediada pelo SICAT para cada guia. O teste t foi usado para avaliação, e a reprodutibilidade inter-examinador foi expressa por coeficientes de correlação de classe. Dos 48 dentes, foi possível realizar percursos de perfuração em 38 dentes. Devido à presença da polpa natural, um caminho de perfuração envolvendo apenas dentina não pode ser feito em 10 dentes. A distância média entre o caminho de perfuração e o alvo foi significativamente menor que 0,7 mm, e a hipótese nula $H_0: I=0,7$ foi

rejeitada ($P < 0,001$ (IC 95%; 0,31–0,49)). Os autores concluíram que o uso combinado de TCFC e varreduras de superfície ópticas são precisas para a construção de um guia endodôntico que levou a um caminho de perfuração abaixo de um risco limite. Portanto, a presente técnica pode ser uma valiosa ferramenta para negociação de canais radiculares com obliteração parcial ou total.

Zehnder et al. (2016) realizaram um estudo *ex vivo* com o objetivo de apresentar um novo método de endodontia guiada utilizando modelos impressos em 3D para obter acesso guiado minimamente invasivo aos canais radiculares e avaliar sua precisão. Para isto, sessenta dentes humanos extraídos unirradiculares foram colocados em seis modelos de maxila. Os exames pré-operatórios de TCFC foram combinados com scanner de superfície intraoral usando o software coDiagnostix™. Uma broca virtual foi criada com comprimento total de 37 mm, comprimento de trabalho de 18,5 mm e diâmetro de 1,5 mm. Além disso, para fins de planejamento, foi criada uma luva virtual para guiamento com diâmetro interno de 1,5 mm, diâmetro externo de 2,8 mm e comprimento de 6 mm. A broca virtual foi sobreposta em cada dente com o objetivo de criar um acesso direto ao terço apical do canal radicular. Os arquivos STL exportados permitiram que uma impressora 3D produzisse os templates com manga. Após o preparo da cavidade de acesso por dois operadores, foram realizadas TCFC pós-operatórias para sobreposição ao planejamento virtual e avaliação do desvio entre a cavidade de acesso planejada e a realizada em três dimensões e ângulo. Intervalos de confiança de 95% foram calculados para ambos os operadores e para cada parâmetro. Após a preparação da cavidade com endodontia guiada todos os canais radiculares foram acessíveis com uma lima K-File #10. Os desvios das cavidades de acesso planejadas e preparadas foram baixos com médias variando de 0,16 a 0,21 mm para diferentes aspectos na base da broca e 0,17 a 0,47 mm na ponta da broca. A média do desvio do ângulo foi de 1,81°. Não houve diferença significativa entre os operadores. Concluíram que a endodontia guiada permitiu um preparo preciso da cavidade de acesso até o terço apical da raiz, apresentando um desvio aceitável em comparação com o planejamento virtual.

Nayak et al (2018) realizaram um estudo experimental com dentes extraídos com o objetivo de discutir a metodologia para cálculo da orientação da broca

endodontia, juntamente com sua validação virtual e experimental. A metodologia baseada em desenho assistido por computador foi empregada para projetar e fabricar um guia endodôntico personalizado. Uma TCFC com o software MIMICS foi usada para criar um modelo sólido dos dentes. O modelo sólido gerado foi fatiado através do programa desenvolvido em MATLAB. Os centros geométricos de fatias consecutivas foram unidos para traçar o eixo central dos canais radiculares. Para avaliar a angulação ideal da broca para o projeto do guia, uma linha reta ajustada no conjunto de dados do centro geométrico ajudou a criar um acesso minimamente invasivo. A metodologia envolveu a verificação simulada do caminho da broca para julgar a precisão e viabilidade do preparo cavitário de acesso ao canal radicular. Em seguida, guias endodônticos para dentes extraídos foram projetados e fabricados usando uma impressora tridimensional, seguido de preparo cavitário guiado de acesso ao canal radicular para dentes extraídos. Para validar a metodologia proposta, usando uma caixa de ferramentas de processamento de imagem MATLAB, o desvio entre o eixo da cavidade de acesso do canal radicular preparado e o eixo do canal radicular foi analisado em radiografias de dentes pós-tratados. O desvio entre o eixo do caminho da ferramenta e o eixo do canal radicular em canais radiculares simulados não foi superior a 0,210 e 0,04 mm. O desvio entre o eixo da cavidade de acesso ao canal radicular planejada e a cavidade de acesso ao canal radicular preparada foi de 0,07 e 0,02 mm. O método proposto de desenho do guia sugeriu parâmetros adequados para a orientação da broca endodôntica para aproximar-se facilmente do canal radicular. Assim, os autores concluíram que o método utilizado revelou resultados encorajadores para o desenho de guias endodônticos.

3.2.9 Estudo in vitro

Connert et al. (2019) realizaram um estudo in vitro com incisivos impressos em 3D que simularam canais radiculares calcificados. O objetivo foi comparar cavidades de acesso endodôntico em dentes com canais radiculares calcificados preparados pela técnica convencional e abordagem endodôntica guiada quanto à detecção de canais radiculares, perda de substância e duração do tratamento. Seis

conjuntos idênticos de modelos maxilares superiores e inferiores foram produzidos com incisivos centrais e laterais impressos. Para simular condições clínicas, três dentistas com diferentes níveis de experiência foram encarregados de preparar cavidades de acesso coronal em cada dente frontal com a técnica convencional e a técnica de endodontia guiada. Cada operador ficou responsável por quatro modelos, correspondentes a 16 dentes, sendo oito dentes por técnica e operador. Para cada modelo, uma TCFC pré-operatória foi realizada e armazenada como um arquivo DICOM. Os arquivos STL foram criados por meio de um scanner intraoral 3D. Foi realizado o planejamento virtual de endodontia guiada para os 6 modelos do grupo responsável. A broca virtual possuía diâmetro de 0,85 mm e a luva virtual diâmetro de 0,88 mm. Mangas metálicas personalizadas foram integradas ao modelo final. Os operadores foram autorizados a usar microscópio operacional para ambas as técnicas. As cavidades de acesso foram avaliadas volumetricamente em TCFC no pós-operatório. A significância estatística foi testada examinando a sobreposição de intervalos de confiança de 95%. A localização do canal foi bem-sucedida em 10 dos 24 casos (41,7%) usando a técnica convencional e 22 de 24 casos (91,7%) com a técnica guiada. A perda média de substância do acesso convencional e do acesso guiado foi de 49,9 mm³ (IC 95%, 42,2–57,6 mm) e 9,8 mm (IC 95%, 6,8–12,9 mm), respectivamente. O tratamento durou 21,8 minutos (IC 95%, 15,9–27,7 minutos) para a técnica convencional e 11,3 minutos (IC 95%, 6,7–15,9 minutos) para endodontia guiada. O sucesso da abordagem guiada não foi influenciado pela experiência do operador. Os autores concluíram que o acesso endodôntico guiado apresentou resultados favoráveis em cada aspecto investigado do estudo, o que sugere que, mesmo para especialistas em endodontia com microscópios cirúrgicos, a abordagem guiada supera a localização convencional do canal radicular em dentes calcificados.

