

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
Faculdade de Ciências de Saúde
Programa de Pós-Graduação em Odontologia



Tese de Doutorado

O ESTADO DA ARTE DA ENDODONTIA GUIADA E RELATO DE CASO

Caroline Piske de Azevêdo Barbosa

Brasília, 25 de abril de 2024

Ficha catalográfica elaborada automaticamente,
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

BB238e

Barbosa, Caroline Piske de Azevêdo
O ESTADO DA ARTE DA ENDODONTIA GUIADA E RELATO DE CASO /
Caroline Piske de Azevêdo Barbosa; orientador Loise Pedrosa
Salles. -- Brasília, 2024.
317 p.

Tese(Doutorado em Odontologia) -- Universidade de
Brasília, 2024.

1. Endodontia Guiada. 2. Revisão de Escopo. 3. Casos
Complexos em Endodontia . 4. Tecnologia 3D. I. Pedrosa
Salles, Loise , orient. II. Título.

Caroline Piske de Azevêdo Barbosa

O ESTADO DA ARTE DA ENDODONTIA GUIADA E RELATO DE CASO

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Odontologia da Faculdade de Ciências da Saúde da Universidade de Brasília, como requisito parcial à obtenção do título de Doutor em Odontologia.

Orientadora: Profa. Dra. Loise Pedrosa Salles

Brasília, 2024

Caroline Piske de Azevêdo Barbosa

O ESTADO DA ARTE DA ENDODONTIA GUIADA E RELATO DE CASO

Tese aprovada, como requisito parcial para obtenção do grau de Doutor em Odontologia, Programa de Pós-Graduação em Odontologia da Faculdade de Ciências da Saúde da Universidade de Brasília.

Data da defesa: 25 de abril de 2024

Banca examinadora:

Prof. Dra. Loise Pedrosa Salles

Prof. Dr. Emílio Barbosa e Silva

Prof. Dra. Ana Livia Gomes Cornelio

Profa. Dr. Taia Maria Berto Rezende

Prof. Laudimar Alves de Oliveira

"Dedico esta tese à memória de minha querida mãe, Risolete, cujo amor e apoio incansável foram bálsamo em cada etapa da minha jornada científica. Seus sábios conselhos e questionamentos perspicazes não só iluminaram meu caminho rumo ao saber, como também aqueceram meu coração. Em reconhecimento profundo e eterno à sua dedicação e influência em minha vida e trajetória acadêmica, este trabalho é dedicado a você, minha amada mãe."

AGRADECIMENTOS

Gostaria de expressar meu profundo agradecimento a todos que contribuíram para a realização deste doutorado. Pessoas que caminharam comigo ao longo desses longos anos, algumas já se foram, outras talvez nem percebam o quão significativas foram para mim. Peço perdão se porventura deixei alguém de fora. Minha gratidão a cada um de vocês é imensa.

Agradeço primeiramente aos meus pais, Francisco Barbosa Neto e Maria Risolet Ribeiro Barbosa, cujo amor e sabedoria continuam a guiar-me mesmo na ausência física. Seus ensinamentos moldaram meu caráter e suas vozes ressoam em cada conquista.

Aos meus queridos filhos, Iman, Hajer, Fatima, Mohamed, Belquis e Omar, que são minha fonte inesgotável de amor e motivação. Cada sorriso de vocês alimenta meu espírito e cada abraço fortalece minha determinação. Meu orgulho é enorme de ser mãe de vocês!

Aos meus irmãos, Edneide, Oriana, Ada-Karin e Bismarck, cuja presença constante e apoio inabalável são a âncora que me mantém firme diante das tempestades da vida. E aos meus sobrinhos, que trazem luz e alegria aos meus dias.

À minha orientadora, Profa. Loise Pedrosa Salles, que não apenas me guiou academicamente, mas também me ensinou valiosas lições de vida. Sua paciência, incentivo e compreensão foram como um farol em minha jornada. Lembrarei de cada momento compartilhado, cada nova prática e orientação nos laboratórios e clínicas que me trouxeram até onde estou. Meu eterno agradecimento.

Aos meus respeitados professores da Universidade de Brasília (UnB), com um carinho especial para o Prof. Laudimar Alves de Oliveira, que sempre será meu professor. Com muita gratidão, agradeço aos professores Ana Cristina Bezerra Barreto, An Tien Li, Carla Massignan, Cristine Miron Stefani, Edson Dias Costa Junior, Eliete Neves da Silva Guerra, Érica Negrini Lia, Flaviana Soares Rocha, Jacy Ribeiro de Carvalho Junior, Leandro Augusto Hilgert, Lucas Fernando Tabata, Nailê Damé Teixeira, Roberto Machado Cruz, Rodrigo Antonio de Medeiros, Sergio Bruzadelli Macedo, Taia Maria

Berto Rezende e Tiago Araújo Coelho de Souza. Suas orientações e dedicação foram fundamentais para o meu crescimento acadêmico e profissional.

Ao Coordenador Emílio Barbosa e Silva, do UDF Centro Universitário, meu chefe querido, pelo apoio constante e pela confiança depositada em mim ao longo desses anos de trabalho e estudo. Sua orientação e incentivo foram fundamentais para o meu crescimento profissional e pessoal, e por isso, meu mais sincero agradecimento.

Às Professoras Ana Livia Gomes Cornelio e Taia Maria Berto Rezende, cuja presença nesta banca de defesa representa o reconhecimento máximo do meu esforço e dedicação.

Aos meus amigos e colegas de doutorado, no nome de Marcos Coelho Santiago, cuja amizade e parceria foram um verdadeiro presente em minha jornada acadêmica.

Aos funcionários da UnB, em especial a Rafael Lara Brasil, pelos ensinamentos e acolhimento durante minha trajetória acadêmica.

Aos meus amigos da UDF, especialmente Thais Benevenuto e Bruna Paiva, pelo apoio incondicional e suporte ao longo desta jornada.

À minha querida eterna aluna Dra. Manoela Oliveira, cujo apoio inestimável foi uma luz constante em meu caminho durante o doutorado. Sua dedicação e suporte foram fundamentais para o sucesso deste trabalho, e por isso, meu mais profundo agradecimento.

Aos meus alunos do UDF, cujo entusiasmo e curiosidade renovam minha paixão pelo ensino e pela pesquisa. Vocês são a razão pela qual eu me dediquei a esta jornada e a inspiração para continuar avançando.

"A gratidão é a memória do coração."

Jean Baptiste Massieu.

Caroline Piske de Azevêdo Barbosa.

*"O sucesso é a soma de pequenos
esforços repetidos dia após dia."*

Robert Collier

RESUMO

Desafios complexos na área da Endodontia, como a intrincada anatomia dos canais radiculares e as obstruções internas, têm sido responsáveis por falhas persistentes nos tratamentos, devido à dificuldade de acesso aos conteúdos necróticos e à contaminação microbiana. Os métodos endodônticos convencionais exigem tempo e habilidade, podendo causar desconforto, desgaste dental e redução na precisão, o que pode afetar a resistência dentária e comprometer o prognóstico dos tratamentos a longo prazo. Em contextos complexos, tecnologias avançadas, como as técnicas guiadas por computador, têm demonstrado resultados excelentes. O objetivo geral desta tese de doutorado é explorar o estado da arte da Endodontia Guiada, mapeando suas dificuldades, técnicas emergentes e suas aplicações em situações clínicas desafiadoras ao longo de quatro capítulos. Esta investigação pretende orientar futuras pesquisas na área e aprimorar a prática clínica, melhorando a precisão, a eficiência e o sucesso dos tratamentos endodônticos. O primeiro capítulo consiste na introdução da tese, cujo propósito é apresentar uma revisão de literatura sobre os desafios inerentes ao tratamento endodôntico e sua relação com os índices de sucesso e insucessos na Endodontia, intitulada **“Os Desafios da Endodontia Contemporânea”**. O segundo capítulo visa abordar as principais técnicas de navegação guiada, incluindo navegação estática e dinâmica, bem como o papel da Inteligência Artificial, Realidade Aumentada e Robótica no tratamento endodôntico. Este capítulo, intitulado **“Endodontia Guiada: O Estado da Arte em uma Revisão de Escopo”**, discute suas aplicações clínicas e cirúrgicas, benefícios potenciais para profissionais e pacientes, além de suas limitações. O terceiro capítulo apresenta um estudo de caso inédito, **“Remoção de Pino e Cirurgia Guiada 3D em um Molar Inferior com Lesão Considerável Próxima ao Canal Mandibular e ao Forame Mental: Um Relato de Caso”**, explorando o uso da tecnologia guiada estática em um tratamento complexo. O quarto capítulo descreve um estudo de caso inovador previamente publicado, **“Tratamento Endodôntico Guiado em Região de Acesso Bucal Restrito”**, que descreve o tratamento de um molar mandibular com calcificação distrófica nos dois canais mesiais, utilizando estratégias CAD-CAM e a criação de guias endodônticas. Ao unir esses capítulos, esta tese oferece uma análise abrangente do estado da arte da Endodontia Guiada e seu potencial para promover avanços na prática clínica, contribuindo para aprimorar o entendimento desta área em seus estágios iniciais de desenvolvimento.

Palavras-Chaves: Endodontia; Tratamento do Canal Radicular; Retratamento; Microcirurgia; Cirurgia Assistida por Computador; Desenho Assistido por Computador; Robótica; Impressão Tridimensional; Calcificações da polpa dentária.

ABSTRACT

The challenges in the field of endodontics, such as the complex anatomy of root canals and internal obstructions, have led to persistent treatment failures due to difficulties in accessing necrotic contents and managing microbial contamination. Conventional endodontic methods require both time and skill, potentially resulting in discomfort, dental wear, and diminished precision, ultimately impacting dental resistance, and compromising long-term treatment prognoses. In complex clinical scenarios, advanced technologies, such as computer-guided techniques, have shown remarkable outcomes. The general objective of this doctoral thesis is to explore the state of the art in Guided Endodontics, mapping its challenges, emerging techniques, and their applications in challenging clinical situations over four chapters. This research aims to guide future studies in the field and enhance clinical practice, improving the precision, efficiency, and success of endodontic treatments. The first chapter consists of the introduction to the thesis, which aims to present a literature review on the inherent challenges of endodontic treatment and its relationship with success and failure rates in endodontics, titled "**The Challenges of Contemporary Endodontics.**" The second chapter aims to address the main guided navigation techniques, including static and dynamic navigation, as well as the role of artificial intelligence, augmented reality, and robotics in endodontic treatment. This chapter, titled "**Guided Endodontics: The State of the Art in a Scoping Review,**" discusses its clinical and surgical applications, potential benefits for professionals and patients, and its limitations. The third chapter presents an unprecedented case study, "**Removal of a Post and 3D-Guided Surgery in a Lower Molar with a Lesion Near the Mandibular Canal and Mental Foramen: A Case Report,**" exploring the use of static guided technology in a complex treatment. The fourth chapter describes a previously published innovative case study, "**Guided Endodontic Treatment in a Region with Restricted Oral Access,**" which describes the treatment of a mandibular molar with dystrophic calcification in both mesial canals using CAD-CAM strategies and the creation of endodontic guides. Combining these chapters, this thesis offers a comprehensive analysis of the state of the art in guided endodontics and its potential to advance clinical practice, contributing to a better understanding of this field in its early stages of development.

Keywords: Endodontics; Root Canal Therapy; Retreatment; Microsurgery; Surgery, Computer-Assisted; Computer-Aided Design; Printing, Three-Dimensional; Robotic; Dental Pulp Calcification.

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	14
INTRODUÇÃO, REVISÃO DA LITERATURA E OBJETIVOS DA TESE DE DOUTORADO: “OS DESAFIOS DA ENDODONTIA CONTEMPORÂNEA”.....	14
1.1 INTRODUÇÃO.....	15
1.2 REVISÃO DE LITERATURA.....	17
1.3 OBJETIVO GERAL	24
1.3.1 Objetivos específicos	25
REFERÊNCIAS.....	26
.....	34
CAPÍTULO 2	34
ENDODONTIA GUIADA: O ESTADO DA ARTE EM UMA REVISÃO DE ESCOPO.....	34
2.1 INTRODUÇÃO.....	35
2.2 METODOLOGIA	38
2.2.1 Identificação da Questão Norteadora.....	40
2.2.2 Identificação dos Critérios de Elegibilidade.....	40
2.2.3 Identificação das Fontes de Estudos Relevantes.....	42
2.2.4 Criação de Estratégias de Busca na Literatura	42
2.2.5 Seleção dos estudos	46
2.2.6 Mapeamento dos Dados	48

2.3 SUMÁRIO DA EVIDÊNCIA.....	127
2.3.1 Técnicas Guiadas em Endodontia - Aquisição de Imagens para o Planejamento Digital	132
2.3.2 Planejamento digital, Endodontia Guiada Estática.....	136
2.3.3 Planejamento Digital e Instrumentos de Corte	138
2.3.4 As Técnicas de Navegação Guiadas – Navegação Estática.....	140
2.3.5 O desenho e a funcionalidade das Guias.....	141
2.3.6 Planejamento Digital, Ameias, Anilhas e Pinos de Fixação Intraósseo	142
2.3.7 A impressão das Guias	147
2.3.8 Procedimentos Guiados	149
2.3.9 Técnicas Guiadas de Navegação Dinâmica.....	150
2.3.10 Sucessos e Insucessos, Vantagens e Desvantagens das Técnicas Guiadas em Endodontia.....	151
2.3.11 Tecnologias Emergentes em Endodontia.....	158
2.3.12 Limitações da Revisão de Escopo e Recomendações para novos Estudos	164
2.4 CONCLUSÕES.....	167
REFERÊNCIAS.....	168
CAPÍTULO 3	213
REMOÇÃO DE PINO E CIRURGIA GUIADA EM UM MOLAR INFERIOR COM LESÃO PRÓXIMA AO CANAL MANDIBULAR E AO FORAME MENTUAL:UM RELATO DE CASO.....	213
3.1 INTRODUÇÃO.....	216

3.2 APRESENTAÇÃO DO CASO	219
3.3 DISCUSSÃO E CONCLUSÕES	227
REFERÊNCIAS.....	231
CAPÍTULO 4	237
TRATAMENTO ENDODÔNTICO GUIADO EM REGIÃO DE ABERTURA BUCAL RESTRITA: RELATO DE CASO DOS CANAIS RADICULARES MESIAIS DE UM MOLAR MANDIBULAR COM CALCIFICAÇÃO DISTRÓFICA.....	237
4.1 INTRODUÇÃO.....	240
4.2 APRESENTAÇÃO DO CASO	243
4.3 DISCUSSÃO E CONCLUSÃO.....	253
REFERÊNCIAS.....	258
CAPÍTULO 5	263
DISCUSSÃO GERAL E CONCLUSÕES DA TESE	263
5.1 DISCUSSÃO GERAL.....	264
5.2 CONCLUSÃO	274
REFERÊNCIAS.....	275
PRESS RELEASE.....	290
ANEXOS	292
APÊNDICE 1 ARTIGO PUBLICADO.....	306

CAPÍTULO 1

**INTRODUÇÃO, REVISÃO DA LITERATURA E OBJETIVOS DA TESE DE
DOUTORADO: "OS DESAFIOS DA ENDODONTIA CONTEMPORÂNEA"**

1.1 INTRODUÇÃO

A Endodontia tem evoluído significativamente ao longo do tempo, consolidando-se como uma área altamente confiável da odontologia. Esse progresso tem sido impulsionado pelos desafios inerentes à prática e pela integração de conhecimentos biológicos e tecnológicos oriundos da medicina, da engenharia e da biologia, refletindo nas altas taxas de sucesso dos tratamentos endodônticos [1]. Na década de 1990, os tratamentos endodônticos em dentes sem radiolucência periapical e com necrose pulpar e radiolucência periapical alcançaram taxas de sucesso superiores a 96%, e ao redor de 86%, respectivamente[2]. Contudo, ao longo do tempo, houve uma tendência de estagnação nesses excelentes resultados[3]. Apesar do aumento do uso de tecnologias como tomografia computadorizada, magnificação, técnicas mecanizadas de instrumentação e irrigação, e cimentos biocerâmicos, revisões sistemáticas da literatura de artigos publicados nos anos 2000 revelaram taxas de sucesso dos tratamentos endodônticos primários entre 68% e 85%, quando utilizados critérios rigorosos de avaliação do sucesso endodôntico, com foco na cicatrização periapical sem radiolucidez identificada radiograficamente. Com critérios mais "flexíveis", como a redução da lesão e a ausência de sintomas clínicos, essas taxas aumentaram em cerca de 10% [3].