Connert et al. (2021) realizam um estudo in vitro com objetivo de comparar a perda de substância e o tempo necessário para o preparo cavitário de acesso usando o método convencional à mão livre e um sistema de navegação dinâmica miniaturizado de endodontia guiada em tempo real (RTGE). Para preparação do modelo de estudo, nove dentes anteriores superiores humanos extraídos foram

digitalizados por micro tomografia computadorizada. Os espaços dos canais pulpares foram segmentados separadamente e a parte coronal foi reduzida virtualmente até 2 mm abaixo da junção cimento-esmalte. Foram produzidos três modelos maxilares diferentes. Os dados 3D dos nove dentes foram duplicados digitalmente e espelhados para obter 12 modelos diferentes com 6 dentes cada, totalizando 72 dentes. Os dentes foram impressos por uma impressora 3D usando resina radiopaca e montados em um manequim odontológico para simular condições clínicas. O preparo cavitário de acesso (ACP) foi realizado por dois dentistas, um com 12 anos de experiência profissional em endodontia e o outro com 2 anos. Cada dentista recebeu seis modelos (36 dentes) e realizaram ACP em metade por endodontia guiada em tempo real (RTGE) e na outra metade por técnica convencional (CONV) 2 semanas depois. Os operadores registraram o tempo gasto no ACP para cada dente. Exames de TCFC pós-operatório foram adquiridos para medição da perda de substância. Volumes médios de perda de substância e tempo de procedimento por método e operador foram comparados pelo teste t. Setenta dos 72 canais radiculares foram localizados com sucesso, um canal não localizado foi usando RTGE e o outro usando CONV, ambos perfurados pelo operador menos experiente. A perda de substância foi significativamente menor com RTGE (10,5 mm) do que com CONV (29,7 mm). Ambos os procedimentos levaram um tempo semelhante por dente (média de 195 vs 193 segundos). O operador mais experiente obteve significativamente menor perda de substância (19,9 mm) em relação ao operador menos experiente (39,4 mm) com o uso da técnica convencional, porém não houve diferenças significativas com o uso de RTGE. Concluíram que um sistema de navegação dinâmica miniaturizado de endodontia guiada em tempo real poupa substância dentária quando comparado ao método convencional, no entanto, possuem tempo semelhante. E ainda, que o RTGE demonstrou ser independente da experiência do dentista.

Koch et al. (2022) realizaram um estudo in vitro com o objetivo de avaliar a precisão e exatidão das impressoras 3D desktop (de mesa) ao fabricar stents (endopróteses) para endodontia guiada. Um stent foi projetado usando um software de planejamento para acesso endodôntico guiado em um tyodont. O tyodont foi

digitalizado usando impressões digitais e TCFC. A STL foi exportada para quatro impressoras 3D diferentes e um único stent foi fabricado por cada uma. A impressão foi realizada pela instituição do autor para os Grupos Form2, Form3 e Carbon e por um laboratório comercial independente para o Group Envision. Cada um dos dentes de typodont foram acessados e logo escaneados por um scanner de referência e depois importados para o software de inspeção. O software de inspeção usou um alinhamento de melhor ajuste para calcular automaticamente o desvio absoluto na base e na ponta da broca. Estatisticamente houve um efeito significativo do tipo de impressora no desvio axial coronal e apical. As comparações post hoc mostraram que o grupo Form2, que usou a impressora dekstop mais acessível do mercado, foi significativamente diferente dos grupos Form3 e Carbon ($P, 0,05$ e $P, 0,05$, respectivamente), indicando desvios apicais menos precisos. Com base apenas nesta observação, pode-se supor que impressoras mais baratas são inerentemente piores quando comparadas com impressoras mais caras para acesso endodôntico guiado, entretanto, essa tendência não foi observada nos demais grupos. O grupo Form3, que utilizou a segunda impressora mais acessível, teve o desvio axial médio, coronal e apical, menor e, portanto, produziu o acesso guiado mais preciso. Todas as impressoras testadas produziram stents de acesso guiado que permitiram um alto grau de precisão no acesso ao canal endodôntico artificial. Uma vez que tratou-se de um estudo in vitro, o significado clínico dos resultados é incerto. As diferenças entre as impressoras devem ser examinadas em dentes com obliteração do canal radicular. Isso demonstra a necessidade de pesquisas clínicas que testem impressoras 3D econômicas para acesso endodôntico guiado.

Leontiev et al. (2021) realizaram um estudo in vitro com o objetivo de avaliar a viabilidade do uso da ressonância magnética (RM) como alternativa à imagem TCFC para a detecção de canais radiculares na endodontia guiada. Cem dentes anteriores e pré-molares extraídos de humanos foram montados em dez modelos (cinco maxilares e cinco mandibulares), equipados com talas projetadas para acomodar uma fina camada de gel aquoso para imagens indiretas e digitalizadas por ressonância magnética. Foram feitas a ressonância magnética e as varreduras intraorais dos modelos para, então, serem alinhadas usando um

software de planejamento. Dessa forma, as cavidades de acesso foram virtualmente planejadas e os modelos fabricados com CAD/CAM. As cavidades de acesso foram preparadas e quando a profundidade alvo foi alcançada, uma lima manual nº 10 foi inserida para verificar a detecção do canal radicular. Foram feitas TCFC's e os dados pré e pós-operatórios foram alinhados com o software, o qual avaliou automaticamente o desvio entre a cavidade de acesso preparada nas dimensões e ângulo méso distal e vestibulo lingual. Dos 100 canais radiculares, 91 foram acessados com sucesso. Foram observadas perfurações radiculares em dois dentes. Nos sete canais restantes não foi possível a instrumentação com a lima manual nº 10. O desvio angular médio foi de 1,82, o desvio médio alterou entre 0,12 a 0,31 mm na base da broca e entre 0,28 a 0,44 mm na ponta da broca. Na dimensão vestibulo lingual o preparo da cavidade de acesso foi significativamente mais preciso nos dentes mandibulares em comparação com os maxilares e, na dimensão mesio distal, a precisão foi maior nos dentes anteriores, em comparação com os pré-molares. Para os autores, esse foi primeiro estudo a avaliar a viabilidade do uso de uma técnica de imagem não ionizante (RM) para o planejamento 3D de endodontia guiada e demonstrou a adequação da ressonância magnética para o preparo cavitário de acesso endodôntico guiado. Ainda, para eles, as principais desvantagens da RM são os altos custos de aquisição, tempos de varredura mais longos em comparação com imagens TCFC, e o fato de alguns pacientes com claustrofobia estarem sujeitos a problemas durante o exame.

Kostunov et al. (2021) realizaram um estudo in vitro com o objetivo de investigar a taxa de sucesso e quanta estrutura dentária pode ser preservada usando a abordagem guiada para cavidades de acesso endodôntico em dentes normalmente calcificados. Este estudo in vitro usou 60 dentes padronizados de resina acrílica (10 incisivos, 10 pré-molares, 10 molares), sendo 30 dentes para um grupo de estudo e 30 dentes para um grupo controle. No grupo de estudo, os dentes foram fixados em um modelo com resina acrílica e logo digitalizados com um scanner de laboratório. Uma TCFC foi feita, as preparações da cavidade de acesso foram planejadas virtualmente, o modelo foi impresso em 3D e as mangas para guias foram incorporadas. Posteriormente, as cavidades de acesso do grupo de estudo

precisaram ser ampliadas para que a instrumentação e obturação do canal radicular fosse possível. Já no grupo controle, os dentes foram preparados com cavidades de acesso pela técnica convencional. A perda de estrutura foi avaliada pela pesagem dos dentes antes e depois do preparo, sendo analisada estatisticamente pelo teste Wilcoxon-Mann-Whitney a um nível de significância de 95%. No grupo de estudo, 28 canais radiculares foram localizados com sucesso (93,3%) e dois dentes foram perfurados durante o preparo. No grupo controle, todos os canais radiculares foram localizados sem complicações (100%). No grupo de estudo, as preparações guiadas foram 34-48% menos invasivas do que as cavidades de acesso convencionais do grupo controle. Concluíram que a estrutura dentária de dentes normalmente calcificados é significativamente preservada com o uso da endodontia guiada, porém é uma vantagem que deve ser ponderada com uma maior carga de radiação, risco de perfuração, custos mais altos e maior dificuldade de desbridamento e visualização da câmara pulpar.

3.3 TENDÊNCIAS ATUAIS E PERSPECTIVAS FUTURAS

Zubizarreta-Macho et al. (2021) realizaram uma revisão sistemática e meta-análise na qual avaliaram os efeitos das técnicas de navegação assistida por computador na precisão de cavidades de acesso endodôntico, com o objetivo de esclarecer a taxa de sucesso do canal radicular usando sistemas de navegação estáticos e/ou dinâmicos em comparação com acessos à mão livre. A metodologia foi baseada nas diretrizes PRISMA (Itens de Relatório Preferidos para Revisões Sistemáticas e Meta-análises) e registrada no banco de dados PROSPERO. Foi realizada uma estratégia de busca da literatura no PubMed, Scopus, Cochrane e Web of Sciences. Sete termos MeSH foram incluídos na busca e aplicados três operadores booleanos, ficando da seguinte forma: [(“cavidade de acesso endodôntico”) OU (“cavidade de acesso conservadora”) OU (“cavidade de acesso guiado”) OU (“cavidade de acesso de navegação”) OU (“cavidade de acesso ninja”)] AND [(“precisão”) OU (“desvio”) OU (“localização do canal”)] NÃO [(“implantes dentários”)]. A pesquisa foi realizada até abril de 2020. Nenhuma restrição de idioma ou ano foi usada. Os critérios de inclusão foram: ensaios experimentais

randomizados, ensaios clínicos e estudos de série de casos, dentre nos quais as cavidades de acesso endodôntico foram realizadas usando técnicas auxiliadas por computador (técnicas de navegação estática ou dinâmica). Os critérios de exclusão foram: revisões sistemáticas da literatura, ensaios clínicos randomizados prospectivos e retrospectivos, casos clínicos e editoriais, estudos que não forneceram informações relacionadas à localização do canal radicular ou apresentaram tamanho amostral menor que o estabelecido. Os seguintes dados foram registrados: autor, ano, título, periódico, tamanho da amostra (n) e precisão da localização do canal. Foram incluídos os resultados obtidos em estudos que analisaram a acurácia das cavidades de acesso endodôntico utilizando sistemas de navegação estáticos e/ou dinâmicos. Os dados obtidos dos artigos foram: autor, ano, título, periódico, tamanho da amostra (n), precisão da localização do canal e resultados de estudos que analisaram a acurácia das cavidades de acesso endodôntico utilizando sistemas de navegação estáticos e/ou dinâmicos. A qualidade dos estudos in vitro selecionados foi avaliada pela escala Sistema de Informação de Pesquisa Atual. Para a avaliação da qualidade dos estudos clínicos foi utilizado o Jadad. A meta-análise foi realizada utilizando um modelo de efeitos aleatórios com o método inverso da variância e o método de Mantel-Haenszel. Inicialmente, 278 artigos foram encontrados. Após descartar artigos duplicados ou que não correspondiam aos critérios de inclusão, 14 artigos foram selecionados para análise qualitativa e 13 para análise quantitativa. Dos 13 artigos incluídos, oito eram ensaios experimentais, quatro eram estudos de série de casos, um era um ensaio clínico. Além disso, um estudo comparou a navegação estática versus cavidades de acesso endodôntico convencionais, e um estudo comparou navegação dinâmica versus acesso endodôntico convencional. Quatorze resultados de treze estudos foram selecionados e combinados usando um modelo de efeitos com um método de variância inversa. A localização do canal radicular usando técnicas de navegação assistida por computador teve uma alta taxa de sucesso em 98,1% (IC: 95,7–100%) sem diferenças estatisticamente significativas entre as técnicas de navegação assistida por computador estática (taxa de sucesso: 98,5%) ou dinâmica (taxa de sucesso: 9,5%) (teste Q=0,57; p=0, 51). Também não houve diferenças estatisticamente significativas entre

estudos *in vitro* (taxa de sucesso: 96,2%) e estudos *in vivo* (taxa de sucesso: 100%) (teste Q = 2,53; valor p = 0,112). A meta-análise não detectou heterogeneidade entre os estudos combinados (teste Q = 17,3; p = 0,185; I² = 25%). Uma razão de chance de sucesso de 13,1 (IC de 95%; 3, 8, 9,1) encoraja o uso de técnicas de navegação assistida por computador sobre procedimentos de abordagem endodôntica convencional. Os resultados do estudo demonstram que não há diferença entre os efeitos de diferentes técnicas de navegação assistida por computador na precisão de cavidades de acesso endodôntico. E ambos os procedimentos, estático e dinâmico, melhoraram a taxa de sucesso quando comparados com as cavidades de acesso endodôntico convencional. Portanto, o estudo confirma a eficácia e segurança das técnicas de navegação assistida por computador.

Anderson, Wealleans e Ray (2018) realizaram uma revisão da literatura com objetivo de revisar toda a literatura atual em inglês documentando aplicações da impressão 3D em endodontia, e especular sobre as direções futuras para pesquisa e uso clínico na especialidade. A pesquisa bibliográfica foi realizada nas bases de dados PubMed, Ovid e Scopus com os termos: estereolitografia, impressão 3D, prototipagem rápida, prototipagem rápida de autotransplante, cirúrgica guia, cirurgia endodôntica guiada, acesso endodôntico guiado, manufatura aditiva, computador desenho assistido (CAD), fabricação assistida por computador (CAM). Cinquenta e um artigos foram selecionados. As aplicações da impressão 3D em endodontia encontradas foram: acesso guiado com obliteração do canal pulpar, aplicações em autotransplante, planejamento pré-cirúrgico e modelagem educacional e localização dos locais de perfuração da osteotomia. Ao final da revisão, foi possível concluir que no futuro o uso generalizado da tecnologia de impressão 3D na endodontia será possível à medida que mais pesquisas e desenvolvimento ocorram. Dessa forma, a aquisição de conhecimento técnico dentro das práticas endodônticas e pesquisas esclarecendo a possível utilidade de impressoras de bancada mais acessíveis para o uso em clínicas individuais é necessário.