Burns *et al.* confirmaram esse padrão de estagnação ao analisar tratamentos endodônticos primários em estudos publicados entre 2003-2010 e 2011-2020[4]. As taxas de sucesso eram semelhantes aos dados da década de 1990, sendo ligeiramente mais altas nos estudos de 2003-2010 com critérios "flexíveis" (93,1% vs. 90,9%), mas ligeiramente mais baixas com critérios "rigorosos" (81,5% vs. 82,6%)[4]. Enquanto isso, as taxas de insucesso nos tratamentos primários variaram entre 7% e 18%[3,5]. Os retratamentos endodônticos apresentaram taxas de sucesso mais baixas, estimadas em aproximadamente 77%[6]. A microcirurgia endodôntica mostrou-se uma opção

mais confiável, com uma taxa de sucesso significativamente maior do que o retratamento não cirúrgico. No entanto, dentes com pinos intraradiculares tiveram taxas de sucesso mais altas com o tratamento não cirúrgico, evidenciando que o acesso e a limpeza dos canais são passos fundamentais para o sucesso do tratamento endodôntico^[6].

Entre 1980 e 2020, foi notada uma redução relativa na documentação de cicatrização periapical radiográfica e sucesso como desfechos do tratamento endodôntico, ao passo que houve um crescimento modesto, porém constante, na documentação de sobrevida, avaliação da dor e qualidade de vida, critérios considerados centrados no paciente^[7]. Os fatores que influenciam o resultado de "tecidos periapicais saudáveis" estão presumivelmente ligados à remoção da infecção e à reconstituição do periodonto, enquanto a "sobrevivência do dente" está mais relacionada a fatores além do escopo endodôntico tradicional, como a capacidade de restauração e a prevenção de maior destruição da substância dentária^[7,8]. Ambos os fatores são de extrema importância e representam desafios, especialmente em casos complexos.

Nesse cenário, surgem as tecnologias de base computacional de Navegação Guiada (TNG), trazendo um avanço significativo aos procedimentos odontológicos complexos que exigem maior segurança e precisão^[9,10]. O objetivo desta Revisão de Literatura é explorar os principais fatores envolvidos nos insucessos dos tratamentos endodônticos e apresentar as Técnicas de Navegação Guiadas, visando ampliar o entendimento da comunidade acadêmica e profissional sobre essas novas tecnologias computacionais que trazem uma resposta para os tratamentos endodônticos mais complexos.

1.2 REVISÃO DE LITERATURA

Os principais fatores preditivos de insucesso nos tratamentos endodônticos primários, especialmente nos primeiros quatro anos após os tratamentos, incluem em primeiro lugar a presença de canais secundários não tratados^[11], seguidos de complexidades anatômicas e obstruções intracanais ^[11-13]. O canal mais frequentemente não detectado nos tratamentos endodônticos, compreendendo 66,0% das falhas, é o segundo canal mesiovestibular (MV2) nos primeiros molares superiores^[11,14]. Sua prevalência é muito alta em várias populações (69,6%; 64,5% - 74,8%) podendo se apresentar em 92% dos casos dependendo do tipo de análise diagnóstica empregada^[14,15].

Em relação as complexidades anatômicas, as atipias da anatomia e morfologia das raízes dentárias são frequentes na população e podem ocorrer em tipos específicos de dentes, dificultando o acesso e tratamento dos canais radiculares e aumentando o risco de perfurações e desgastes dentários excessivos^[16,17]. Entre essas atipias mais comuns, encontra-se o *dens invaginatus*, uma malformação dental caracterizada pela invaginação (dobra para dentro) do esmalte e da dentina em direção à cavidade pulpar durante o desenvolvimento do dente. Isso cria uma estrutura anômala que pode resultar em uma aparência de "dente dentro de outro dente" na radiografia. Essa condição é mais comum nos incisivos laterais superiores, sendo prevalente em 9% dos dentes incisivos examinados ^[18]. A gravidade do *dens invaginatus* pode variar, desde formas leves até formas severas, que podem predispor o dente a cáries e infecções pulpares devido à dificuldade de limpeza e à presença de canais acessórios^[16].

As dilacerações radiculares são deformidades na forma das raízes dos dentes, caracterizadas por uma curvatura ou angulação anormal da raiz em relação à coroa. Essa curvatura pode ocorrer em qualquer ponto ao longo da raiz e é frequentemente resultado de um trauma ou interferência durante o desenvolvimento do dente. As dilacerações radiculares podem causar

complicações no tratamento endodôntico, como a dificuldade de acesso aos canais radiculares e a maior possibilidade de perfurações e fraturas durante os procedimentos de instrumentação. A prevalência das dilacerações radiculares varia amplamente entre diferentes populações, situando-se entre 0,18% e 16,48%, dependendo da origem da população avaliada e do tipo de análise empregada^[16,19,20].

Fusão é uma anomalia dental que ocorre quando dois germes dentários adjacentes se unem durante o desenvolvimento, resultando na formação de um único dente com uma coroa ou raiz aumentada. Esse dente apresenta uma estrutura combinada que pode incluir uma única câmara pulpar ou duas câmaras separadas, dependendo do grau de fusão. A fusão é mais comum nos incisivos centrais superiores, com uma prevalência entre 0,06% e 0,17%^[21,22]. Geminção é uma malformação dentária onde um único germe dentário tenta se dividir durante o desenvolvimento, resultando em um dente que possui uma coroa aumentada ou bífida, mas que mantém uma raiz única e um sistema pulpar comum. A geminação pode dificultar o diagnóstico e o tratamento, especialmente em procedimentos endodônticos e restauradores. A geminação é mais prevalente nos incisivos centrais superiores, afetando cerca de 0,14% dos dentes^[21,22].

O taurodontismo é uma anomalia dentária caracterizada pelo alongamento da câmara pulpar do dente e pelo deslocamento do assoalho pulpar em direção à raiz, resultando em raízes curtas e uma câmara pulpar ampliada e em forma de tronco. Essa condição altera a relação normal entre a coroa e a raiz do dente, fazendo com que a câmara pulpar seja maior e o espaço entre a coroa e as raízes seja mais curto^[23,24]. O taurodontismo é frequentemente observado em molares, sendo mais comum nos segundos molares inferiores. A prevalência do taurodontismo varia consideravelmente, situando-se entre 53,2% e 72% dos dentes pesquisados. Essa anomalia pode complicar o tratamento endodôntico devido à dificuldade de localizar e acessar os canais radiculares^[23,24].

O canal tipo C é uma configuração complexa do sistema de canais radiculares, encontrada principalmente em segundos molares mandibulares. Essa anomalia caracteriza-se pela fusão ou conexão entre os canais radiculares, formando uma câmara pulpar em forma de "C" quando vista em corte transversal, criando um canal único que pode se dividir em múltiplos canais menores, dificultando a limpeza e obturação completa durante o tratamento endodôntico^[25]. Os canais tipo C têm uma prevalência média de 12% na população (10.3-13.7%) podendo chegar a 39,8% (36,0%-43,1%) em populações do Leste Asiático^[26]. A presença dessa configuração exige técnicas especializadas e uma abordagem cuidadosa para garantir o sucesso do tratamento endodôntico.

As obstruções dos canais radiculares podem ser de origem fisiológica, conhecida como obliteração do canal pulpar (*Pulp Canal Obliteration* - PCO) ou fruto do próprio tratamento endodôntico e restaurador^[11-13]. Na PCO, o espaço pulpar diminui devido à deposição de dentina terciária pelas células pulpares^[2,27]. Essa condição normalmente não está associada a inflamação patológica^[28], sendo a dentina terciária depositada em resposta a várias irritações, como cáries, traumatismos, procedimentos odontológicos, problemas de oclusão, bruxismo, entre outros fatores^[3,29-32]. Geralmente, a calcificação é mais evidente na porção coronal do dente, diminuindo em direção ao ápice da raiz, e sua extensão e incidência tendem a aumentar ao longo do tempo, podendo ser clinicamente reconhecida pelo menos um ano após a lesão, através de sintomas como descoloração dos dentes ou incidentalmente em radiografias^[28,33-35].

Em muitos casos, a obliteração do canal pulpar (PCO) é interpretada como um indicativo de cicatrização da polpa dentária, frequentemente dispensando a necessidade de tratamento endodôntico^[34]. No entanto, entre 7% e 27% dos dentes com PCO acabam evoluindo para necrose pulpar, evidenciada por sinais radiográficos de doença periapical^[28,33,34]. Nessas situações, a PCO pode dificultar o acesso aos canais radiculares, mantendo a presença da flora microbiana e resultando em respostas inflamatórias alteradas no paciente^[34]. Esses fatores podem impedir ou dificultar o acesso endodôntico e o

desbridamento completo dos canais radiculares, comprometendo a redução desejada da contaminação microbiana, e diminuição da eficácia do tratamento endodôntico^[29].

Da mesma forma, a presença de obliterações decorrentes do tratamento endodôntico/restaurador, como instrumentos separados intracanaís, retentores intrarradiculares e MTA, pode dificultar ou impedir o acesso e a instrumentação completa dos canais^[11-13]. A separação de instrumentos endodônticos é um achado comum, com uma incidência geral de 3,4% dos tratamentos endodônticos realizados em ambientes de treinamento de pós-graduação^[36]. A maioria dos casos (53,7%) ocorre em molares mandibulares, seguidos pelos molares maxilares (42,6%), sendo que a maior frequência de separação de instrumentos foi registrada no canal mesiobucal (35,2%). Os instrumentos rotatórios apresentam maior incidência de fraturas (1,68% a 2,4%) do que os instrumentos manuais (0,25%)^[36]. O nível de separação do instrumento na raiz foi considerado estatisticamente significativo em relação ao manejo ($P < 0,001$), sendo mais difícil o manejo dos instrumentos separados ao nível apical do que ao nível médio e cervical^[36].

As fraturas dos instrumentos endodônticos, como limas e brocas de haste longa, estão associadas à diversidade anatômica do sistema de canais radiculares, à falta de conhecimento técnico profissional ou má prática, uso excessivo de instrumentos e à quantidade de ciclos de esterilização sofridos^[36-38]. A fadiga cíclica, que refere à repetida flexão e endireitamento do instrumento durante o uso, e o estresse torcional, que refere à rotação excessiva do instrumento dentro do canal radicular, estão entre as causas mais associadas à separação ou quebra de instrumentos^[36-38]. A curvatura acentuada do canal diminui a vida útil dos instrumentos devido ao aumento da fadiga cíclica que ela causa. Além disso, o raio da curvatura do canal está diretamente ligado à probabilidade de quebra dos instrumentos: quanto menor o raio da curvatura, maior é o risco de quebra. Essa probabilidade é ainda maior na região apical do canal radicular do que nas porções média ou coronal. Isso se deve ao fato de

que a curvatura do canal aumenta nessa área, levando a um estreitamento do canal^[36-38].

Pinos de retenção intraradicular são amplamente utilizados na restauração de dentes tratados endodonticamente e podem tornar os retratamentos mais arriscados^[12]. A remoção de pinos pode ser desafiadora devido à variedade de formas, designs, materiais e comprimentos, que influenciam a força de retenção no canal radicular. Além disso, os materiais adesivos usados na cimentação, bem como o tipo de dente e sua localização na arcada, impactam a dificuldade de remoção. Em relação a sua posição nas arcadas, os dentes posteriores apresentam maior dificuldade para a remoção dos pinos devido ao acesso mais restrito. Em contraste, a interferência da oclusão oposta é menor em dentes anteriores, tornando a remoção dos pinos nesses casos relativamente mais simples^[12].

Os desafios impostos pelas obliterações dos canais radiculares são tradicionalmente enfrentados com técnicas manuais e tecnologia radiográfica analógica. Essas abordagens geralmente demandam um tempo clínico prolongado e exigem habilidade significativa do operador para identificar, acessar, navegar, limpar e modelar adequadamente os sistemas de canais ^[28,32-35]. Mesmo com o uso de microscópios odontológicos, o acesso convencional e a obtenção da patência apical em canais obliterados podem resultar em iatrogenias, com a produção de rasgos, desvios e o desgaste excessivo da estrutura dentinária, especialmente na região pericervical, o que é considerado uma das principais causas das fraturas e insucessos subsequentes aos tratamentos endodônticos ^[4, 39].

Em um recente consenso de especialistas sobre a avaliação da dificuldade da terapia endodôntica foi citado que a eficácia do tratamento endodôntico depende de muitos fatores, entre eles a adesão do paciente, as condições do dente afetado, bem como as habilidades técnicas dos operadores e dos equipamentos das instituições de saúde. Foi enfatizado que estes últimos dois fatores não parecem ser relacionados com a dificuldade dos tratamentos,

mas sim com a possibilidade e a presença de armamentário para resolver casos difíceis e complexos^[40]. As técnicas de navegação guiada (TNG), em suas vertentes estática, Técnica de Navegação Guiada Estática - TGE e Técnica de Navegação Guiada Dinâmica (TND) estão entre essas tecnologias capazes de auxiliar o cirurgião-dentista a ultrapassar suas limitações^[1].

Os ótimos resultados das TNGs na implantodontia levaram à sua adoção pela Endodontia prometendo maior precisão, eficiência e previsibilidade ^[41,42]. Na TGE, o processo começa com a obtenção de imagens tridimensionais da estrutura dentária do paciente por meio de tomografia computadorizada de cone Beam que forma as imagens Dicom (*Digital Imaging and Communications in Medicine* - Comunicação de Imagens Digitais na Medicina) e o escaneamento intraoral da superfície externa do dente e dos outros dentes que estão planejados como parte de apoio para a guia e o periodonto que os margeia, formando as imagens STL (*Standard Tessellation Language* - Linguagem de Tesselagem Padrão). Essas imagens, DICOM e STL, são então digitalizadas, inseridas e sobre posicionadas em um software específico, com o qual a equipe técnica e endodontista podem examinar detalhadamente a anatomia do dente e estruturas anatômicas importantes como vasos e nervos, identificar canais radiculares e planejar o tratamento com precisão. Com base nesse planejamento é fabricado um guia de perfuração personalizado de acrílico que é posicionado sobre os dentes do paciente e utilizado como referência para orientar as perfurações dos canais radiculares ou das apicectomias, garantindo maior precisão e segurança ^[43,44].

Em sua vertente dinâmica, o processo é semelhante, mas com algumas diferenças importantes. Assim como na técnica estática, são obtidas imagens tridimensionais da estrutura dentária do paciente. No entanto, ao invés de utilizar um guia de perfuração estático, é empregado um sistema de navegação em tempo real. Assim, a Endodontia dinâmica utiliza marcadores fiduciais posicionados na boca do paciente através de uma guia, uma câmera estereoscópica conectada a uma peça de mão e um computador^[1]. Os marcadores fiduciais fornecem pontos de referência para o sistema de

navegação em tempo real. Enquanto o endodontista realiza o procedimento, o *software* correspondente fornece uma visualização dinâmica em tempo real da posição dos instrumentos endodônticos em relação à anatomia do dente. Isso inclui informações sobre desvios espaciais e angulares, bem como a profundidade da perfuração dos canais radiculares. Com essa tecnologia, o endodontista pode fazer ajustes instantâneos durante o procedimento, garantindo precisão e segurança enquanto trata os canais radiculares^[45,46].

A TNG se propõe a revolucionar a Endodontia, enfrentar seus índices estagnados de insucesso e a percepção de valores do paciente, tornando os tratamentos mais acessíveis, eficazes e até mesmo agradáveis ^[1]. Esta área está em constante evolução e testemunhou um crescimento exponencial, juntamente com inovações impressionantes em poucos anos. Isso resultou em avanços muito positivos, tornando crucial compreender suas diferentes vertentes, avanços tecnológicos, indicações, vantagens e desvantagens, assim como a metodologia envolvida e as estratégias adotadas para garantir sua precisão.