Vinagre et al. (2021) realizaram uma revisão sistemática de relatos de casos com objetivo de avaliar a literatura quanto ao manejo clínico de dentes traumatizados

com obliteração do canal pulpar e propor um algoritmo atualizado de tomada de decisão clínica. A revisão seguiu as diretrizes PRISMA e foi cadastrada na base de dados PROSPERO. A busca eletrônica foi realizada até março de 2021 através do Pubmed, EBSCOhost e LILACS. Teve como critérios de inclusão dentes permanentes anteriores com obliteração do canal pulpar (PCO) devido a traumatismo dentário, tratados com abordagem de “espera vigilante”, clareamento dental ou tratamento endodôntico cirúrgico ou não cirúrgico. A avaliação da qualidade foi realizada usando a JBI Critical Appraisal Tool for Case Reports. Um total de 20 artigos foram selecionados. Os artigos descreveram um total de 27 pacientes e o total de 33 dentes diagnosticados com PCO (17 incisivos centrais direitos e 13 incisivos centrais esquerdos superiores, três incisivos centrais inferiores e um incisivo lateral esquerdo). Dos 33 dentes selecionados, 18 apresentaram PCO parcial e 15 PCO total. A abordagem “espera vigilante” foi a que teve maior escolha clínica. Dentes com PCO não sintomáticos e descoloridos foram tratados principalmente com clareamento externo, estando o tratamento endodôntico não recomendado como intervenção preventiva. Já os dentes com PCO sintomáticos e diagnosticados com necrose pulpar e lesão periapical associada o tratamento endodôntico é indicado, no estudo 10 dentes foram submetidos ao tratamento endodôntico não cirúrgico, sendo seis desses pela técnica endodôntica guiada (quatro incisivos superiores e dois inferiores), e um dente foi submetido ao tratamento endodôntico cirúrgico. Concluíram que a abordagem clínica de dentes com PCO deve seguir um algoritmo de tomada de decisão incorporando sinais clínicos e radiográficos e sintomas relatados pelo paciente.

Moreno-Rabié et al. (2020) realizaram uma revisão sistemática com o objetivo de avaliar a literatura sobre as aplicações clínicas, precisão e limitações do tratamento endodôntico guiado, focando especificamente no preparo cavitário de acesso endodôntico guiado e cirurgia endodôntica guiada. Foi realizada uma busca da literatura no PubMed, Embase, Web of Science e Cochrane Library até abril de 2019, sem restrições de idioma ou ano. A qualidade dos artigos foi avaliada utilizando STROBE para estudos observacionais, CARE para relatos de casos e diretriz CONSORT modificada para estudos pré-clínicos in vitro e ex vivo. Após seleção de artigos, 22 artigos foram

elegíveis, sendo 15 relatos de casos, seis estudos experimentais (dois in vitro e quatro ex vivo) e um estudo observacional, entre o ano 2007 a 2019. Nove artigos realizaram cavidades de acesso em dentes unirradiculares anteriores, sete em dentes com calcificação pulpar e dois em dentes com anomalias como dens invaginatus, o restante foi em molares maxilares e mandibulares com canais calcificados. Também foram realizadas cirurgias periapicais em incisivos, caninos, pré-molares e molares. Quanto ao protocolo para design do guia 3D, o procedimento de planejamento dos estudos analisados consistia em realizar uma TCFC de alta resolução e uma impressão digital intraoral direta, com o uso de um scanner intraoral, ou indireta, digitalizando a moldeira ou gesso com um scanner óptico, para que em seguida fossem registrados em um software especializado de processamento. Por fim, o guia era desenhado em um software de design 3D e posteriormente impresso em 3D ou fresado para uso durante o tratamento. Todos os artigos revisados descreveram a cirurgia guiada e o preparo cavitário de acesso guiado como técnicas altamente precisas ao comparar a cavidade real com o planejamento virtual, além de não relatarem a ocorrência de perfurações radiculares. O tratamento guiado permitiu aos operadores, independentemente de sua experiência, encontrarem em 92% os canais, enquanto com a técnica convencional apenas 42%. Concluíram que a técnica de endodontia guiada pode ser um método promissor para tratamento endodôntico ou cirúrgico de casos complexos, oferecendo um tratamento minimamente invasivo de resultado altamente previsível, com menor risco de danos iatrogênicos e menor tempo de cadeira. Porém, estudos populacionais maiores em períodos de acompanhamento mais longos e estudos experimentais padronizados de alta qualidade ainda são necessários para compreender a técnica, seus pontos fortes e limitações.

4 DISCUSSÃO

As aplicações da endodontia guiada, bem como o seu aprimoramento, têm sido assunto de interesse contínuo em pesquisas. A automação TCFC e CAD/CAM em endodontia melhorou o diagnóstico de calcificações pulpare e proporcionou uma alternativa segura em uma área que é desafiadora para os endodontistas: o acesso arriscado e demorado aos canais pulpare obliterados (SANTIAGO et al., 2022).

Entre as possíveis razões para o desenvolvimento da calcificação do canal pulpar está o trauma dentário em 24% dos casos, na sua maioria por lesões de luxação em taxas de 15 a 40% (KRUG et al., 2020; TODD et al., 2021). Seu desenvolvimento também pode ser causado por uma resposta pulpar a lesões cariosas e por procedimentos de terapia pulpar vital. Além disso, pode ser fruto de um efeito adverso às forças ortodônticas, as quais interferem no suprimento sanguíneo pulpar (CONNERT et al., 2018). O processo de envelhecimento pulpar com deposição de dentina secundária e terciária e a redução do fluxo sanguíneo pulpar, faz com que os idosos tenham uma prevalência maior do processo de calcificação. Demais procedimentos dentários, distúrbios genéticos, procedimentos cirúrgicos e estímulos prolongados como atrito, abrasão e erosão podem estar atrelados ao desenvolvimento de calcificações distróficas e cálculos pulpare (SANTIAGO et al., 2022).

O processo de calcificação é considerado um sinal indireto de vitalidade da polpa, mesmo sendo associado a uma resposta negativa ao teste de sensibilidade. Na literatura há o consenso que o tratamento endodôntico não é indicado a menos que haja evidência clínica e radiológica de patologia pulpar ou periapical, o que é esperado de 1% a 27% em dentes com calcificação (CONNERT et al., 2018; KRASTL et al., 2021; TODD et al., 2021).

A tentativa de acesso ao conduto radicular obliterado ou com anatomia complexa por meio de procedimentos convencionais está atrelada a possibilidade de canais radiculares inacessíveis, alinhamento incorreto da cavidade de acesso com o risco de perfuração radicular, bem como fratura de instrumentos do canal radicular durante o preparo do canal (BUCHGREITZ, BUCHGREITZ e BJØRNDAL, 2019), o que leva a uma instrumentação e obturação inadequada e conseqüente insucesso do

tratamento (CASADEI et al., 2020). A taxa de sucesso pelo método convencional corresponde a 80% dos casos e quando associada a falha técnica reduz para 50% (VINAGRE et al., 2021).

O método de planejamento digital e acesso guiado elimina a imprevisibilidade causada por estratégias convencionais, tornando a localização do canal radicular confiável e reduzindo substancialmente a ocorrência de falhas iatrogênicas (MAIA et al., 2019; VANDER MEER et al., 2016). Além disso, a endodontia guiada é considerada um importante auxílio no tratamento de acidentes e complicações em endodontia (CASADEI et al., 2020).

Sabe-se que mesmo quando a localização de um canal radicular obliterado é bem-sucedida pela técnica convencional o desgaste excessivo de estrutura dentária pode estar presente, principalmente na região cervical, a qual é propensa a fraturas radiculares (CONNERT, WEIGER e KRSTL, 2022). É determinante que o uso de endodontia guiada para dentes calcificados pode reduzir significativamente o tamanho da cavidade de acesso (KOSTUNOV et al., 2021). Em um estudo in vitro, realizado por Connert et al. (2019), a técnica endodôntica guiada demonstrou remover cinco vezes menos estrutura dental de um dente calcificado do que a técnica convencional.

O tempo de cadeira para o tratamento do canal radicular calcificado é consideravelmente reduzido quando realizado a partir do acesso guiado (KRSTL et al., 2016). Connert et al. (2017) demonstraram em estudo laboratorial que com a ajuda de um guia impresso em 3D, o tempo gasto para localizar os canais radiculares obliterados pode variar de 9 a 208 s. Enquanto um especialista em endodontia com auxílio de um microscópio operacional pode levar de 15 min à 1 h (TORRES et al., 2019). Além disso, o acesso guiado elimina a necessidade de uso do microscópio cirúrgico e pode ser realizado por operadores menos experientes (FONSECA et al., 2022).

A precisão do acesso endodôntico guiado pode ser obtida através do desvio entre a cavidade de acesso planejada e a realizada. Zehnder et al. (2016) ao realizarem um estudo ex vivo avaliaram a precisão da endodontia guiada, obtendo como resultado pequenos desvios que variaram de 0,16 a 0,21 mm para diferentes

aspectos na base da broca, 0,17 a 0,47 mm na ponta da broca e desvio angular médio de 1,81. No entanto, Connert et al. (2017), também em um estudo ex vivo, mostraram que a precisão pode ser aumentada ainda mais ao otimizarem o ajuste entre a broca e a luva e ao abordarem um acesso miniaturizado, chegando a desvios médios de 0,12 a 0,34 mm no ponto alvo apical e desvio médio do ângulo de 1,59. Ambos os estudos demonstraram uma precisão abaixo de um limiar de risco, confirmando a alta acurácia do acesso endodôntico guiado. Vale ressaltar que a precisão obtida no acesso guiado parece superar a dos procedimentos guiados em implantodontia, visto que é encontrado na literatura resultados com desvios médios de 1,12 mm no ponto de entrada, 1,39 mm no ápice do implante e desvio angular médio de 3,89 (CONNERT et al., 2017).

A técnica de acesso cavitário guiado também foi descrita como uma alternativa segura para dens invaginatus (DI), visto que a anatomia complexa e variável destes dentes representa risco de perfurações, fraturas e insucesso do tratamento endodôntico quando realizada por procedimentos convencionais (ZUBIZARRETA-MACHO et al., 2019). Como uso da técnica de endodontia guiada, tornou-se possível um acesso cavitário preciso e conservador, de forma a melhorar o prognóstico terapêutico de dentes com alterações anatômicas (ALI e ARSLAN, 2019; ZUBIZARRETA-MACHO et al., 2019).

Após procedimentos endodônticos regenerativos a remoção do MTA pode ser necessária devido a trauma ou falha do tratamento, e esta remoção pode ser difícil e demorada, podendo resultar em remoção excessiva de dentina próxima ao MTA, iatrogenia e diminuição da resistência à fratura. Em um estudo in vitro Ali e Arslan (2021) avaliaram pela primeira vez a técnica de endodontia guiada estática na remoção do MTA, chegando à conclusão que essa técnica leva a uma remoção mais rápida e reduz danos iatrogênicos em comparação com o acesso endodôntico convencional, além de preservar parte da resistência à fratura do dente (ALI e ARSLAN, 2021).

Pinos de fibra de vidro são comumente utilizados para reconstruir a estrutura dentária perdida e fornecer retenção e resistência para uma restauração final. Porém, quando se tem um tratamento endodôntico ou pino de fibra de vidro insatisfatórios

associados a lesão periapical, a sua remoção torna-se necessária. Para isto uma broca redonda ou pontas ultrassônicas podem ser usadas, no entanto, é desafiador distinguir um pino da dentina radicular, mesmo com o uso de um microscópio cirúrgico odontológico. Dessa forma, a orientação de perfuração pode ser inadequada, resultando potencialmente em perfuração da raiz (CHO, JO e HA, 2021). À vista disso, a técnica de endodontia guiada foi proposta como uma opção útil para a remoção de pinos de fibra de vidro, obtendo resultados satisfatórios como, menor tempo de cadeira, menor risco de perfuração radicular e maior preservação da estrutura dentária remanescente (CHO, JO e HA, 2021; GONÇALVES et al., 2021; MAIA et al., 2022; PEREZ et al., 2021).

As brocas utilizadas em estudos pioneiros variam de 1 a 1,5 mm, podendo haver restrições ao aplicá-las no tratamento de dentes com raízes estreitas como é o caso de incisivos inferiores (CONNERT et al., 2018; LOUREIRO et al., 2021). À vista disso, para permitir um acesso de baixo risco à raiz calcificada de canais de incisivos inferiores, Connert et al. (2018) descreveram o conceito de endodontia microguiada ao utilizarem uma broca de pequeno diâmetro correspondente a 0,85 mm. A abordagem micro guiada obteve resultados positivos no relato de caso de Connert et al (2018) e também em estudo ex vivo de Connert et al. (2017), provando ser suficientemente precisa e minimamente invasiva para localização do canal radicular e eficiente na prevenção de falhas técnicas. Além disso, a redução do diâmetro da broca pode ter efeito positivo na redução de calor na superfície radicular (CHO, JO e HA, 2021). Perez et al. (2021) realizaram uma avaliação in vitro da endodontia microguiada quanto à precisão para remover um pino de fibra adesivo, com o planejamento de orientação da broca com diâmetro de 0,75 mm e sua manga guia correspondente. O estudo provou a endodontia microguiada como um método previsível e preciso para remoção de restaurações de pinos de fibra de forma eficiente.

A necessidade frequente de desgaste da borda incisal em dentes anteriores para permitir acesso em linha reta foi inicialmente vista como uma desvantagem da técnica endodôntica guiada, visto que o comprometimento incisal dos dentes causa maior destruição da estrutura dental e conseqüentemente procedimentos

restauradores mais invasivos (CONNERT et al., 2018; LARA-MENDES et al., 2018; VINAGRE et al., 2021; ZEHNDER et al., 2016). No entanto, Lara-Mendes et al. (2018) propôs uma técnica de tratamento endodôntico modificado, minimamente invasivo, em que o acesso endodôntico guiado em dentes anteriores pode ser alterado com sucesso para evitar danos incisais mudando a direção da broca durante o planejamento virtual. Fonseca Tavares et al. (2018) também demonstraram ser possível evitar o desgaste desnecessário da borda incisal levando em consideração o acesso palatino.

A endodontia guiada foi inicialmente proposta para o tratamento de dentes anteriores com calcificação pulpar, porém esta abordagem não se limita apenas aos dentes anteriores, podendo ser utilizada para o tratamento de pré-molares e molares. Porém, o espaço limitado para o molde e a broca na região posterior pode se apresentar como uma limitação (TORRES et al., 2021). O acesso endodôntico guiado em molares representa um maior risco de acidentes, como perfuração do assoalho da câmara pulpar ou das paredes dos canais radiculares, além do campo de visão ser limitado e necessitar de um planejamento mais complexo na fase CAD, devido a diversidade da anatomia. Em molares inferiores, a situação é ainda mais complicada, já que as raízes mesiais são comumente estreitas, curvas e possuem dois canais notavelmente próximos. Também, há uma maior interferência da mucosa bucal, músculos bucais e língua, tornando a fixação do molde na região posterior indispensável (SANTIAGO et al., 2022; TODD et al., 2021).