1.3 OBJETIVO GERAL

O objetivo geral desta tese de doutorado foi investigar as Técnicas de Navegação Guiada na Endodontia, por meio de uma revisão de escopo, analisando suas aplicações, vantagens e desvantagens. Além disso, buscou-se demonstrar a eficácia dessas técnicas em contextos clínicos complexos, através da apresentação detalhada de dois estudos de caso desafiadores.

1.3.1 Objetivos específicos

- Analisar as Técnicas de Navegação Guiada na Endodontia incluindo a navegação estática e dinâmica, Inteligência Artificial, Realidade Aumentada e Robótica através de uma revisão de escopo, com ênfase nos benefícios clínicos e limitações dessas técnicas emergentes.
- Demonstrar os parâmetros essenciais e realizar uma análise das imagens da tomografia CBCT (*Cone Beam Computed Tomography*) para diagnóstico e planejamento digital, destacando a importância dessa tecnologia na identificação precisa da anatomia radicular e no desenvolvimento de um plano de tratamento eficaz.
- Apresentar o fluxo de trabalho CAD-CAM (*Computer-Aided Design and Computer-Aided Manufacturing*) e o processo de impressão 3D na criação de guias endodônticas personalizadas, demonstrando sua utilidade na orientação precisa durante os procedimentos clínicos.
- Descrever detalhadamente o tratamento de um molar mandibular com calcificação distrófica nos dois canais mesiais, fornecendo insights sobre os desafios diagnósticos e as estratégias terapêuticas adotadas para o sucesso do tratamento.
- Descrever minuciosamente os procedimentos clínicos utilizando a guia endodôntica para acesso aos canais mesiais calcificados de um molar inferior, destacando os benefícios da abordagem guiada para alcançar resultados previsíveis e minimizar complicações.
- Descrever os procedimentos clínicos com a utilização da guia para a remoção do pino de fibra de vidro e acesso ao canal distal de um molar inferior, destacando a precisão e eficiência proporcionadas pela orientação da guia durante o tratamento.
- Descrever os procedimentos clínicos com a utilização da guia para osteotomia e apicectomia da raiz mesial de um molar, fornecendo insights sobre a aplicação da Endodontia Guiada em procedimentos cirúrgicos complexos e sua contribuição.

REFERÊNCIAS

1. Connert T, Weiger R, Krastl G. Present status and future directions - Guided endodontics. *Int Endod J.* 2022 Oct;55 Suppl 4(Suppl 4):995-1002. doi: 10.1111/iej.13687. Epub 2022 Feb 4. PMID: 35075661; PMCID: PMC9790195.
2. Sjogren U, Hagglund B, Sundqvist G, Wing K. Factors affecting the long-term results of endodontic treatment. *J Endod.* 1990 Oct;16(10):498-504. doi: 10.1016/S0099-2399(07)80180-4. PMID: 2084204.
3. Ng YL, Mann V, Rahbaran S, Lewsey J, Gulabivala K. Outcome of primary root canal treatment: systematic review of the literature - part 1. Effects of study characteristics on probability of success. *Int Endod J.* 2007 Dec;40(12):921-39. doi: 10.1111/j.1365-2591.2007.01322.x. Epub 2007 Oct 10. PMID: 17931389.
4. Burns LE, Kim J, Wu Y, Alzwaideh R, McGowan R, Sigurdsson A. Outcomes of primary root canal therapy: An updated systematic review of longitudinal clinical studies published between 2003 and 2020. *Int Endod J.* 2022 Jul;55(7):714-731. doi: 10.1111/iej.13736. Epub 2022 May 4. PMID: 35334111; PMCID: PMC9322405.
5. Friedman S, Abitbol S, Lawrence HP. Treatment outcome in endodontics: the Toronto Study. Phase 1: initial treatment. *J Endod.* 2003 Dec;29(12):787-93. doi: 10.1097/00004770-200312000-00001. PMID: 14686806.
6. Stueland H, Ørstavik D, Handal T. Treatment outcome of surgical and non-surgical endodontic retreatment of teeth with apical periodontitis. *Int Endod J.* 2023 Jun;56(6):686-696. doi: 10.1111/iej.13914. Epub 2023 Mar 29. PMID: 36938637.

7. Azarpazhooh A, Sgro A, Cardoso E, Elbarbary M, Laghapour Lighvan N, Badewy R, Malkhassian G, Jafarzadeh H, Bakhtiar H, Khazaei S, Oren A, Gerbig M, He H, Kishen A, Shah PS. A Scoping Review of 4 Decades of Outcomes in Nonsurgical Root Canal Treatment, Nonsurgical Retreatment, and Apexification Studies-Part 2: Outcome Measures. *J Endod.* 2022 Jan;48(1):29-39. doi: 10.1016/j.joen.2021.09.019. Epub 2021 Oct 22. PMID: 34688793.
8. Fransson H, Dawson V. Tooth survival after endodontic treatment. *Int Endod J.* 2023 Mar;56 Suppl 2:140-153. doi: 10.1111/iej.13835. Epub 2022 Oct 2. PMID: 36149887.
9. Zubizarreta-Macho Á, Castillo-Amature C, Montiel-Company JM, Mena-Álvarez J. Efficacy of Computer-Aided Static Navigation Technique on the Accuracy of Endodontic Microsurgery. A Systematic Review and Meta-Analysis. *J Clin Med.* 2021 Jan 15;10(2):313. doi: 10.3390/jcm10020313. PMID: 33467707; PMCID: PMC7830386.
10. Zubizarreta-Macho Á, Muñoz AP, Deglow ER, Agustín-Panadero R, Álvarez JM. Accuracy of Computer-Aided Dynamic Navigation Compared to Computer-Aided Static Procedure for Endodontic Access Cavities: An in Vitro Study. *J Clin Med.* 2020 Jan 2;9(1):129. doi: 10.3390/jcm9010129. PMID: 31906598; PMCID: PMC7019931.
11. Jang YE, Kim Y, Kim SY, Kim BS. Predicting early endodontic treatment failure following primary root canal treatment. *BMC Oral Health.* 2024 Mar 12;24(1):327. doi: 10.1186/s12903-024-03974-8. PMID: 38475776; PMCID: PMC10935960.
12. Haupt F, Riggers I, Konietschke F, Rödiger T. Effectiveness of different fiber post removal techniques and their influence on dentinal microcrack formation. *Clin Oral Investig.* 2022 Apr;26(4):3679-3685. doi: 10.1007/s00784-021-04338-0. Epub 2021 Dec 10. PMID: 34893941; PMCID: PMC8979865.

13. Gomes MS, Vieira RM, Böttcher DE, Plotino G, Celeste RK, Rossi-Fedele G. Clinical fracture incidence of rotary and reciprocating NiTi files: A systematic review and meta-regression. *Aust Endod J*. 2021 Aug;47(2):372-385. doi: 10.1111/aej.12484. Epub 2021 Jan 7. PMID: 33410578.
14. Martins JNR, Marques D, Silva EJNL, Caramês J, Mata A, Versiani MA. Second mesiobuccal root canal in maxillary molars-A systematic review and meta-analysis of prevalence studies using cone beam computed tomography. *Arch Oral Biol*. 2020 May; 113:104589. doi: 10.1016/j.archoralbio.2019.104589. Epub 2019 Oct 24. PMID: 31735252.
15. Hiebert BM, Abramovitch K, Rice D, Torabinejad M. Prevalence of Second Mesiobuccal Canals in Maxillary First Molars Detected Using Cone-beam Computed Tomography, Direct Occlusal Access, and Coronal Plane Grinding. *J Endod*. 2017 Oct;43(10):1711-1715. doi: 10.1016/j.joen.2017.05.011. Epub 2017 Jul 20. PMID: 28735796.
16. Nino-Barrera J, Alzate-Mendoza D, Olaya-Abril C, Gamboa-Martinez LF, Guamán-Laverde M, Lagos-Rosero N, Romero-Diaz AC, Duran N, Vanegas-Hoyose L. Atypical Radicular Anatomy in Permanent Human Teeth: A Systematic Review. *Crit Rev Biomed Eng*. 2022;50(1):19-34. doi: 10.1615/CritRevBiomedEng.2022043742. PMID: 35997108.
17. Anderson J, Wealleans J, Ray J. Endodontic applications of 3D printing. *Int Endod J*. 2018 Sep;51(9):1005-1018. doi: 10.1111/iej.12917. Epub 2018 Mar 23. PMID: 29486052.
18. González-Mancilla S, Montero-Miralles P, Saúco-Márquez JJ, Areal-Quecuty V, Cabanillas-Balsera D, Segura-Egea JJ. Prevalence of Dens Invaginatus assessed by CBCT: Systematic Review and Meta-Analysis. *J Clin Exp Dent*. 2022 Nov 1;14(11):e959-e966. doi: 10.4317/jced.59849. PMID: 36458027; PMCID: PMC9701346.

19. Baron C, Houchmand-Cuny M, Enkel B, Lopez-Cazaux S. Prevalence of dental anomalies in French orthodontic patients: A retrospective study. *Arch Pediatr*. 2018 Oct;25(7):426-430. doi: 10.1016/j.arcped.2018.07.002. Epub 2018 Sep 22. PMID: 30249487.
20. Goutham B, Bhuyan L, Chinnannavar SN, Kundu M, Jha K, Behura SS. Prevalence of Dental Anomalies in Odisha Population: A Panoramic Radiographic Study. *J Contemp Dent Pract*. 2017 Jul 1;18(7):549-553. doi: 10.5005/jp-journals-10024-2082. PMID: 28713106.
21. Jain A, Sisodia S, Rana KS, Gupta C, Ansari I, Dholakia PP. The Study of Prevalence and Distribution of Shape Anomalies of Teeth in Indian Population on the Basis of Age and Gender. *Cureus*. 2022 Aug 29;14(8):e28532. doi: 10.7759/cureus.28532. PMID: 36185914; PMCID: PMC9517952.
22. Ercan SA, Yildiray S, Yasin Y, Halil S, Ekizer A. Prevalence of fusion and gemination in permanent teeth in the Cappadocia region in Turkey. *Pak Oral Dent J*. 2011 Jun;31(1):17-22. Available from: https://www.podj.com.pk/archive/Jul_2011/4-Podj.pdf.
23. Patil S, Doni B, Kaswan S, Rahman F. Prevalence of taurodontism in the North Indian population. *J Clin Exp Dent*. 2013 Oct 1;5(4):e179-82. doi: 10.4317/jced.51118. PMID: 24455077; PMCID: PMC3892237.
24. Bronoosh P, Haghnegahdar A, Dehbozorgi M. Prevalence of taurodontism in premolars and molars in the South of Iran. *J Dent Res Dent Clin Dent Prospects*. 2012 Winter;6(1):21-4. doi: 10.5681/joddd.2012.005. Epub 2012 Mar 13. PMID: 22991630; PMCID: PMC3442443.
25. Kim HS, Jung D, Lee H, Han YS, Oh S, Sim HY. C-shaped root canals of mandibular second molars in a Korean population: a CBCT analysis. *Restor Dent Endod*. 2018 Nov 1;43(4):e42. doi: 10.5395/rde.2018.43.e42. PMID: 30483466; PMCID: PMC6237723.

26. Martins JNR, Marques D, Silva EJNL, Caramês J, Mata A, Versiani MA. Prevalence of C-shaped canal morphology using cone beam computed tomography - a systematic review with meta-analysis. *Int Endod J*. 2019 Nov;52(11):1556-1572. doi: 10.1111/iej.13169. Epub 2019 Jul 11. PMID: 31215045.
27. Keleş A, Keskin C, Versiani MA. Micro-CT assessment of radicular pulp calcifications in extracted maxillary first molar teeth. *Clin Oral Investig*. 2022 Feb;26(2):1353-1360. doi: 10.1007/s00784-021-04109-x. Epub 2021 Aug 10. PMID: 34373955.
28. Vinagre A, Castanheira C, Messias A, Palma PJ, Ramos JC. Management of Pulp Canal Obliteration-Systematic Review of Case Reports. *Medicina (Kaunas)*. 2021 Nov 12;57(11):1237. doi: 10.3390/medicina57111237. PMID: 34833455; PMCID: PMC8625069.
29. Gulabivala K, Ng YL. Factors that affect the outcomes of root canal treatment and retreatment-A reframing of the principles. *Int Endod J*. 2023 Mar;56 Suppl 2:82-115. doi: 10.1111/iej.13897. Epub 2023 Feb 10. PMID: 36710532.
30. Ng YL, Mann V, Gulabivala K. Tooth survival following non-surgical root canal treatment: a systematic review of the literature. *Int Endod J*. 2010 Mar;43(3):171-89. doi: 10.1111/j.1365-2591.2009.01671.x. PMID: 20158529.
31. López-Valverde I, Vignoletti F, Vignoletti G, Martin C, Sanz M. Long-term tooth survival and success following primary root canal treatment: a 5- to 37-year retrospective observation. *Clin Oral Investig*. 2023 Jun;27(6):3233-3244. doi: 10.1007/s00784-023-04938-y. Epub 2023 Mar 18. PMID: 36933044; PMCID: PMC10264502.
32. Setzer F, Harley M, Cheung J, Karabucak B. Possible Causes for Failure of Endodontic Surgery - A Retrospective Series of 20 Resurgery Cases. *Eur*

Endod J. 2021 Aug;6(2):235-241. doi: 10.14744/eej.2021.14238. PMID: 34650019; PMCID: PMC8461483.

33. Jannati R, Afshari M, Moosazadeh M, Allahgholipour SZ, Eidy M, Hajihoseini M. Prevalence of pulp stones: A systematic review and meta-analysis. *J Evid Based Med*. 2019 May;12(2):133-139. doi: 10.1111/jebm.12331. Epub 2018 Nov 20. PMID: 30461204.

34. McCabe PS, Dummer PM. Pulp canal obliteration: an endodontic diagnosis and treatment challenge. *Int Endod J*. 2012 Feb;45(2):177-97. doi: 10.1111/j.1365-2591.2011.01963.x. Epub 2011 Oct 17. PMID: 21999441.

35. Alak SG, Keleş A, Keskin C, Martins JNR, Versiani MA. Age-related changes in the morphology of the root canal system of mandibular first molars: a micro-CT study. *Clin Oral Investig*. 2023 Aug;27(8):4667-4675. doi: 10.1007/s00784-023-05093-0. Epub 2023 May 29. PMID: 37247087.

36. Alamoudi RA, Alfarran A, Alnamnakani B, Howait M, Alghamdi NS, Ain TS. Assessment of Incidence, Management and Contributory Factors of Root Canal Instrument Separation in an Endodontics Post- Graduate Program: A Retrospective Clinical Study. *Niger J Clin Pract*. 2024 Jan 1;27(1):16-21. doi: 10.4103/njcp.njcp_833_22. Epub 2024 Feb 5. PMID: 38317030.

37. Haug SR, Solfeld AF, Ranheim LE, Bårdsen A. Impact of Case Difficulty on Endodontic Mishaps in an Undergraduate Student Clinic. *J Endod*. 2018 Jul;44(7):1088-1095. doi: 10.1016/j.joen.2018.03.012. Epub 2018 May 24. PMID: 29803337.

38. Chandak M, Sarangi S, Dass A, Khubchandani M, Chandak R. Demystifying Failures Behind Separated Instruments: A Review. *Cureus*. 2022 Sep 26;14(9):e29588. doi: 10.7759/cureus.29588. PMID: 36312609; PMCID: PMC9595390.