Visto as condições mais agravantes para a implementação do acesso guiado na região posterior, Buchgreitz, Buchgreitz e Bjørndal (2019) propôs uma modificação da endodontia guiada para o tratamento de molares usando a técnica de guia intracoronal. A técnica modificada fornece uma alternativa atual e relevante no futuro para a negociação de canais radiculares em dentes multirradiculares, reduzindo a necessidade de um espaço interoclusal relativamente grande. Santiago et al. (2022) também propôs um design inovador para tratar os canais radiculares obliterados mesio vestibular (MV) e mesio lingual (ML) de um molar mandibular com um modelo de desenho aberto. O desenho facilitou o posicionamento da broca na luva, a irrigação direta, a visualização da área de trabalho e a remoção da camada

de esfregaço durante o acesso guiado. O desenho também minimizou a interferência da língua e dos lábios. O caso demonstrou que a técnica de endodontia guiada também pode ser utilizada em canais radiculares mesiais complexos obliterados de molares mandibulares, com precisão e segurança. Outra alternativa proposta para a negociação da calcificação pulpar em dentes posteriores foi relatada por Torres et al. (2021) usando um guia impresso em 3D sem mangas possibilitando um ganho de espaço vertical. Além de permitir uma visão aberta do dente, melhorou a irrigação durante a perfuração, e possibilitou o uso de qualquer broca durante o tratamento.

A abordagem de acesso endodôntico guiado é realizada em linha reta e paralela ao longo eixo do dente, dessa forma, canais severamente curvos, comumente encontrados em molares, podem representar uma limitação da técnica (KRUG et al., 2020). Geralmente, as curvaturas ocorrem no terço apical do dente, enquanto as calcificações se iniciam no terço coronal e se estendem apicalmente. Dessa forma é possível realizar o acesso ao canal em sua porção reta (MORENO-RABIÉ et al., 2020). No entanto, quando a curvatura torna o acesso guiado arriscado, a abordagem alternativa pode ser a apicectomia, a qual pode ser conduzida pela técnica de microcirurgia guiada (KRUG et al., 2020).

A microcirurgia endodôntica é o tratamento de escolha quando a endodontia guiada não pode ser usada com segurança ou falha. Uma vez que a região posterior mandibular apresenta uma maior dificuldade de acesso e de visibilidade durante uma microcirurgia endodôntica, Lai et al. (2019) demonstraram em um caso clínico uma técnica de microcirurgia endodôntica guiada por stent cirúrgico CAD/CAM para ressecção da raiz em um molar mandibular com hipercementose. Ao final do estudo, concluíram que a partir do direcionamento do local de perfuração da osteotomia, os stents impressos em 3D podem promover maior eficiência e precisão na localização da raiz evitando estruturas neurovasculares e dentes adjacentes, bem como, promover uma ressecção precisa do chanfro e do comprimento da extremidade da raiz, diminuindo o tempo de cadeira e o risco de complicações pós-operatórias. Em contrapartida, compreendendo que a broca pode produzir calor prejudicial às estruturas dentárias e que o resfriamento é indispensável, o uso de stent

cirúrgico pode dificultar a passagem das soluções irrigadoras (MORENO-RABIÉ et al., 2020).

Mais recentemente, Fu et al. (2022) e Lu et al. (2022) relataram casos clínicos de microcirurgia endodôntica em área de molares com auxílio de navegação dinâmica. Ambos os estudos demonstraram que a navegação dinâmica é um sistema viável, previsível e que economiza tempo para auxiliar a microcirurgia endodôntica em áreas de molares, além de minimizar a extensão da osteotomia e localizar os ápices radiculares mais facilmente. Porém, enfatizaram que a abordagem necessita de uma curva de aprendizado e o trabalho preliminar pode ser aumentado e demorado em relação ao desenho pré-operatório e calibração.

Atualmente, a endodontia guiada é realizada com o auxílio de uma TCFC já que demonstra uma maior precisão na localização do sistema de canais radiculares do que a radiografia convencional (LEONTIEV et al., 2021; ZUBIZARRETA-MACHO et al., 2019). No entanto, a TCFC está associada a um aumento da dose de radiação ionizante, a qual, quando acumulada, pode resultar em mutações celulares prejudiciais, principalmente em pacientes jovens (LEONTIEV et al., 2021). Embora novos dispositivos de TCFC apresentem uma dose de radiação bastante baixa, ainda é maior em comparação com a radiografia convencional. Porém, sem imagens 3D fornecidas por uma TCFC, a localização do canal radicular é desafiante em casos complexos e requer múltiplas radiografias convencionais, podendo levar a uma dose geral de radiação mais alta (KRASTL et al., 2016). No caso de anatomia complexa devido à calcificação pulpar severa, o uso de TCFC pode ser indicado independentemente de uma abordagem guiada ou convencional ser usada (CONNERT et al., 2018), visto que o uso de uma TCFC pré-operatória pode ser justificada por apresentar menor risco de erros iatrogênicos (MORENO-RABIÉ et al., 2020).

A fim de evitar a radiação ionizante associada à imagem TCFC, Leontiev et al. (2021) realizaram um estudo *in vitro* que demonstrou a ressonância magnética como uma alternativa viável à imagem TCFC para a detecção de canais radiculares usando endodontia guiada. Ainda, para eles, as principais desvantagens da RM são os altos custos de aquisição, tempos de varredura mais longos em comparação com

imagens TCFC, e o fato de alguns pacientes com claustrofobia estarem sujeitos a problemas durante o exame. No entanto, mais avanços e redução de custos poderiam oferecer uma oportunidade de aplicação ampla da técnica em endodontia.

O acesso endodôntico guiado apresenta também desvantagens como, necessidade de visitas e custo adicional em comparação com o acesso endodôntico convencional, devido a necessidade de exames complementares e uso de tecnologias avançadas. No entanto, é consenso entre os autores que o alto custo da técnica é justificado pelos benefícios, uma vez que aumenta a probabilidade de salvar o dente (CONNERT et al., 2018; DIANAT et al., 2021; FONSECA et al., 2022; GONÇALVES et al., 2021; KRSTL et al., 2016; TODD et al., 2021). Os custos de um implante seriam maiores se o tratamento convencional com falha técnica levasse à extração do dente posteriormente (CONNERT et al., 2018).

Koch et al. (2022) propôs como possível solução ao alto custo da técnica e número de visitas o uso de impressoras 3D desktop, já que estas impressoras ao serem comparadas com as impressoras comerciais para a fabricação de guias cirúrgicos de implantes demonstraram ser tão precisas quanto. Também foi notada a necessidade de pesquisas clínicas que testem impressoras 3D econômicas para acesso endodôntico guiado. Dessa forma, há possibilidade de maior redução de custos no futuro (VAN DER MEER et al., 2016).

Outra desvantagem mencionada por van der Meer et al. (2016) foi a possibilidade do guia restringir a visualização do tratamento, apesar de sua natureza transparente. Dessa forma, a remoção intermitente da guia ou radiografias transoperatórias podem ser necessárias para garantir que o caminho adequado ainda esteja sendo seguido (TORRES et al., 2019).

Foi encontrada uma menor duração dos procedimentos pelas técnicas de acesso guiado, no entanto, seu planejamento pode ser mais demorado (LOUREIRO et al., 2021). Connert et al. (2017) relataram que o tempo médio de planejamento, incluindo impressão intraoral, planejamento virtual e design de modelo, leva em média 9,4 min.

As brocas até então utilizadas para o acesso endodôntico guiado tem origem na implantodontia e apesar de apresentar grandes vantagens em comparação ao

acesso convencional, é imprescindível ressaltar a necessidade de se discutir sobre a parte ativa e o desenho da broca, bem como o tipo de tecido que será perfurado, visto que pode ser necessária uma broca específica para cada caso (LARA-MENDES et al., 2018; SANTIAGO et al., 2022). Uma desvantagem potencial do uso da broca para a localização do canal radicular é o início das trincas dentinárias, as quais são associadas à fratura radicular vertical e possível perda do dente. Portanto, é imprescindível abordar, em novas pesquisas, o desenvolvimento de brocas mais específicas para fins endodônticos, bem como, investigar como reduzir o risco de formação de microfissuras (KRASTL et al., 2016; LARA-MENDES et al., 2018).