39. Sarao SK, Berlin-Broner Y, Levin L. Occurrence and risk factors of dental root perforations: a systematic review. *Int Dent J*. 2020 Aug 20;71(2):96–105. doi: 10.1111/idj.12602. Epub ahead of print. PMID: 32815551; PMCID: PMC9275354.
40. Huang D, Wang X, Liang J, Ling J, Bian Z, Yu Q, Hou B, Chen X, Li J, Ye L, Cheng L, Xu X, Hu T, Wu H, Guo B, Su Q, Chen Z, Qiu L, Chen W, Wei X, Huang Z, Yu J, Lin Z, Zhang Q, Yang D, Zhao J, Pan S, Yang J, Wu J, Pan Y, Xie X, Deng S, Huang X, Zhang L, Yue L, Zhou X. Expert consensus on difficulty assessment of endodontic therapy. *Int J Oral Sci*. 2024 Mar 1;16(1):22. doi: 10.1038/s41368-024-00285-0. PMID: 38429281; PMCID: PMC10907570.
41. Grossman LI. Endodontics 1776-1976: a bicentennial history against the background of general dentistry. *J Am Dent Assoc*. 1976 Jul;93(1):78-87. doi: 10.14219/jada.archive.1976.0606. PMID: 777073.
42. Ali A, Bhosale A, Pawar S, Kakti A, Bichpuriya A, Agwan MA. Current Trends in Root Canal Irrigation. *Cureus*. 2022 May 8;14(5):e24833. doi: 10.7759/cureus.24833. PMID: 35698671; PMCID: PMC9184175.
43. Buchgreitz J, Buchgreitz M, Mortensen D, Bjørndal L. Guided access cavity preparation using cone-beam computed tomography and optical surface scans - an ex vivo study. *Int Endod J*. 2016 Aug;49(8):790-5. doi: 10.1111/iej.12516. Epub 2015 Aug 22. PMID: 26201367.
44. 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*. 2019 May;52(5):559-568. doi: 10.1111/iej.13038. Epub 2018 Nov 26. PMID: 30406949.
45. D GT, Saxena P, Gupta S. Static vs. dynamic navigation for endodontic microsurgery - A comparative review. *J Oral Biol Craniofac Res*. 2022 Jul-

Aug;12(4):410-412. doi: 10.1016/j.jobcr.2022.04.010. Epub 2022 May 17.
Erratum in: J Oral Biol Craniofac Res. 2024 Jul-Aug;14(4):358-359. doi:
10.1016/j.jobcr.2024.05.010. PMID: 35646551; PMCID: PMC9136095.

46. Connert T, Leontiev W, Dagassan-Berndt D, Kühl S, ElAyouti A, Krug R, Krastl G, Weiger R. Real-Time Guided Endodontics with a Miniaturized Dynamic Navigation System Versus Conventional Freehand Endodontic Access Cavity Preparation: Substance Loss and Procedure Time. J Endod. 2021 Oct;47(10):1651-1656. doi: 10.1016/j.joen.2021.07.012. Epub 2021 Jul 24. PMID: 34310979.

CAPÍTULO 2

ENDODONTIA GUIADA: O ESTADO DA ARTE EM UMA REVISÃO DE ESCOPO

*Manuscrito segundo as normas da revista Clinical Oral Investigations

2.1 INTRODUÇÃO

A implantodontia foi a área da Odontologia pioneira em reconhecer as potencialidades oferecidas pelas técnicas guiadas⁽¹⁾. Inicialmente aplicadas no planejamento e na colocação de implantes, essas técnicas se destacaram pela precisão, levando à sua adoção em outras áreas da odontologia⁽²⁻⁴⁾. Na Endodontia, onde a complexidade dos casos frequentemente desafia até mesmo os profissionais mais experientes, as técnicas guiadas surgiram como uma abordagem promissora, agilizando procedimentos e oferecendo segurança em situações críticas, como acesso a canais obliterados e cirurgias próximas a estruturas anatômicas importantes⁽⁵⁻⁸⁾. Em 2007, Pinsky *et al.* pioneiramente introduziram o conceito de cirurgia guiada periapical e compararam a precisão do acesso apical entre o uso de guias endodônticos e a técnica manual em uma mandíbula seca⁽⁹⁾. Suas descobertas revelaram uma precisão substancialmente maior durante as cirurgias guiadas evidenciando maiores desvios no ápice das osteotomias com a técnica convencional (2,27 mm ± 1,46 versus 0,79 mm ± 0,33 DP, respectivamente).

O primeiro registro de tratamento com guias não cirúrgico na Endodontia foi conduzido por Kfir *et al.* em 2013. Eles alcançaram sucesso no acesso ao canal lateral de um incisivo n. 21 com *dens invaginatus*, destacando-se pela precisão da operação e pela preservação do conduto principal saudável⁽¹⁰⁾. Somente a partir de 2016, os primeiros resultados excelentes de estudos laboratoriais não cirúrgicos sobre a precisão da TG foram publicados por autores como Buchgreitz J, Krastl G, Connert T, Zhender MS, van der Meer, entre outros⁽¹¹⁻¹⁴⁾. Esses estudos foram seguidos pelos primeiros relatos de caso sobre a aplicação da técnica guiada no tratamento de dentes com obliteração do canal pulpar (PCO) ou com malformações, como *dens invaginatus*, os quais demonstraram resultados muito favoráveis⁽¹⁵⁻¹⁷⁾.

A técnica evoluiu com a utilização de diâmetros de brocas cada vez menores e a adaptação crescente de ameias às brocas, resultando em desvios médios ainda menores entre o preparo de acesso planejado e o efetuado, com variações de 0,12 a 0,34 mm no ponto alvo apical e um desvio médio de ângulo de $1,59^{\circ}$ ⁽¹⁸⁾. Ficou cada vez mais evidente que as técnicas guiadas proporcionavam uma margem reduzida para erros e uma precisão aprimorada^(19,20). Além disso, demandavam menos tempo clínico e habilidade por parte do profissional, minimizando o desgaste das estruturas dentárias^(21,22). Isso as destacou em relação às limitações dos tratamentos convencionais, ressaltando a perspectiva de alcançar uma melhoria nos indicadores futuros de sucesso do tratamento endodôntico, principalmente nos casos mais complexos⁽²³⁻²⁵⁾.

A implementação das técnicas guiadas tem sido respaldada por uma base sólida de muitos estudos laboratoriais⁽²⁶⁻⁴⁹⁾ que abordam diversos aspectos, desde a metodologia, os novos avanços tecnológicos, a acurácia dos procedimentos, fornecendo evidências robustas sobre os benefícios e a confiabilidade dessas técnicas para os profissionais e pacientes⁽⁵⁰⁻⁵³⁾. As aplicações da Endodontia Guiada foram aumentando e hoje são usadas para o tratamento de canais calcificados^(25,54-62), o acesso a *dens invaginatus* ^(10,63-66), aos dentes com anatomia anômala ou dilacerados^(16,67), o autotransplante dentário^(68,69), os retratamentos endodônticos e resolução de iatrogenias ⁽⁷⁰⁻⁷⁶⁾, acesso a dentes com pinos de fibra de vidro ^(21,36,77-82) entre outros. Além disso, as cirurgias periapicais têm se beneficiado significativamente do uso da técnica guiada trazendo um nível de segurança muito alto para procedimentos de alto risco como a apicectomia em proximidade com o nervo alveolar inferior, nervo mental, seio maxilar, artéria palatina e mesmo as raízes dos outros dentes contíguos⁽⁸³⁻⁹³⁾.

A Endodontia Guiada representa um avanço significativo na prática odontológica, prometendo maior precisão, eficiência e previsibilidade nos procedimentos endodônticos. Atualmente, essa disciplina está em um estágio crucial de desenvolvimento, com duas abordagens principais: a Técnica Guiada

de Navegação Estática (TGE) e a Técnica Guiada de Navegação Dinâmica (TGD). A TGE utiliza o planejamento virtual e guias impressas em 3D para direcionar os procedimentos endodônticos. Por outro lado, a TGD incorpora tecnologias de navegação em tempo real durante o procedimento^(6,24).

A importância de revisar o escopo dessa área emerge da necessidade de compreender suas vertentes, avanços tecnológicos, indicações, vantagens e desvantagens, bem como os instrumentais utilizados e as estratégias adotadas para garantir a precisão. Essa revisão não apenas proporcionará uma compreensão abrangente do estado atual da Endodontia Guiada, mas também servirá como base para orientar futuras pesquisas, promovendo avanços adicionais nesse campo. Ao explorar desde o surgimento até as aplicações contemporâneas da Endodontia Guiada, esta revisão contribuirá para a disseminação do conhecimento e aprimoramento das práticas clínicas, destacando a importância de uma abordagem baseada em evidências e tecnologicamente avançada na Endodontia moderna.

2.2 METODOLOGIA

Esta revisão foi elaborada de acordo com metodologia de *scoping review* (análise de escopo) recomendada pelo Instituto Joanna Briggs⁽⁹⁴⁾. A técnica de análise de escopo está sendo amplamente utilizada na área das ciências da saúde com a finalidade de sintetizar e de disseminar os resultados de estudos a respeito de um assunto⁽⁹⁴⁻⁹⁷⁾. O objetivo de uma análise de escopo é mapear e explorar a extensão e a natureza da literatura disponível sobre um tópico amplo. Diferente das revisões sistemáticas da literatura que buscam responder a uma pergunta de pesquisa específica através da identificação, seleção, avaliação crítica e síntese de evidências relevantes. Essa diferença fundamental no objetivo influencia todos os aspectos do processo de revisão^(96,98).

Uma das distinções mais evidentes entre essas abordagens é a amplitude da literatura incluída. Enquanto as revisões de escopo da literatura abrangem uma ampla variedade de estudos, incluindo pesquisas primárias, revisões sistemáticas, relatórios governamentais e literatura cinza, as revisões sistemáticas geralmente se concentram em estudos primários, como ensaios clínicos randomizados, estudos observacionais e revisões sistemáticas anteriores⁽⁹⁴⁾. Essa diferença na inclusão de evidências reflete-se na análise e síntese dos resultados. As revisões de escopo da literatura envolvem frequentemente uma análise descritiva e narrativa da literatura, utilizando técnicas de mapeamento conceitual para identificar padrões, lacunas e áreas emergentes. Por outro lado, as revisões sistemáticas fornecem respostas específicas a perguntas de pesquisa definidas, utilizando uma abordagem mais rigorosa e focada, elas podem incluir uma análise estatística e uma síntese formal dos resultados dos estudos incluídos, muitas vezes utilizando meta-análise quando apropriado⁽⁹⁴⁻⁹⁷⁾.

Nesse estudo, seguimos um protocolo baseado no arcabouço metodológico delineado por Arksey e O'Malley⁽⁹⁸⁾, com adaptações propostas por Levac, Colquhoun e O'Brien⁽⁹⁵⁾, bem como por Peters e colaboradores⁽⁹⁹⁾, pesquisadores associados ao Instituto Joanna Briggs. A condução da revisão de escopo seguiu rigorosamente as diretrizes da Extensão PRISMA para revisões de escopo⁽¹⁰⁰⁾. O protocolo completo está disponível na plataforma *Open Science Framework* (<https://doi.org/10.17605/OSF.IO/6JUVS>).

Adaptando-se aos nossos propósitos, a estrutura desta revisão consistiu em oito principais etapas consecutivas:

1. Identificação da questão norteadora;
2. Identificação dos critérios de elegibilidade;
3. Identificação das fontes de estudos relevante;
4. Criação de estratégias de busca na literatura;
5. Seleção dos estudos;
6. Mapeamento dos dados;
7. Sumarização dos resultados, por meio de uma análise temática qualitativa em relação aos objetivos e pergunta;
8. Apresentação dos resultados, identificando as implicações para fatores referentes ao sucesso clínico, dificuldade do aprendizado técnico e qualidade de vida do paciente.

2.2.1 Identificação da Questão Norteadora

Para avaliar o estado da arte das intervenções endodônticas complexas apoiadas por tecnologias computacionais, nossa revisão de escopo abordou as seguintes questões de pesquisa:

- 1) Quais as novas tecnologias computacionais utilizadas no acesso aos canais radiculares nos tratamentos endodônticos?
- 2) Qual o nível de precisão e sucesso dos tratamentos endodônticos utilizando essas tecnologias computacionais?
- 3) Quais são os efeitos dessas técnicas em categorias centradas nos domínios clínico, operador e paciente; especificamente em relação ao nível de dificuldade imposto pelo caso clínico ao profissional e os efeitos dessas técnicas na qualidade de vida dos pacientes?

2.2.2 Identificação dos Critérios de Elegibilidade

Os critérios de elegibilidade para a seleção dos estudos seguiram o acrônimo PCC, representando População, Conceito e Contexto (Quadro 1). Não houve restrições de idioma para garantir uma revisão abrangente da literatura. Esta revisão abordou exclusivamente evidências relevantes para a prática clínica contemporânea, publicadas entre 2006 e o presente. A última busca por artigos foi realizada em 26 de dezembro de 2023, e as listas de referências de todos os estudos incluídos foram examinadas minuciosamente em busca de estudos adicionais.

Quadro 1 - Estratégia PCC para a seleção dos artigos incluídos na revisão sistemática de escopo.

PCC	Critérios de inclusão Os dados específicos extraídos dos estudos incluídos foram:	Critérios de Exclusão
<i>P</i> <i>população/</i> população	<p>Artigos sobre dentes humanos ou artificiais em tratamento endodôntico radical.</p> <p>Artigos publicados de 2006 até 23 de dezembro de 2023.</p>	<p>Estudos publicados antes de 2006, ou disponíveis como resumos, opiniões de especialistas ou protocolos de estudo e pesquisa.</p> <p>Duplicatas, estudos incompletos ou inacessíveis após três tentativas de contato com o autor.</p> <p>Artigos que abordam outros procedimentos endodônticos que não envolvam práticas de tratamento ou retratamento radical dos canais ou cirurgias periapicais, tanto em ambientes laboratoriais quanto clínicos.</p>
<i>C</i> <i>Concept/</i> conceito	<p>Intervenções cirúrgicas e não cirúrgicas para periodontite periapical, incluindo acesso a canais calcificados, remoção de pinos de fibra de vidro e cirurgias apicais.</p> <p>Estudos que empregam técnicas computacionais, como TGE, TGD, Robótica e Inteligência Artificial, com comparações às técnicas convencionais.</p> <p>Avaliação da precisão e sucesso do tratamento endodôntico, incluindo acesso aos canais, desgaste da dentina radicular, duração do procedimento, temperatura alcançada, vantagens, incidência de acidentes, erros iatrogênicos e limitações das novas técnicas.</p> <p>Complexidade das técnicas para os operadores e seu impacto na qualidade de vida dos pacientes.</p>	<p>Estudos que não abordem técnicas de bases computacionais no tratamento endodôntico.</p> <p>Estudos que não forneçam dados relevantes para avaliação das intervenções cirúrgicas e não cirúrgicas para periodontite periapical.</p> <p>Estudos que não forneçam dados claros ou suficientes para análise e interpretação.</p> <p>Estudos que envolvam exclusivamente populações animais ou modelos in vitro, sem evidências clínicas diretas em seres humanos.</p>
<i>C</i> <i>contexto/</i> contexto	<p>Estudos conduzidos em várias instalações de saúde, incluindo hospitais, centros médicos, odontológicos, e instituições de ensino e pesquisa. Sem restrições quanto ao contexto geográfico.</p> <p>Inclusão de revisões sistemáticas e revisões narrativas de valor histórico.</p> <p>Fonte: os autores.</p>	<p>Revisões narrativas da literatura, resumos de conferências, cartas, documentos, relatórios de diretrizes, capítulos de livros, opinião de especialistas, estudos escritos em idiomas que não podem ser traduzidos por um tradutor eletrônico.</p>

Esta revisão de escopo abrangeu uma ampla variedade de desenhos de estudo, incluindo observacionais, experimentais e *quasi*-experimentais. Isso incluiu a análise de relatos de casos, séries de casos, ensaios clínicos randomizados e não randomizados. Além disso, foram consideradas revisões sistemáticas que atendiam aos critérios de inclusão, bem como revisões sistemáticas da literatura com metanálises, revisões sistemáticas de escopo, *overviews* de revisões sistemáticas e revisões narrativas ou bibliográficas de valor histórico, conforme aplicável à questão de pesquisa em análise.

2.2.3 Identificação das Fontes de Estudos Relevantes

As bases de dados de artigos científicos e periódicos consultadas incluíram o PubMed/MEDLINE (*National Library of Medicine*), a Web of Science (*Clarivate Analytics*), a Embase (Elsevier), a Cochrane (*Cochrane Library*) e a Scopus (Elsevier). Além disso, uma análise da literatura cinzenta foi conduzida através da plataforma *ProQuest Dissertations & Theses Global* (ProQuest). Adicionalmente, as listas de referências de todas as fontes de evidências foram minuciosamente examinadas para identificar estudos suplementares relevantes, contribuindo assim para uma abordagem abrangente e meticulosa na pesquisa acadêmica.

2.2.4 Criação de Estratégias de Busca na Literatura

A estratégia de busca foi elaborada para abranger estudos em todos os idiomas. Inicialmente, uma busca preliminar foi conduzida no PubMed/MEDLINE para identificar artigos relevantes ao tema. Posteriormente, as palavras-chave presentes nos títulos e resumos foram analisadas, incorporando descritores padronizados MeSH/DeCS e termos não controlados que foram ajustados e conectados com operadores booleanos “OR” e “AND” para cada uma das seis

fontes de informação. Os detalhes completos da estratégia de busca, incluindo o número de artigos recuperados e o número de artigos restantes após a remoção de duplicatas para cada base de dados de artigos científicos e periódicos, estão disponíveis no Quadro 2.

Quadro 2 – Endereços de busca da Revisão de Escopo nas Bases de artigos, 2006-2023.

Base de Dados	Endereço da Busca N. de artigos recuperados	N. artigos após a remoção de duplicatas
PUBMED/ MEDLINE	<p>Search: (Dental Cavity Preparation"[Mesh] OR "Dental Pulp Cavity"[Mesh] OR "Dental Pulp Calcification"[Mesh] OR "Root Canal Preparation"[Mesh] OR "Tooth Calcification"[Mesh] OR "Apicoectomy"[Mesh] OR "Tooth"[Mesh] OR "Surgery, Oral"[Mesh] OR "Tooth Apex"[Mesh] OR "Microsurgery"[Mesh] OR "Dentin Dysplasia"[Mesh] OR "Post and Core Technique"[Mesh] OR "Cone Beam Computed Tomography"[Mesh] OR "Periapical Periodontitis"[Mesh] OR "Molar"[Mesh] OR "Endodontic Access"[TW] OR "Calcified Canal*" [TW] OR "Access Cavit*" [TW] OR "Root canal*" [TW] OR "Calcific Metamorphosis" [TW] OR "Root End Surgery" [TW] OR "Canal Obliteration" [TW] OR "Periradicular Surgery" [TW] OR "Fiber Post*" [TW] OR "Root canal Obliterat*" [TW] OR "Endodontic posts" [TW] OR "Endodontic Retreatment*" [TW] OR "Root End Resection*" [TW] OR "Microsurger*" [TW] OR "Root Canal-Treated" [TW] OR "Periapical Surgery" [TW]) AND ("Minimally Invasive Surgical Procedures" [Mesh] OR "Surgery, Computer-Assisted" [Mesh] OR "Neural Networks, Computer" [Mesh] OR "Artificial Intelligence" [Mesh] OR "Deep Learning" [Mesh] OR "Robotic Surgical Procedures" [Mesh] OR "Augmented Reality" [Mesh] OR "Computer-Aided Design" [Mesh] OR "Imaging, Three-Dimensional" [Mesh] OR "Artificial Neural Network" [TW] OR "Real Time Tracking" [TW] OR "Real Time Guidance" [TW] OR "Digital Dentistry" [TW] OR "Guided Navigation" [TW] OR "Surgical Navigation System*" [TW] OR "Endodontic Microsurgery" [TW] OR "Dynamic Navigation*" [TW] OR "Guided Endodontic*" [TW] OR "Virtual Surger*" [TW] OR "Guide Template" [TW])) AND ("Endodontics" [Mesh] OR "Root Canal Therapy [Mesh] OR Endodontic* [TW] OR Endodontal [TW] OR Endodontical [TW]) AND ((clinicaltrial[Filter] OR meta-analysis[Filter] OR randomizedcontrolledtrial[Filter] OR review[Filter] OR systematicreview[Filter]) AND (2006:2024[pdat])) AND ((clinicaltrial[Filter] OR meta-analysis[Filter] OR randomizedcontrolledtrial[Filter] OR systematicreview[Filter]) AND (2006/1/1:2023/12/26[pdat])) AND ((clinicaltrial[Filter] OR meta-analysis[Filter] OR randomizedcontrolledtrial[Filter] OR systematicreview[Filter]) AND (2006/1/1:2023/12/26[pdat])) AND (clinicaltrial[Filter] OR meta-analysis[Filter] OR randomizedcontrolledtrial[Filter] OR systematicreview[Filter]) AND (2006/1/1:2023/12/26[pdat])) AND ((clinicaltrial[Filter] OR meta-analysis[Filter] OR randomizedcontrolledtrial[Filter] OR systematicreview[Filter]) AND (2006/1/1:2023/12/26[pdat])) Filters: Books and Documents, Clinical Trial, Meta-Analysis, Randomized Controlled Trial, Review, Systematic Review, from 2006/1/1 - 2023/12/26. Total. 1554 artigos</p>	997
Web of Science	<p>((TS=("Minimally Invasive Surgical Procedures" OR "Surgery, Computer-Assisted" OR "Neural Networks, Computer" OR "Artificial Intelligence" OR "Deep Learning" OR "Robotic Surgical Procedures" OR "Augmented Reality" OR "Computer-Aided Design" OR "Imaging, Three-Dimensional" OR "Artificial Neural Network" OR "Real Time Tracking" OR "Real Time Guidance" OR "Digital Dentistry" OR "Guided Navigation" OR "Surgical Navigation System*" OR "Microsurger*" OR "Endodontic Microsurgery" OR "Dynamic Navigation*" OR "Guided Endodontic*" OR "Virtual Surger*" OR "Guide Template")) AND TS=("Dental Cavity Preparation" OR "Dental Pulp Cavity" OR "Dental Pulp Calcification" OR "Root Canal Preparation" OR "Tooth Calcification" OR</p>	370

	"Apicoectomy" OR "Tooth" OR "Oral Surgery" OR "Tooth Apex" OR "Microsurgery" OR "Dentin Dysplasia" OR "Post and Core Technique" OR "Cone Beam Computed Tomography" OR "Periapical Periodontitis" OR "Molar" OR "Endodontic Access" OR "Calcified Canal*" OR "Access Cavit*" OR "Root canal*" OR "Calcific Metamorphosis" OR "Root End Surgery" OR "Canal Obliteration" OR "Periradicular Surgery" OR "Fiber Post*" OR "Root canal Obliterat*" OR "Endodontic posts" OR "Endodontic Retreatment*" OR "Root End Resection*" OR "Microsurger*" OR "Root Canal Treated" OR "Periapical Surgery")) AND TS=("Minimally Invasive Surgical Procedures" OR "Surgery, Computer-Assisted" OR "Neural Networks, Computer" OR "Artificial Intelligence" OR "Deep Learning" OR "Robotic Surgical Procedures" OR "Augmented Reality" OR "Computer-Aided Design" OR "Imaging, Three-Dimensional" OR "Artificial Neural Network" OR "Real Time Tracking" OR "Real Time Guidance" OR "Digital Dentistry" OR "Guided Navigation" OR "Surgical Navigation System*" OR "Microsurger*" OR "Endodontic Microsurgery" OR "Dynamic Navigation*" OR "Guided Endodontic*" OR "Virtual Surger*" OR "Guide Template")) AND TS=("Endodontics" OR "Root Canal Therapy" OR "Endodontic*" OR "endodonta" OR "endodontically") Total: 563 artigos	
SCOPUS	('dental surgery'/exp OR 'dental pulp cavity'/exp OR 'calcification'/exp OR 'tooth pulp disease'/exp OR 'calcified' OR 'root canal preparation'/exp OR 'apicoectomy'/exp OR 'tooth'/exp OR 'oral surgery'/exp OR 'tooth apex'/exp OR 'microsurgery'/exp OR 'cone beam computed tomography'/exp OR 'tooth malformation'/exp OR 'dental drill'/exp OR 'glass fiber'/exp OR 'tooth periapical disease'/exp OR 'molar tooth'/exp OR 'access'/exp OR 'tooth root canal'/exp OR 'fiber'/exp OR 'root canal post'/exp OR 'obliteration' OR 'retreatment'/exp OR 'periapical') AND ('minimally invasive surgery'/exp OR 'computer assisted surgery'/exp OR 'computer assisted surgery system'/exp OR 'artificial neural network'/exp OR 'computer simulation'/exp OR 'artificial intelligence'/exp OR 'deep learning'/exp OR 'robot assisted surgery'/exp OR 'computer aided design/computer aided manufacturing'/exp OR 'three-dimensional imaging'/exp OR 'real time tracking system'/exp OR 'digitaldiagnost'/exp OR 'surgical navigation system'/exp OR 'dynamic'/exp OR 'guided imagery'/exp) AND ('endodontics'/exp OR 'endodontic procedure'/exp OR 'endodontic surgery'/exp) Total: 1093 artigos	587
EMBASE	fulltext("Dental Cavity Preparation" OR "Dental Pulp Cavity" OR "Pulp Calcification" OR "Root Canal Preparation" OR "Tooth Calcification" OR "Apicoectomy" OR "Tooth" OR "Surgery Oral" OR "Tooth Apex" OR "Microsurgery" OR "Dentin Dysplasia" OR "Post and Core Technique" OR "Cone Beam Computed Tomography" OR "Periapical Periodontitis" OR "Molar" OR "Endodontic Access" OR "Calcified Canal*" OR "Access Cavit*" OR "Root canal*" OR "Calcific Metamorphosis" OR "Root End Surgery" OR "Canal Obliteration" OR "Periradicular Surgery" OR "Fiber Post*" OR "Root canal Obliterat*" OR "Endodontic posts" OR "Endodontic Retreatment*" OR "Root End Resection*" OR "Microsurger*" OR "Root Canal-Treated" OR "Periapical Surgery") AND fulltext("Minimally Invasive Surgical Procedures" OR "Surgery, Computer-Assisted" OR "Neural Networks, Computer" OR "Artificial Intelligence" OR "Deep Learning" OR "Robotic Surgical Procedures" OR "Augmented Reality" OR "Computer-Aided Design" OR "Imaging, Three-Dimensional" OR "Artificial Neural Network" OR "Real Time Tracking" OR "Real Time Guidance" OR "Digital Dentistry" OR "Guided Navigation" OR "Surgical Navigation System*" OR "Endodontic Microsurgery" OR "Dynamic Navigation*" OR "Guided Endodontic*" OR "Virtual Surger*" OR "Guide Template") AND fulltext("Endodontics" OR "Root Canal Therapy" OR "Endodontic*" OR "Endodontal" OR 'Endodontical') Limites aplicados Total: 1100 artigos	611
ProQuest	fulltext("Dental Cavity Preparation" OR "Dental Pulp Cavity" OR "Pulp Calcification" OR "Root Canal Preparation" OR "Tooth Calcification" OR "Apicoectomy" OR "Tooth" OR "Surgery Oral" OR "Tooth Apex" OR "Microsurgery" OR "Dentin Dysplasia" OR "Post and Core Technique" OR "Cone Beam Computed Tomography" OR "Periapical Periodontitis" OR "Molar" OR "Endodontic Access" OR "Calcified Canal*" OR "Access Cavit*" OR "Root canal*" OR "Calcific Metamorphosis" OR "Root End Surgery" OR "Canal Obliteration" OR "Periradicular Surgery" OR "Fiber Post*" OR "Root canal Obliterat*" OR "Endodontic posts" OR "Endodontic Retreatment*" OR "Root	1004

	<p>End Resection*" OR "Microsurger*" OR "Root Canal-Treated" OR "Periapical Surgery") AND fulltext("Minimally Invasive Surgical Procedures" OR "Surgery, Computer Assisted" OR "Neural Networks, Computer" OR "Artificial Intelligence" OR "Deep Learning" OR "Robotic Surgical Procedures" OR "Augmented Reality" OR "Computer Aided Design" OR "Imaging Three Dimensional" OR "Artificial Neural Network" OR "Real Time Tracking" OR "Real Time Guidance" OR "Digital Dentistry" OR "Guided Navigation" OR "Surgical Navigation System*" OR "Endodontic Microsurgery" OR "Dynamic Navigation*" OR "Guided Endodontic*" OR "Virtual Surger*" OR "Guide Template") AND fulltext("Endodontics" OR "Root Canal Therapy" OR "Endodontic*" OR "Endodontal" OR "Endodontical")</p> <p>Limites aplicados Data: De January 01 1996 a December 28 2023 Tipo de fonte:Dissertações e teses, Periódicos acadêmicos, Procedimentos e trabalhos de conferência Tipo de documento:Artigo, Artigo de conferência. Idioma:Inglês Restringido por:Texto completo: Total: 1007 artigos</p>	
Cochrane Library	<p>("Dental Cavity Preparation" OR "Dental Pulp Cavity" OR "Dental Pulp Calcification" OR "Root Canal Preparation" OR "Tooth Calcification" OR "Apicoectomy" OR "Tooth" OR "Surgery, Oral" OR "Tooth Apex" OR "Microsurgery" OR "Dentin Dysplasia" OR "Post and Core Technique" OR "Cone Beam Computed Tomography" OR "Periapical Periodontitis" OR "Molar" OR "Endodontic Access" OR "Calcified Canal*" OR "Access Cavit*" OR "Root canal*" OR "Calcific Metamorphosis" OR "Root End Surgery" OR "Canal Obliteration" OR "Periradicular Surgery" OR "Fiber Post*" OR "Root canal Obliterat*" OR "Endodontic posts" OR "Endodontic Retreatment*" OR "Root End Resection*" OR "Microsurger*" OR "Root Canal-Treated" OR "Periapical Surgery"):ti,ab,kw AND ("Minimally Invasive Surgical Procedures" OR "Surgery, Computer-Assisted" OR "Neural Networks, Computer" OR "Artificial Intelligence" OR "Deep Learning" OR "Robotic Surgical Procedures" OR "Augmented Reality" OR "Computer-Aided Design" OR "Imaging, Three-Dimensional" OR "Artificial Neural Network" OR "Real Time Tracking" OR "Real Time Guidance" OR "Digital Dentistry" OR "Guided Navigation" OR "Surgical Navigation System*" OR "Endodontic Microsurgery" OR "Dynamic Navigation*" OR "Guided Endodontic*" OR "Virtual Surger*" OR "Guide Template"):ti,ab,kw AND ("Endodontics" OR "Root Canal Therapy" OR "Endodontic*" OR "Endodontal" OR "Endodontical"):ti,ab,kw Total: 85 artigos</p>	85
Total	5402 artigos	3654 artigos
	Fonte: Os autores.	

2.2.5 Seleção dos estudos

Apenas um pesquisador fez as buscas nas bases de periódicos, coletou e importou cada conjunto de citações identificadas para o software bibliográfico EndNote Web (<https://web.endnote.com>, Clarivate Analytics, PA, EUA), no qual foram removidos os primeiros registros duplicados. Em seguida, os arquivos restantes foram importados para a plataforma gratuita de seleção on-line Rayyan (<https://www.rayyan.ai/>) desenvolvida pelo *Qatar Computing Research Institute* – QCRI⁽¹⁰¹⁾, que agiliza a triagem em revisões de literatura pelo seu processo de semiautomação com a criação de um projeto de revisão, convite a colaboradores, cegamento entre revisores, importação e exportação de citações de artigos, identificação automática de potencial duplicidade, exploração de citações em diferentes formatos, rotulagem e filtragem de citações com a categorização em referências incluídas, excluídas e "em dúvida".