A endodontia guiada para localização do sistema de canais radiculares tem sido concentrada na utilização de guias estáticos. No entanto, a utilização da guia dinâmica para acesso aos canais radiculares vem sendo avaliada atualmente. Em um estudo *in vitro*, Connert et al. (2021) realizaram cavidades de acesso endodôntico com o uso do sistema de navegação dinâmica miniaturizado em tempo real e Dianat et al. (2021) realizaram o relato de um caso que apresenta o uso do X-Guide sistema de navegação dinâmica (DNS) para localização de canal em raiz de molar superior calcificada. Em ambos os estudos, houve resultados satisfatórios.

A técnica de navegação dinâmica auxiliada por computador foi desenvolvida para maior conforto e flexibilidade do paciente e do operador, permite uma visão direta da cavidade de acesso endodôntico em tempo real aumentando assim a previsibilidade e a segurança e permite que o operador altere o caminho de perfuração a qualquer momento durante o acesso se o projeto original encontrar dificuldades (FU et al., 2022; LU et al., 2022). Elimina a etapa de fabricação de gabarito e, portanto, torna o tratamento de urgência mais rápido (CONNERT, WEIGER e KRASTL, 2022). Possui vantagem em espaços limitados como a região posterior da arcada dentária devido à sua flexibilidade (LU et al., 2022). Apresenta irrigação melhorada, diminuindo a possibilidade de danos causados pelo superaquecimento. Sua precisão é alcançada independentemente do gabarito impresso, podendo eliminar o custo de orientação e a falha causada por encaixe impreciso ou stents CAD/CAM fraturados (FU et al., 2022). No entanto, ainda apresenta algumas limitações como, o uso de câmeras relativamente grandes e

marcadores 3D, não ser um procedimento independente do praticante e requerer certa prática. Com o surgimento de tecnologias avançadas, várias limitações do uso desta tecnologia podem ser abordadas em um futuro próximo (CONNERT et al., 2021; CONNERT, WEIGER e KRASSTL, 2022).

Este trabalho de revisão da literatura possibilitou entender como o tratamento endodôntico de canais radiculares obliterados ou com anatomia complexa é desafiador para endodontistas mesmo com o uso de microscopia eletrônica. E a partir disso, demonstrou como a incorporação de novas tecnologias em endodontia como, a TCFC e CAD-CAM, possibilitou a melhoria do diagnóstico de patologias pulpares e a implementação de um novo método para localização de canais radiculares de difícil acesso (BUCHGREITZ, BUCHGREITZ e BJØRNDAL, 2019; CONNERT et al., 2018).

Ademais, para que a técnica possa continuar a progredir, é imprescindível abordar em novas pesquisas o desenvolvimento de brocas mais específicas para fins endodônticos e desenvolver meios do seu alto custo reduzir no futuro, com o intuito de torná-la mais acessível à população e presente nos consultórios odontológicos (LARA-MENDES et al., 2018). Além disso, verifica-se na literatura um excesso de relatos de casos clínicos em contrapartida com um número reduzido de estudos experimentais padronizados e estudos populacionais em períodos de acompanhamento longo que confirmam a confiabilidade da técnica (MORENO-RABIÉ et al., 2020).

5 CONCLUSÃO

Com base na literatura consultada, acerca da endodontia guiada, podemos concluir que:

- Investigações in vivo, ex vivo e in vitro relatadas demonstraram o acesso endodôntico guiado como um método seguro, previsível e preciso no tratamento do canal radicular obliterado, mesmo quando realizado por profissionais menos experientes e sem o auxílio de microscópio cirúrgico;
- Há maior preservação da estrutura dentária, menor tempo de cadeira, prevenção de acidentes como desvios e perfurações e, conseqüentemente, a maior longevidade do dente tratado pela técnica endodôntica guiada;
- A aplicação clínica da endodontia guiada não se limita a localização de canais radiculares calcificados, podendo esta ser útil no tratamento de dens invaginatus, na remoção de pinos de fibra de vidro e MTA, no tratamento de acidentes em endodontia, bem como em microcirurgias endodônticas;
- Fatores limitantes da técnica como, exigência de espaço interoclusal, acesso em linha reta e espessura da raiz já foram abordados em estudos anteriores, proporcionando uma solução viável;
- Desvantagens como o custo adicional, o tempo de planejamento, o número de visitas, a exposição à radiação pela TCFC e o uso de brocas destinadas à implantodontia, são superadas pelos benefícios da técnica, visto que a possibilidade de sucesso do tratamento é maior que pelos meios convencionais;
- No presente trabalho foram encontrados na literatura 28 relatos de casos clínicos, oito estudos in vitro e cinco estudos ex vivo, o que reflete a necessidade de novos estudos experimentais padronizados de alta qualidade e estudos populacionais associados a um prazo de acompanhamento maior, para investigar os impactos dos acessos guiados nas etapas de negociação, modelagem e obturação dos dentes, a fim de avaliar a viabilidade da técnica, seus pontos fortes e limitações; e

- Para que a técnica possa continuar a progredir, é imprescindível o investimento em novas pesquisas, no desenvolvimento de brocas mais específicas para fins endodônticos e na redução de seu alto custo, com o intuito de torná-la mais acessível à população e mais presente nos consultórios odontológicos.

REFERÊNCIAS

- ALI, A; ARSLAN, H. Guided endodontics: a case report of maxillary lateral incisors with multiple dens invaginatus. **Restor Dent Endod**, v. 44, n. 4, p. 38, Oct. 2019.
- ALI, A.; ARSLAN, H. Effectiveness of the static-guided endodontic technique for accessing the root canal through MTA and its effect on fracture strength. **Clin Oral Investig**, v. 25, n. 4, p. 1989–1995, Apr. 2021 .
- ANDERSON, J.; WEALLEANS, J.; RAY, J. Endodontic applications of 3D printing. **Int Endod J**, v. 51, n. 9, p. 1005–1018, Sept. 2018.
- BUCHGREITZ, J. et al. Guided access cavity preparation using cone-beam computed tomography and optical surface scans - an ex vivo study. **Int Endod J**, v. 49, n.8, p. 790-5, Aug. 2016.
- BUCHGREITZ, J.; BUCHGREITZ, M.; BJØRNDAL, L. 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. **Int Endod J**, v. 52, n. 5, p. 559–568, May. 2019.
- BUCHGREITZ, J.; BUCHGREITZ, M.; BJØRNDAL, L. Guided Endodontics Modified for Treating Molars by Using an Intracoronal Guide Technique. **J Endod**, v. 45, n. 6, p. 818–823, June. 2019.
- CARVALHO, TS; LUSSI, A. Age-related morphological, histological and functional changes in teeth. **J Oral Rehabil**, v. 44, n. 4, p. 291-298, Apr. 2017.
- CASADEI, B. et al. Access to original canal trajectory after deviation and perforation with guided endodontic assistance. **Aust Endod J**, v. 46, n. 1, p. 101–106, Apr. 2020.
- CHO, C.; JO, H. J.; HA, J.-H. Fiber-reinforced composite post removal using guided endodontics: a case report. **Restor Dent Endod**, v. 46, n. 4, p. 1–8, Nov. 2021 .
- CONNERT, T. et al. Microguided endodontics: Accuracy of a miniaturized technique for apically extended access cavity preparation in anterior teeth. **J Endod**, v. 43, n. 5, p. 787-790, May. 2017.
- CONNERT, T. et al. Microguided Endodontics: a method to achieve minimally invasive access cavity preparation and root canal location in mandibular incisors using a novel computer-guided technique. **Int Endod J**, v. 51, n. 2, p. 247-255, Feb. 2018.
- CONNERT, T. et al. Guided endodontics versus conventional access cavity preparation: a comparative study on substance loss using 3-dimensional-printed teeth. **J Endod**, v. 45, n. 3, p. 327-331, mar. 2019.
- CONNERT, T. et al. Real-time guided endodontics with a miniaturized dynamic navigation system versus conventional freehand endodontic access cavity preparation: Substance loss and procedure time. **J Endod**, v. 47, n. 10, p. 1651–1656, Oct. 2021 .
- CONNERT, T.; WEIGER, R.; KRÄSTL, G. Present status and future directions – Guided endodontics. **Int Endod J**, v. 55, n. 4, p. 995-1002, Jan. 2022.