Antes da seleção dos artigos, os autores, designados como Revisor 1 (R1), Revisor 2 (R2) e coordenador (C), foram submetidos a um treinamento de calibração (R1: MCO, R2: EG e C: CPAB). Durante este treinamento, eles revisaram 50 títulos e resumos de artigos previamente selecionados, aderindo rigorosamente aos critérios de inclusão estabelecidos para a revisão. Houve uma considerável concordância entre os revisores, com poucas discrepâncias observadas. Na etapa inicial, fase 1 de seleção de artigos, cada revisor conduziu de maneira independente e em cegamento a avaliação dos títulos e resumos conforme os critérios de elegibilidade estipulados. Fontes que não atendiam a esses critérios foram excluídas. Em casos de discordância entre os revisores, o coordenador (C) foi consultado para tomar uma decisão final. Na segunda fase, R1 e R2 avaliaram o texto completo de cada artigo escolhido na fase 1 aplicando novamente os critérios de inclusão. Em caso de discordância entre os revisores, o coordenador (CPAB) foi consultado para a tomada de decisão. Todos os detalhes referentes à busca e ao processo de seleção estão disponíveis no diagrama de fluxo do PRISMA-ScR, conforme mostrado na Figura 2.

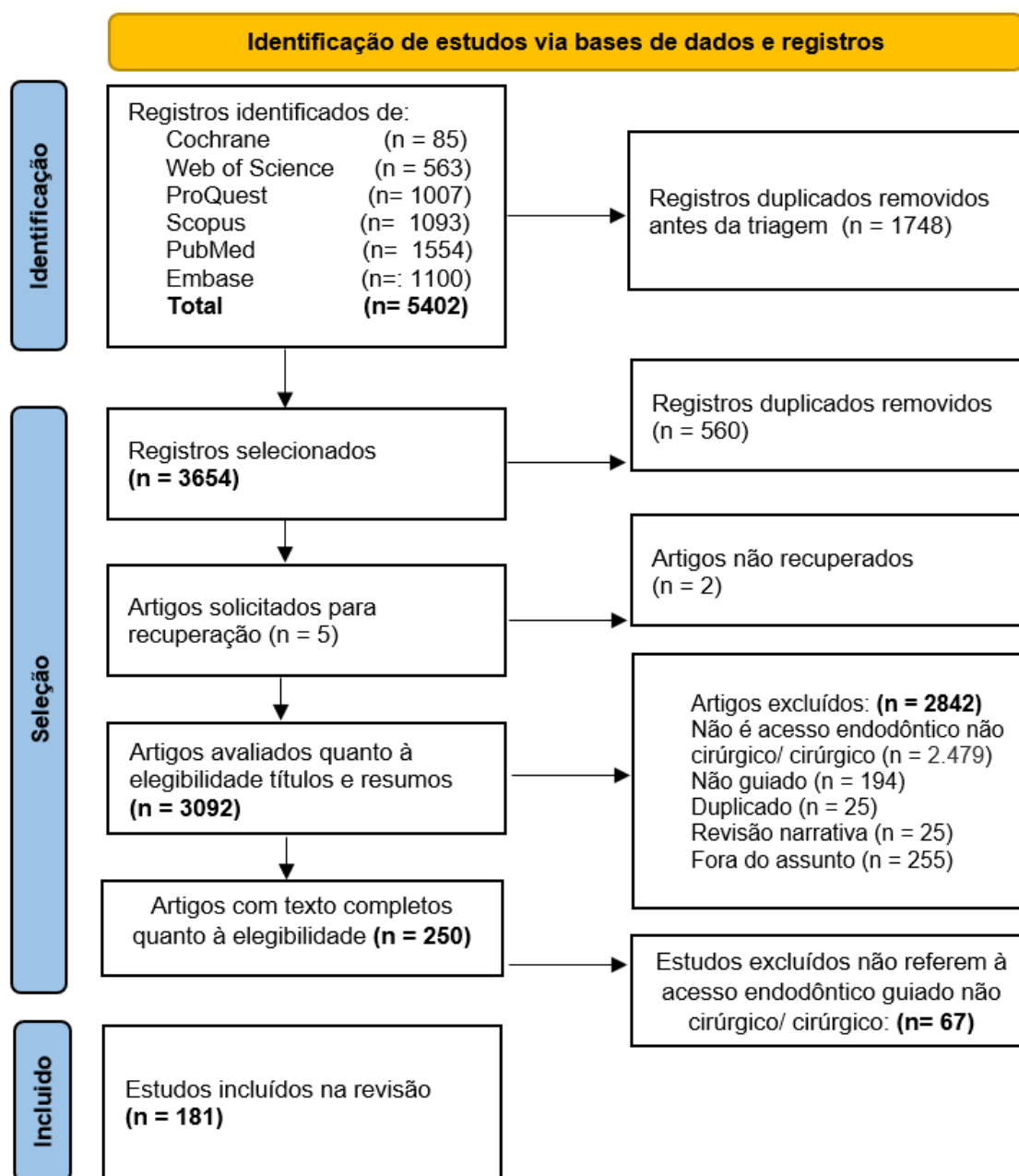


Figura 1 - Fluxograma de seleção dos estudos da Revisão de Escopo 2006-20023. Baseados no PRISMA 2020⁽¹⁰²⁾ para revisões sistemáticas que incluem buscas em bases de artigos, registros e outras fontes.

A busca sistemática recuperou um total de 5402 artigos. Após a eliminação das duplicatas, 3654 artigos foram submetidos à análise de título e resumo. Destes, o texto completo de 250 estudos foi examinado, resultando na exclusão de 67 estudos. As principais razões para a exclusão foram a falta de abordagem substancial das técnicas computacionais para o tratamento endodôntico radical. Foram excluídos estudos que avaliavam as técnicas no preparo de implantes ou cirurgias não relacionadas à Endodontia, bem como estudos que utilizavam técnicas computacionais apenas para o ensino da Endodontia, sem realizar procedimentos cirúrgicos ou não cirúrgicos simultâneos. Além disso, foram excluídos estudos que empregavam técnicas guiadas para a remoção de pinos de fibra de vidro com o propósito de avaliar forças de adesão/coesão dos cimentos por meio de técnicas de *pull out*, *push out* ou tração. Ao final, 181 estudos foram incluídos na presente revisão de escopo.

2.2.6 Mapeamento dos Dados

Para analisar cada estudo, adotamos uma abordagem analítica descritiva, realizando uma análise qualitativa minuciosa dos artigos selecionados. Organizamos os artigos em tabelas do Excel®, dividindo-os em dois tipos: estudos primários e secundários. Criamos duas planilhas para os estudos primários, uma para abordagem cirúrgica e outra para não cirúrgica, além de uma terceira planilha para revisões de literatura. Os estudos sobre Inteligência Artificial (IA), Realidade Virtual (RV), Realidade Aumentada (RA) e Robótica (robô) foram colocados em uma planilha separada, devido à sua variedade em relação aos estudos primários cirúrgicos e não cirúrgicos.

Para os estudos primários, com abordagem não cirúrgica e cirúrgica, as informações coletadas foram:

- I. Características dos estudos: Citação, Língua de publicação, País de origem.
- II. Tipo de estudo (estudos observacional retrospectivo de diagnóstico, estudo experimental, estudo de viabilidade ou validação de método, estudo de caso, série de casos; estudos observacionais analíticos: estudo transversal analítico comparativo; estudos experimentais clínicos randomizados, não randomizados ou quase-randomizados), tipo da amostra (in vivo, in vitro, ex vivo).
- III. Diagnóstico, Objetivo do estudo, possíveis causas ou motivos para o tratamento
 - Diagnóstico: Abscesso Periapical Agudo (APA), Abscesso Periapical Crônico (APC), Periodontite Apical sintomática (PAS), Periodontite Apical Assintomática (PAA).
 - Objetivo do estudo: acessar canais, remover Obliteraões do Canal Pulpar (*pulpal canal obliteration* PCO), acessar canais com calcificação pulpar, acessar canais com remoção de instrumento fraturado, ou Pino de Fibra de Vidro (PFV), realizar cirurgia periapical, osteotomia, apicectomia, curetagem pela técnica guiada.
 - Possíveis causas ou motivo: protético, estético- descoloração dentária, conduto com iatrogenia (desvio, perfuração), presença de mordida profunda ou trauma oclusal, conduto obliterado com Pino de Fibra de Vidro + comprimento do pino (PFV, em mm), canal dilacerado, obliteração do canal pulpar + comprimento da calcificação (PCO, em mm), história de trauma (em anos ou período), histórico de tratamento ortodôntico (trat. orto. período). Avaliação da acurácia e efetividade (na perda de substância, no tipo de acesso minimamente invasivo, na remoção de instrumento partido, sobre o desvio cervical, medial e apical).
- IV. Métodos:
 - Características da amostra: n., idade do paciente, sexo, n.do dente.

- Técnica empregada: Técnica Guiada Estática (TGE), Técnica Guiada Dinâmica (TGD), Técnica convencional ou Manual (TM) ou suas comparações.
- Marca do sistema na TGD ou características da guia na TGE: fechado - aberto, recobrimento total - parcial das arcadas, com ameia, com anilha, com pino de fixação, guia tipo capa, tipo JIG, tipo 2Ingis.
- Tipo de tecnologia utilizada (marca e país de origem): CBCT, IOS *scanner* intraoral, scanner de bancada, software de planejamento de implante/Endodontia, *printer* – impressora.
- Tipo de instrumento de desgaste ou perfuração: broca, trefina, pontas de ultrassom, pontas de piezoelétrico, laser (número, marca, país de origem, comprimento da parte ativa, diâmetro “ \varnothing ” em milímetros (mm)).
- Treinamento prévio (se cita colocar número de espécimens tratados).

V. Resultados:

- Duração da intervenção (em segundos “s” ou minutos “min”).
- Meio de avaliação do sucesso do procedimento (radiografia “RX”, por tomografia de cone Beam “CBCT”).
- Acompanhamento e critério de sucesso: tempo máximo de preservação, presença de dor/sensibilidade alterada, fístula, abscesso, queixas e preferências do paciente. Critérios de sucesso: critério estrito: sem sintomatologia dolorosa e sem lesão periapical e critério flexível: sem sintomatologia dolorosa e com diminuição da lesão periapical, ocorrência de iatrogenias, vantagens, desvantagens.

VI. Conclusões.

As informações coletadas das revisões de literatura cobrem os seguintes aspectos:

- I. Características da revisão: citação, autor, ano de publicação, país de origem e período de publicação dos estudos incluídos, total de estudos incluídos.

- II. Objetivo da revisão.
- III. Métodos: tipo de revisões (sistemática com metanálises, sistemática tipo Overview, sistemática de escopo, narrativa ou bibliográfica de importância histórica). Características da intervenção: técnica empregada (técnica guiada estática, técnica guiada dinâmica ou Inteligência Artificial, Realidade Aumentada ou Robótica).
- IV. Resultado: tempo clínico necessário, análise de precisão, limitações, iatrogenia, tempo de acompanhamento e taxa de sucesso.
- V. Conclusões.

As informações coletadas dos estudos sobre Inteligência Artificial são sobre:

- I. Características dos estudos. Citação, Língua de publicação, País de origem, Tipo de estudo (estudos observacional retrospectivo de diagnóstico, estudo experimental, estudo de desenvolvimento, viabilidade ou validação de método, relato de caso), tipo da amostra (in vivo, in vitro, ex vivo, virtual). Tipo de técnica empregada (Inteligência Artificial (IA), Realidade Virtual (RV), Realidade Aumentada (RA), Robótica (Robô)).
- II. Objetivo do estudo (Localização de condutos, diagnóstico, precisão, viabilidade de dispositivo, acurácia técnica).
- III. Métodos.
 - Aplicação em Endodontia (acesso canal calcificado; acesso obliteração por PFV, apicectomia, identificação dos orifícios, avaliação da morfologia, identificação da presença de tratamento endodôntico).
 - Tipo de modelo (modelo virtual, modelo físico, modelo in.vivo-animais)
 - Tecnologia empregada (tipo de simulador, software, câmera digital tridimensional com visor, *machine-learning*, HoloLens).
 - Modo de uso (análise de CBCT, uso de software, RX).

- Avaliação (questionário sobre escala de realismo, localização dos orifícios, comparação da acurácia e eficácia, precisão média, tempo de procedimento, n. de contratempos, parâmetros do ápice radicular, desvios).
- IV. Resultados: resultado quantitativo ou qualitativo, vantagens, desvantagens.
- V. Conclusão.

Na fase final, reunimos e apresentamos os resultados para fornecer uma visão geral do material analisado. Durante a apresentação dos resultados, criamos resumos narrativos para destacar os principais achados da revisão de maneira clara e acessível, com o objetivo de facilitar a compreensão do conteúdo apresentado. A partir dessas planilhas, criamos quatro tabelas contendo as informações coletadas durante o mapeamento de dados, conforme listado no Quadro 3 e apresentadas a seguir.

Quadro 3 Organização dos estudos escolhidos na revisão de escopo.

Tipos de Estudos		N de artigos
Tabela 1	Estudos com abordagem não cirúrgica	100
Tabela 2	Estudos com abordagem cirúrgica	48
Tabela 3	Revisões de Literatura	17
Tabela 4	Artigos sobre o uso da Inteligência Artificial, Realidade Aumentada, Realidade Virtual e Robótica no tratamento endodôntico	16
Total		181

Fonte: Os autores.

Tabela 1 – Dados descritivos da abordagem não cirúrgica incluídos na revisão de escopo da literatura

CARACTERÍSTICAS DOS ESTUDOS				MÉTODOS			RESULTADOS								
N. Citação	Língua	País	Tipo de estudo	Diagnóstico, objetivo do estudo	Amostra	Técnica guia TGE	Sistema TGD / tipo de tecnologia	Tipo de instrumento de corte	Treinamento prévio	Duração da intervenção	Método de avaliação intraoperatória ou pós operatória	Resultado da avaliação pós operatória (sintomas)	Tempo follow up, critério de sucesso	Limitações	Conclusões
1	inglês	Israel	Relato de caso	PAA, necrose, acesso dens invaginatus	(1) 15 anos, fem., dente 21	TGE	Fechado	3D printer Eden , Straus (Israel)	sim	não cita	Rx	sem dor, persistiu a fistula	1 ano, flexível, RX	não cita	primeiro caso de acesso guiado
2	inglês	Korea	relato de caso	PAS, acesso dente dilacerado, 9 mm	(1) 12 anos, masc., dente 11	TGE	JIG	CBCT. software (OnDemand3D; Cybermed Inc, Seoul, Korea)	sim	não cita	Rx	sem sintomas	7 meses, RX, estrito	não cita	sucesso caso complexo
3	inglês	Alema nha	relato de caso	PAS, acesso dente dilacerado, 6mm	(1) 15 anos, masc., dente 11	TGE	Fechado completo	Scan iTero(USA), software Straumann, (coDiagnostiX™ 18.5mm, Ø 1.5 mm Canada)	não cita	5 min.	não cita	Rx, ausência de lesão periapical, 15 meses	não cita	acesso pela borda incisal	sucesso com a TGE
4	inglês	Inglaterra	Série de casos	PAS, acesso PCO	(3) adultos, 3 dentes anteriores (60) dentes anteriores e posteriores	TGE	Fechado completo, ameiã e anilha	Lava COS IOS (The Netherlands) , 3Ds Max software CBCT - KAVO (The Netherlands) Muncie n. 2 (USA)	nao cita	não cita	não fez	sucesso clínico, sem acopanhamento Rx	não	não	sucesso
5	inglês	Suíça	Estudo experiment al ex vivo	Acurácia do acesso	5 posteriores	TGE	Fechado, parcial, ameiã	CBCT scans, IOS, software 18.5 mm, Ø 1.5 mm cobDiagnostiX™	não se aplica	não se aplica	CBCT	NSA NSA NSA	NSA NSA NSA	não cita	Alta precisão, baixa dif. acesso planejado X preparado

Continuação Tabela 1

CARACTERÍSTICAS DOS ESTUDOS				MÉTODOS				RESULTADOS									
N. Citação	Língua	País	Tipo de estudo	Diagnóstico, objetivo do estudo	Amostra	Técnica guia TGE	Sistema TGD / tipo de instrumento	Tipo de tecnologia de corte	Tipo de instrumento	Treinamento prévio	Duração da intervenção	Método de avaliação intraoperatória ou pós-operatória	Resultado da avaliação pós-operatória (sintomas)	Tempo follow up, critério de sucesso	Limitações	Conclusões	
6	inglês	Espanha	Relato de caso	PAS, necrose, dens evaginatus, apenas 4 mm apicais visíveis	(1) dente 21	TGE	Fechada, amêia e anilha	CBCT White Fox (França), software SIMPLANT® Dentsply Broca Prolet® 6000 (USA)	Broca diamantada, 12mm, ø1.2 mm	não cita	não cita	CBCT	não cita	CBCT sem lesão, 1 ano	não cita	Alta precisão	
7	inglês	Suíça	Estudo experimental ex.vivo	Acurácia do acesso	(60) dentes anteriores ex.vivo	TGD	Fechada, amêia e anilha	CBCT Morita (Japão), IOS (Tero, CA), coDiagnostiX (Canadá), printer Objet Eden 260 USA	Brocas ø 0.85 mm	não cita	10 min	CBCT	NSA	NSA	não cita	Alta precisão, baixa dif. acesso planejado X preparado	
8	inglês	Hong Kong	Estudo experimental	Acurácia de acesso	(6) dentes pré-molar e molar ex.vivo	TGE	Fechada, amêia e anilha	CBCT, software coDiagnostiX, SIMPLANT e Galaxis/Galileos Implant.	Broca	NSA	não cita	CBCT	NSA	NSA	não citou	Baixa divergência entre eixo da ferramenta e do canal radicular	
9	inglês	China	Estudo experimental clínico	Acurácia de acesso	(2) dentes n. 16 ex.vivo	TGE	Guia tipo caps, sem anilhas ou ameias	Geomagic Studio 2012 (USA), software ImageWare 13.0 (USA)	Broca é usada em alta velocidade	NSA	não cita	CBCT	NSA	NSA	NSA	NSA	Fácil operação

Continuação Tabela 1

CARACTERÍSTICAS DOS ESTUDOS			MÉTODOS			RESULTADOS									
N.	Citação	Língua País	Tipo de estudo	Diagnóstico, objetivo do estudo	Amostra	Técnica guia TGE	Sistema TGD / tipo de guia TGE	Tipo de instrumento de corte	Treinamento prévio	Duração da intervenção	Método de avaliação intraoperatória ou pós operatória	Resultado da avaliação pós operatória (sintomas)	Tempo follow up, critério de sucesso	Limitações	Conclusões
10	Conner T et al., 2018	inglês Suíça	Relato de caso	APA, acesso PCO, história de trauma	31 dentes masc. e 41, (2) dentes, 51 anos	TGE anilha	CBCT NewTom, Vgi, NewTom, itália, software Mimics 17.0 (Bélgica).	Microguided Endodontics drill	não cita	10 min	RX	sem sintomas	não citou	latrogenias	dentés posteriores incisivos inferiores, altas temperaturas precisam de broca ras 0,85 mm
11	Lara-Mendes et al., 2018	inglês Brasil	relato de caso	PAS, acesso PCO 11.79 mm, história de trauma 13 anos antes	21 dentes, antes	TGE	Neodent Drill for Desktop Scanner 3Shape Warre ts (Brasil) ø1.3-mm (Belgium)	Neodent	não cita	não cita	RX	sem dor em 2 semanas	sucesso clínico, sem acopanhamento Rx	não cita	não cita eficaz
12	Shi X et al., 2018	inglês China	relato de caso	APC, acesso PCO	16 dentes, (2) dentes, 43 anos e 24 anos	TGE	CBCT 3 matix 9.0, (Belgium), IOS scan CEREC AC, Dento suportada Sirona (Germany), and ET25, orificio software ZBurch, SATELEC, no próprio (USA), 3D printer ACTEON, guia 3510SD (USA)	France	não cita	não cita	RX	Citou rapidez	sucesso, diminuição da lesão, 6 meses	não cita	não cita eficaz
13	Tavares, et al., 2018	inglês Brasil	relato de caso	PAS, acesso PCO	11 dentes, (1-) anos, fern. dentes 27 e 28,	TGE anilha	Completo, amela, Scan modelo de gesso (3Shape R700 Scanner; Denmark)	Broca de implante ø1.3mm (Neodent, Brazil) 20 mm	não cita	citou a duração de poucos minutos	não fez	sem sintomas	não cita	não	TGE pode ser acompanhamento de anteriores.
14	Lara-Mendes et al., 2018	inglês Brasil	relato de caso	PAA, reabsorção, acesso	27 dentes	TGE	CBCT icat (USA)	1,3 mm diâmetro de	não cita	Não cita	não fez	não cita	ausência de sintomas, 1 ano	não cita	NSA Alta eficácia e segurança

Continuação Tabela 1

CARACTERÍSTICAS DOS ESTUDOS			MÉTODOS				RESULTADOS										
N. Citação	Língua	País	Amostra	Técnica	TGE	Sistema TGD / tipo de guia	Tipo de tecnologia	Tipo de instrumento de corte	Treinamento	Duração da intervenção	Método de avaliação intraoperatória ou pós-operatória	Resultado da avaliação pós-operatória (sintomas)	Tempo follow up, critério de sucesso	Limitações	Conclusões		
15	Ali et al., 2019	Índia	relato de caso	Diagnóstico, objetivo do estudo	(2) dentes, 16 anos, fem., PAS, necrose, dens invaginatus, acesso	TGE na guia	CBCT (Carestream 9300; USA), AutoScan-DS200 (China), 3D implant planning software (exocad 45F)	Dento suportada, fechada, orifícios	Asia Ltd., Hong Kong), 3D printer (Mani Inc., Japan), ø1 mm	broca MI-45F	não cita	não cita	não cita	ausência de sintomas e diminuição da lesão RX, 1 ano	remoção frequente da guia invaginatus	sucesso no acesso ao dens invaginatus	
16	Connert T et al., 2019	Alema	Experiment al. Estudo comparativo in vitro	Artificiais	(96) dentes artificiais	TGE X	Inveon CT Scanner Siemens Preclinical Solutions, USA	Su(ça)	não cita	não cita	não fez	não cita	não cita	Não cita	accompanham	não cita	o acesso endodôntico guiado + previsível e rápido
17	Buchgreitz et al., 2019	Dinam	Relato de caso	PAA, acesso PCO	(1) dente, 52 anos, masc., raiz DV dente 16	TGE	Software Gal axis/Galileos Implant; (GEREC, Sirona). CBCT (Orthophos Intracoron XG 3D unit; Germany)	broca de ø 1,2 mm	não cita	não cita	RX	não cita	não cita	sem dor ou sintomatologia RX	sucesso, ausência de sintomas e lesão 2 anos	não cita	guia intracoronário usado com sucesso
18	Tchorz et al., 2019	Alema	Relato de caso	PAA, acesso PCO até 1/3 médio	(1) dente, 42 anos, fem., dente 31	TGE	CBCT- Orthophos SL, Sicat Endo software (Sicat, Germany)	broca de de espiral carbide ø1,2 mm	não cita	10 minutos	RX	não cita	não cita	não cita	sem acompanhamento	não cita	TGE favorece operadores pouco experiente

Continuação Tabela 1

CARACTERÍSTICAS DOS ESTUDOS			MÉTODOS			RESULTADOS			Conclusões					
N. Citação	Língua	País	Diagnóstico, objetivo do estudo	Amostra	Técnica guia TGE	Sistema TGD / tipo de tecnologia	Tipo de instrumento de corte	Treinamento prévio	Duração da intervenção	Método de avaliação intraoperatória ou pós operatória	Resultado da avaliação pós operatória (sintomas)	Tempo follow up, critério de sucesso	iatrogenias	Limitações
19	Tavares WLF, et al, 2020	Inglês	Série de casos, 3	(6) dentes, adultos, dentes 46, 16 canal D, 3 dentes n.16	TGE por canal EUA).	Fechada, Scanner (3 Shape amaia, Trios 3-Color anilha, Intraoral Scanner; comprimento de 20 mm fixação, iCAT; Imaging Sciences International, Neodent Brasil).	Broca nº 1,3 mm e o de 20 mm (Broca Neodent Brasil).	não cita	não cita	RX	sem controle	sem acompanhamento	sem iatrogenia	broca muito grossa TGE eficaz para PCO
20	Hegde et al., 2019	Inglês	relato de caso	(1) dente, 24 anos, masc., história trauma	TGE	Fechada, IOS (CS3500- KODAK, CARESTREAM), orifício broca	broca esférica (LN) round bur (Miani) length: 28 mm . ø: 010)	não cita	todo o acesso com rx 15 min	não cita	não cita	sucesso no acesso, sem acompanhamento	sem iatrogenia	TEG, partes retas dos canais, < os de corte tempo clínico, mais confortável

Continuação Tabela 1

CARACTERÍSTICAS DOS ESTUDOS			MÉTODOS			RESULTADOS								
N. Citação	Língua	País	Diagnóstico, objetivo do estudo	Amostra	Técnica	Sistema TGD / tipo de guia TGE	Tipo de instrumento de corte	Treinamento prévio	Duração da intervenção	Método de avaliação intraoperatória ou pós-operatória	Resultado da avaliação pós-operatória (sintomas)	Tempo follow up, critério de sucesso	Limitações	Conclusões
21	Ali et al., 2019	Índia	Série de casos, 3	(3) dentes. Caso 1, masc, 16 anos, dente 12 e 22. Caso 2, dente 11	TGE	Fechada, amela, anilha	CBCT scan (Carestream 9300), software (Exocad Asia Ltd.), MI 45F AutoScan-DS200 (Mani Inc., Dental, Printer & Japão) com Dental SG resin um Ø broca de 1 mm.	não cita	não cita	RX	não cita	sem acompanhamento	não cita	poderia ter feito trat. mais conservador
22	Torres et al., 2019	Alemanha	relato de caso	PAS, acesso PCO até 1/3 apical	TGE	Fechado, parcial	CBCT: NewTom Vgievo (Italy), scan do modelo Activity 885 (Germany), software Mimics (Belgium), 4 matic de 0,7-1 mm, com software, printer Object Connex 350 (USA)	não cita	não cita	RX	NSA	sucesso, ausência de sintomas e lesão após 6 meses	isolamento absoluto	Eficaz para evitar iatrogenia
23	Buchgreitz et al., 2019.	Alemanha	Série de casos, 50	dentes 21	TGE	Fechado, completa, amela, anilha	escaneamento (Busch, Sirona Alemanha), Sistemas Dentais) Ø 1,2 mm	não cita	não cita	RX	sem dor, melhora em todos os casos	sucesso, diminuição das lesões, 1 ano	NSA	Sucesso do tratamento

Continuação Tabela 1

CARACTERÍSTICAS DOS ESTUDOS			MÉTODOS			RESULTADOS								
N. Citação	Língua País	Tipo de estudo	Diagnóstico, objetivo do estudo	Amostra	Técnica	Sistema TGD / tipo de guia TGE	Tipo de instrumento de corte	Treinamento prévio	Duração da intervenção	Método de avaliação intraoperatória ou pós operatória	Resultado da avaliação pós operatória (síntomas)	Tempo follow up, critério de sucesso	Limitações	Conclusões
24	Maia et al., 2019	relato de caso	PAS, acesso PFV no 1/3 médio	(1) dente 11	TGE	CBCT (i-CAT Classic; KaVo), IOS (TRIOS), Software (Simplant 15.0 Pro, fechada, suporte para amela, anilha, pino de fixação)	Broca d1,3 mm Ø (Broca Neodent para implantes temporários)	não cita	não cita	RX	NSA	sem acompanhamento	não cita	não mostra acompanhamento do caso TG eficaz na remoção de PFV
25	Chong et al., 2019	Estudo experimental ex.vivo	Acurácia do acesso	(26) dentes ex.vivo	TGD	CBCT, sistema Navident/Clarona para a dentina	brocas diamantadas esféricas para esmalte e brocas de aço esféricas para a dentina	não cita	não cita	CBCT	NSA	NSA	NSA	o acesso aos canais de molares obteve aprox. 89,66% dos casos TGD promissora no acesso aos canais molares sucesso em aprox. 89,66% dos casos NSA

Continuação Tabela 1

CARACTERÍSTICAS DOS ESTUDOS				MÉTODOS			RESULTADOS									
N. Citação	Língua	País	Tipo de estudo	Diagnóstico, objetivo do estudo	Amostra	Técnica	Sistema TGD / tipo de guia TGE	Tipo de tecnologia	Tipo de instrumento de corte	Treinamento prévio	Duração da intervenção	Método de avaliação intraoperatória ou pós operatória	Método de avaliação da avaliação pós operatória (sintomas)	Tempo follow up, critério de sucesso	Limitações	Conclusões
					(3) dentes. Caso 1: 47 anos, fem, 65 anos. Caso 2: 45 anos, dente 26 DV. Caso 3: dente 15, histórico de bruxismo, dente 25	TGE	Fechada, parcial, amélias, anilha, pino de fixação	CBCT (I-Cat Classic), IOS TRIOS Color Pod; software (Simplant 15.0 Pro); Para molar broca com ø 1,1 mm (Neodent Brazil), PM broca ø 1,3 mm (Neodent).	não cita	não cita	RX	sem sintomas	sucesso RX completa cicatrização periapical, 1 ano	sucesso	iatrogenias	acesso bem sucedido, A tecnologia acessível iatrogenia
26	Maia et al., 2019	Inglês	Série de Casos	Bruxismo	dente 25	TGE	Fechada, quase completa, amélias, pino de fixação, anilha	CBCT I-Cat Classic, IOS TRIOS Color Pod (3Shape A/S), software Simplant 15.0 Pro®, Bélgica, coDiagnostiX software, 3D printer (Objet Eden, MIN)	Broca ø 1.3 mm (Neodent , Brazil)	não cita	não cita	RX	sem sintomas	sucesso RX completo com cicatrização da lesão na segunda visita	não cita	sucesso na remoção de lima fraturada
27	Maia et al., 2020	Inglês	Relato de caso	hipercimentose	dente 46	TGE	Fechada, quase completa, amélias, pino de fixação, anilha	CBCT I-Cat Classic, IOS TRIOS Color Pod (3Shape A/S), software Simplant 15.0 Pro®, Bélgica, coDiagnostiX software, 3D printer (Objet Eden 260)	Broca ø 1.3 mm (Neodent , Brazil)	não cita	não cita	RX	sem sintomas	sucesso RX completo com cicatrização da lesão na segunda visita	não cita	sucesso na remoção de lima fraturada

Continuação Tabela 1

CARACTERÍSTICAS DOS ESTUDOS			MÉTODOS			RESULTADOS									
N. Citação	Língua	País	Diagnóstico, objetivo do estudo	Amostra	Técnica	Sistema TGD / tipo de guia TGE	Tipo de instrumento de corte	Treinamento prévio	Duração da intervenção	Método de avaliação intraoperatória ou pós-operatória	Resultado da avaliação pós-operatória (sintomas)	Tempo follow up, critério de sucesso	Limitações	Conclusões	
28	Gambarini et al., 2020	inglês	Itália	(20) dentes artificiais	TGD	NSA	CBCT device (OP-Maxio 300, Instrumentarium-KaVo, Biberach, Germany)	11 minutos para todo o procedimento	NSA	Sucesso em todos os dentes, NSA média desvio horizontal 2D e 3D orifício do canal > dentes maxilares (P < 0,05), média desvio angular 3D: 1,7 graus, > em molares que pré-molares (P < não cita	NSA	o risco de iatrogenia se mostrou baixo	angulação	primeiro estudo com TGD usando alta rotação para acesso	
29	Jain et al., 2020	inglês	USA	(84) dentes, 3 arcadas sup e inf artificiais	TGD	NSA	software Navident (ClaroNav), ø 1,0 mm, profundidades 9,5 a 21 mm EGG3; acesso, técnica de "registro de traço", alinhando imagens CBCT ao TrueJaw montado de Jaw Tracker. Marcações ópticas (859 3-D; DrillTag e JawTracker)	57,8 segundos em média	NSA	NSA	NSA	NSA	NSA	NSA	NSA