- DIANAT, O. et al. Guided endodontic access in a maxillary molar using a dynamic navigation system. **J Endod**, v. 47, n. 4, p. 658-662, Apr. 2021.
- FONSECA TAVARES, W. L. et al. Guided endodontic access of calcified anterior teeth. **J Endod**, v. 44, n. 7, p. 1195-1199, July 2018.
- FONSECA TAVARES, W. L. et al. Limitations and management of static-guided endodontics failure. **J Endod**, v. 48, n. 2, p. 273–279, Feb. 2022.
- FU, W. et al. Endodontic microsurgery of posterior teeth with the assistance of dynamic navigation technology: A report of three cases. **J Endod**, v. 48, n. 7, p. 943-950, July 2022.
- GONÇALVES W. F. et al. Guided endodontics in root canals with complex access: two cases reports. **Braz. Dent. J.**, v. 36, n. 6, p. 115-123, Nov-Dec. 2021.
- KOCH, G. K. et al. Guided Access Cavity Preparation Using Cost-Effective 3D Printers. **J Endod**, v. 48, n. 7, p. 909-913, July 2022.
- KOSTUNOV, J. et al. Minimization of tooth substance removal in normally calcified teeth using guided endodontics: An in vitro pilot study. **J Endod**, v. 47, n. 2, p. 286–290, Feb. 2021.
- KRASTL, G. et al. Guided Endodontics: a novel treatment approach for teeth with pulp canal calcification and apical pathology. **Dent Traumatol**, v. 32, n. 3, p. 240-246, June 2016.
- KRUG, R. et al. Guided endodontic treatment of multiple teeth with dentin dysplasia: a case report. **Head Face Med**, v. 16, n. 1, p. 27, Nov. 2020.
- LAI, P. T. et al. Computer-aided design-guided endodontic microsurgery for a mandibular molar with hypercementosis. **J Formos Med Assoc**, v. 118, n. 10, p. 1471–1472, Oct. 2019.
- LARA-MENDES, S. T. O. et al. Guided endodontic access in maxillary molars using cone-beam computed tomography and computer-aided design/computer-aided manufacturing system: A case report. **J Endod**, v. 44, n. 5, p. 875-879, May 2018.
- LARA-MENDES, S. T. O. et al. A new approach for minimally invasive access to severely calcified anterior teeth using the guided endodontics technique. **J Endod**, v. 44, n. 10, p. 1578–1582, Oct. 2018.
- LEONTIEV, W. et al. Suitability of magnetic resonance imaging for guided endodontics: Proof of principle. **J Endod**, v. 47, n. 6, p. 954–960, June 2021.
- LLAQUET PUJOL M. et al. Guided endodontics for managing severely calcified canals. **J Endod**, v. 47, n. 2, p. 315-321, Feb. 2021.
- LOUREIRO, M. A. Z. et al. Guided endodontics: The impact of new technologies on complex case solution. **Aust Endod J**, v. 47, n. 3, p. 664–671, Feb. 2021.
- LU, Y. J. et al. Dynamic navigation optimizes endodontic microsurgery in an anatomically challenging area. **J Dent Sci**, v. 17, n. 1, p. 580-582, Jan. 2022.

- MAIA, L. M. et al. Case reports in maxillary posterior teeth by guided endodontic access. **J Endod**, v. 45, n. 2, p. 214–218, Feb. 2019.
- MAIA, L. M. et al. Endodontic guide for the conservative removal of a fiber-reinforced composite resin post. **J Prosthet Dent**, v. 128, n. 1, p. 4-7, July 2022.
- MORENO-RABIÉ, C. et al. Clinical applications, accuracy and limitations of guided endodontics: a systematic review. **Int Endod J**, v. 53, n. 2, p. 214–231, Feb. 2020.
- NAYAK A. et al. Computer-aided design-based guided endodontic: A novel approach for root canal access cavity preparation. **Proc Inst Mech Eng H**, v. 232, n. 8, p. 787-795, Aug 2018.
- PEREZ C. et al. Microguided endodontics: Accuracy evaluation for access through intraroot fibre-post. **Aust Endod J**, v. 47, n. 3, p. 592-598, Dec. 2021 .
- SANTIAGO, M. C. et al. Guided endodontic treatment in a region of limited mouth opening: a case report of mandibular molar mesial root canals with dystrophic calcification. **BMC Oral Health**, v. 22, n. 1, p. 1–11, Feb. 2022.
- TODD, R. et al. Template-guided endodontic access. **J Am Dent Assoc**, v. 152, n. 1, p. 65–70, Jan. 2021 .
- TORRES, A. et al. Microguided Endodontics: a case report of a maxillary lateral incisor with pulp canal obliteration and apical periodontitis. **Int Endod J**, v. 52, n. 4, p. 540–549, Apr. 2019.
- TORRES, A. et al. Guided endodontics: Use of a Seeveless Guide System on an upper premolar with pulp canal obliteration and apical periodontitis. **J Endod**, v. 47, n. 1, p. 133-139, Jan. 2021 .
- VAN DER MEER WJ. et al. 3D Computer aided treatment planning in endodontics. **J Dent**, v. 45, p. 67-72, Feb. 2016.
- VINAGRE, A. et al. Management of pulp canal obliteration—systematic review of case reports. **Medicina (kaunas)**, v. 57, n. 11, p. 1237, Nov. 2021 .
- YAN YQ. et al. Three-dimensional inlay-guided endodontics applied in variant root canals: A case report and review of literature. **World J Clin Cases**, v. 26;9, n. 36, p. 11425-11436, Dec 2021 .
- Zehnder MS. et al. Guided endodontics: accuracy of a novel method for guided access cavity preparation and root canal location. **Int Endod J**, v.49, n. 10, p. 966-972, Oct. 2016.
- ZUBIZARRETA-MACHO, Á. et al. Endodontic re-treatment and restorative treatment of a dens invaginatus type II through new technologies. **J Clin Exp Dent**, v. 11, n. 6, p. 570–576, June 2019.
- ZUBIZARRETA-MACHO, Á. et al. Effect of computer-aided navigation techniques on the accuracy of endodontic access cavities: A systematic review and meta-analysis. **Biology**, v. 10, n. 3, p. 1–11, Mar. 2021 .