CARACTERÍSTICAS DOS ESTUDOS			MÉTODOS			RESULTADOS										
N. Citação	Língua	País	Diagnóstico, objetivo do estudo	Amostra	Técnica	TGE	Sistema TGD / tipo de guia	Tipo de tecnologia	Tipo de instrumento de corte	Treinamento prévio	Duração da intervenção	Método de avaliação intraoperatória ou pós operatória	Resultado da avaliação pós operatória (sintomas)	Tempo follow up, critério de sucesso	Limitações	Conclusões
30	Inglês	Brasil	Estudo experimental, ex vivo	(40) dentes, 20 incisivos e 20 mmolares	TGE 5 TGM		Dento mucoso suportada, fechada, parcial, amela, anilha	CBCT; PreXion 3D (Prexion Inc)	broca diamante nº 1011, fresa de ø 1,3 mm, 20 mm de comprimento	não cita	não avaliou	CBCT	NSA	redução média de vol: (10,62%) TM e (10,65%) TGE (P = 0,960), molares: espécimens não cita	latrogenias	TGE preservou mais tecido dentário em molares superiores, sem dif est. sig entre TGE e TM
31	Inglês	França	Relato de Caso	(1) dente, 36 anos, masc., dente 16	TGE		Fechado, dento suportado, parcial, janelas de Sky Bio®, visualização Formlabs®, o, ameia, anilha	CBCT (Promax3D, Finland), scan IOS (Omnicam, Sirona®, USA), software (Blue Sky Bio®), Formlabs® (FFDM-Printer Pneumat®, Somerville, USA França).	broca ø 0,75 mm, comprimento de 22 mm	não cita	não cita	Rx	sem dor	sucesso em relação aos sintomas e cicatrização periapical, radiografia	não citou	Usou broca bem pequena para não causar agressão aos tecidos por calor ou cracks
32	Inglês	Líbano	Relato de caso	(2) dentes 31 e 41	TGE		Fechada, dento suportada, anilha	scan (Trios, 3shape, Copenhagen, Denmark); CBCT (VGI evo, NewTom, Verona, Italy, Implant studio (3shape, Copenhagen, Denmark), anilha)	broca ø 0,75 mm (FFDM France)	não cita	não cita	RX	não cita	não cita	não citou	saliência na dentina criada por uso de dois diâmetros de broca

Continuação Tabela 1

CARACTERÍSTICAS DOS ESTUDOS			MÉTODOS			RESULTADOS							
N.	Citação	Língua País	Diagnóstico, objetivo do estudo	Sistema TGD / tipo de guia TGE	Tipo de tecnologia de corte	Tipo de instrumento de corte	Treinamento prévio	Duração da intervenção	Método de avaliação intraoperatória ou pós operatória	Resultado da avaliação pós operatória (sintomas)	Tempo follow up, critério de sucesso	Limitações	Conclusões
33	Krug et al., 2020	Alema nha	Estudo experimental, in vitro simulado	Técnica guiada TGE	<p>Nível de esforço operador e acurácia 2 aplicativos :</p> <p>CoDiagnostiX (CDX; Dental Wings) modelos impressos 3D, e Sicat Endo (SE; Sicat) modelos fabricados por subtração CAD/CAM.</p> <p>broca cilíndrica diamantada com ponta arredondada (837KR; Inten siv, Switzerland)</p> <p>NSA</p>	<p>tempo de planejamento e de esforço de realização- número de cliques</p> <p>cronómetro</p> <p>NSA</p>	<p>SE teve 100% de sucesso no acesso aos canais TGE e CDX, teve 94% de sucesso</p> <p>não citou</p> <p>não cita</p>	<p>SE teve 100% de sucesso no acesso aos canais TGE e CDX, teve 94% de sucesso</p> <p>não citou</p> <p>não cita</p>	<p>Método de avaliação intraoperatória ou pós operatória</p> <p>Resultado da avaliação pós operatória (sintomas)</p> <p>Tempo follow up, critério de sucesso</p>	<p>sem sintomas</p> <p>3 meses</p> <p>sem sintomas</p> <p>3 meses</p>	<p>limitações</p> <p>incisal</p> <p>sucesso</p>	<p>ambos permitiram um planejamento rápido do caminho da broca</p> <p>Apesar de cara e demorada, a técnica guiada estática justifica-se pela precisão</p>	
34	Doranaia et al., 2020	Ingles Índia	Relato de caso cervical	TGE	<p>Fechado e parcial, dente muco suportado , ameia USA).</p> <p>CBCT scan (HDx- WILL Korea), 3D printer (Formlabs, USA).</p> <p>não cita</p>	<p>(1) dente, 51 anos, masc., dente 11</p> <p>TGE</p> <p>não cita</p>	<p>PAS, acesso PCO 1/3 cervical</p> <p>não cita</p>	<p>rompimento da borda</p> <p>sucesso, 3 meses</p> <p>incisal</p> <p>sucesso</p>	<p>Rx feita apenas depois de 3 meses, não se pode concluir pelo sucesso</p> <p>Apesar de cara e demorada, a técnica guiada estática justifica-se pela precisão</p>	<p>Rx feita apenas depois de 3 meses, não se pode concluir pelo sucesso</p> <p>Apesar de cara e demorada, a técnica guiada estática justifica-se pela precisão</p>	<p>limitações</p> <p>incisal</p> <p>sucesso</p>	<p>ambos permitiram um planejamento rápido do caminho da broca</p> <p>Apesar de cara e demorada, a técnica guiada estática justifica-se pela precisão</p>	

Continuação Tabela 1

CARACTERÍSTICAS DOS ESTUDOS			MÉTODOS				RESULTADOS								
N.	Citação	Língua País	Diagnóstico, objetivo do estudo	Amostra	Técnica	Sistema TGD / tipo de guia TGE	Tipo de tecnologia	Tipo de instrumento de corte	Treinamento prévio	Duração da intervenção	Método de avaliação intraoperatória ou pós operatória	Resultado da avaliação pós operatória (sintomas)	Tempo follow up, critério de sucesso	Limitações	Conclusões
35	Gambarini et al., 2020	Inglês Itália	Estudo experimental, al, in vitro	(40) dentes artificiais	TGD	TGD	CBCT 300; Navident DNS (Canada)	CBCT OP-Maxio com 0.33 mm e 1 mm.	não cita	não cita	CBCT	NSA	NSA	não cita	TGD com ótima precisão e pouco erro
36	Bordone & Couvrechel, 2020	Inglês Itália	Motivo estético, acesso PCO, histórico trauma 8-15 anos	(4) dentes adultos, 50, 46 anos, fem. e masc.; dentes 43, 11, 33 e 13	TGE	2InGIS	CBCT Vgi, Evo NewTom, lueSky Plan software (BlueSkyBio; USA), SMOP software (Swissmeda; Switzerland), Formlabs 2 printer (Formlabs Inc; USA)	broca cilíndrica de pequeno ø (0,75 mm) FFDMM (Pneumat Tivoly), baixa rotação 20,000 RPM	não cita	não cita	Rx	não cita	não cita	não cita	sucesso do procedimento, não cita

redonda 1/4 (SSWhite, USA), broca endodôntica micro de precisão (EndoGuide EG1a, SSWWhite) com 0.33 mm e 1 mm.

Resultados: TGD com ótima precisão e pouco erro

Limitações: não cita

Conclusões: TGD com ótima precisão e pouco erro

Resultados: sucesso do procedimento, não cita

Limitações: não cita

Conclusões: sucesso do procedimento, não cita

Limitações: não cita

Continuação Tabela 1

CARACTERÍSTICAS DOS ESTUDOS			MÉTODOS				RESULTADOS							
N.	Citação	Língua País	Diagnóstico, objetivo do estudo	Tipo de estudo	Sistema TGD / tipo de guia TGE	Tipo de tecnologia	Tipo de instrumento de corte	Treinamento prévio	Duração da intervenção	Método de avaliação intraoperatória ou pós operatória	Resultado da avaliação pós operatória (sintomas)	Tempo follow up, critério de sucesso	Limitações	Conclusões
37	Silva et al., 2020	Inglês Brasil	Motivo protético, PCO e PFV	Relato de caso	(1) dente, 53 anos, fem., dente 22, PCO no terço médio, PFV sem trat.	TGE	CBCT; scanner (3Shape R700 Scanner, Denmark), Fechado, SimPlant suportada software (Version 11; Belgium)	broca com 1.3mm ø e 20 mm (Neodent Drill for Tempimplants, Brasil)	não cita	Rx	não cita	não cita	sem acompanhamento	construção de pino moldado após criação de espaço pela técnica guiada
38	Tavares et al., 2020	Inglês Brasil	PAS, acesso PCO	Relato de caso	(1) dente, 35 anos, fem., dente 23	TGE	CBCT Icat (Imaging Sciences International, USA), laser de baixa intensidade cobrindo a maxila (Therapy XT® DMC, Brazil)	broca de implante	não cita	Rx	sem sintomas	sucesso em relação aos sintomas e cicatrização periapical, CBCT, 1 ano	não cita	uso concomitante da terapia fotodinâmica PDT

CARACTERÍSTICAS DOS ESTUDOS			MÉTODOS			RESULTADOS										
N. Citação	Língua	País	Tipo de estudo	Diagnóstico, objetivo do estudo	Amostra	Sistema TGD / tipo de guia TGE	Tipo de tecnologia	Tipo de instrumento de corte	Treinamento prévio	Duração da intervenção	Método de avaliação intraoperatória ou pós-operatória	Método de avaliação pós-operatória (sintomas)	Resultado	Limitações	Conclusões	
Zubizarreta-Macho et al., 2020	Espanh	Espanha	Estudo experimental													
39	inglês		Estudo experimental, in vitro	Acurácia de acesso	10) X TGD (n.10) X TM (n.10) X ClaroNa ade 11 v) X TM mm	Fechada, amélias, TGE X anilhas, TGD (acesso Naviden incisal, t, profundid nha), printer STL Komet Medical, (Projec® 6000, USA)	CBCT scan (WhiteFox), IOS 3D (EVO, Espanha), software 3D (NemoScan®, Espã de 11mm (parte ativa e o de 14 mm comprimento de 14 mm	broca diamantada com 1.2 mm Ø,	não cita	não cita	CBCT	NSA	TGE e TGD mais eficaz que TM; sem dif. sig. entre TGE e TGD em vários níveis.	NSA		
Torres et al., 2021	inglês	Bélgica	Relato de caso	bipartição da raiz	(1) dente, 45 anos, fem., dente 14	TGE (ZINGIS)	3D guide (ZINGIS)	broca n 2 Muncie Discovery (CJM) Engineering, Santa Barbara, CA), diâmetro 1 mm.	não cita	não cita	Rx	sem dor	sucesso do procedimento, clínico e Rx, 1 ano inteiro.	NSA	TEG é limitada para raízes retas	Uso de guia 3D (ZINGIS)
Ali & Arslan, 2021	inglês	Índia	Estudo experimental	força de fratura pré dent.	molares	TGE	IOS (D710 scanner, 3Shape), CBCT (GE Healthcare, USA); software (SIMPLANT); 3D printer (ProJet 6000)	broca de pescoco longo em alta velocidade, Ø 1.6 mm (Mani, Japan)	não cita	não cita	Rx	NSA	Nível alto de sucesso que TGE	NSA	TM teve > erro e desgaste dentário	TGE mais rápida

Continuação Tabela 1

CARACTERÍSTICAS DOS ESTUDOS			MÉTODOS				RESULTADOS									
N. Citação	Língua	País	Diagnóstico, objetivo do estudo	Amostra	Técnica	Sistema TGD / tipo de guia TGE	Tipo de tecnologia	Tipo de instrumento de corte	Treinamento prévio	Duração da intervenção	Método de avaliação intraoperatória ou pós-operatória	Resultado da avaliação pós-operatória (sintomas)	Tempo follow up, critério de sucesso	Limitações	Conclusões	
42	Su et al., 2021	inglês	Taiwan	(84) dentes anteriores (grupo AT), pré-molares (grupo P) e molares (grupo M)	TGE	Fechado, completo, amelia, anilha	CBCT NewTom VGI (Itália) , IOS (3Shape TRIOS, Dinamarca), Broca (Munce Discovery Designer (completo, Taiwan); 3D printer Form 2(USA)	0,5 mm	não cita	não cita	desvios médios < em AT e P	NSA	100% de acessos, NSA	não cita	pior acurácia com molares	preparação acesso com guias endodônticos 3D aceitável.
43	Kaur, Venkatesh, & Sihvahanan, 2021	inglês	India	(1) dente, 28 anos, masc., dente 22	TGE	Parcial, dento- suportada	3Shape (D900 Kanal, Denmark)	o 28 mm (LN Bur, Dentsply/ Maillefer)	não cita	não cita	RX	não	Sucesso	não cita	NSA	ferramenta valiosa na localização de canais complexos
44	Gonçalves et al., 2021	inglês	Brasil	(2) dentes. Caso 1: 40 anos, fem., dente 23. Caso 2: 83 anos, masc., dente 46	TGE	Fechado, completa, amelia	Trios 3 Basic IOS (3Shape, Dinamarca); CBTC (Instrumentarium OP 300; Kavo, Brasil), software (ref. 103.079; Neodent, Planning, Taiwan) Brasil)	Broca ø 1.3 mm e 20-25 mm de comprimento	foi realizado treinamento prévio	não cita	Rx	dor diminuiu, menor lesão Rx	Sucesso. Lesão periapical em regressão, 1 ano	não citou	sem pinos de fixação dupla inclinação ou anilhas da raiz	duas guias respeitando-se a dupla inclinação da raiz

CARACTERÍSTICAS DOS ESTUDOS			MÉTODOS				RESULTADOS									
N. Citação	Língua	País	Diagnóstico, objetivo do estudo	Amostra	Técnica	Tipo de TGE	Sistema TGD / tipo de guia	Tipo de tecnologia	Tipo de instrumento de corte	Treinamento prévio	Duração da intervenção	Método de avaliação intraoperatória ou pós-operatória	Resultado da avaliação pós-operatória (sintomas)	Tempo follow up, critério de sucesso	Limitações	Conclusões
45	inglês	França	Estudo experimental PCO	(100) dentes ex vivo	TGE	Fechado, completa, amêia, anilha	scan (Trios; 3shape; Copenhagen)	X-Clip, X-Nav Technologies, LLC), 3 marcadores radiopacos, CBCT arco completo com clipe, segurando o quadro de referência dinâmico (DRF) da mandíbula durante acesso.	broca #1 Muncie bur (CIM Engineering Inc, Ojai, CA) dentes	não cita	não cita	TCFC	Não cita	5 dentes foram perfurados	NSA	seguro e eficiente para acessar canal através de PFV
46	inglês	EUA	Relato de caso	(1) dente, 63 anos, masc., dente 16 a raiz DV vestibular	TGD, X-Guide, Technol ogies, LLC, Lansdal e, PA)	TGD	broca #1 Muncie bur (CIM Engineering Inc, Ojai, CA) dentes	broca e 0,75 mm, comprimento de 22 mm)	broca #1 Muncie bur (CIM Engineering Inc, Ojai, CA) dentes	não cita	não cita	Rx	sem sintomas	cicatrização periapical RX 6 meses não citou	É difícil olhar para o visor do sistema durante o procedimento. É difícil planejar o caminho.	TGE vantagem de impedir que o operador se desvie do caminho planejado
47	inglês	México	Relato de caso	(1) dente, 30 anos, masc., dente 22	TGD	Naviden t; ClaroNa v, Toronto, Canadá)	CBCT para planejar caminho na coroa de zircônia e no PFV, registro para mapear a mandíbula no CBCT.	broca diamantada Great White Z GWZ 801-014 para zircônia e no PFV, White, NJ), ultrassom ED 7 (NSK, Japão).	sem sintomas, lesão em remissão 18 meses	não citou	Rx	não citou	sem sintomas, lesão em remissão 18 meses	necessita de treinamento prévio	não cita	TGD permitiu a remoção minimamente invasiva do PFV

Continuação Tabela 1

CARACTERÍSTICAS DOS ESTUDOS			MÉTODOS			RESULTADOS										
N.	Citação	Língua País	Diagnóstico, objetivo do estudo	Amostra	Técnica guia TGE	Sistema TGD / tipo de TGE	Tipo de tecnologia	Tipo de instrumento de corte	Treinamento prévio	Duração da intervenção	Método de avaliação intraoperatória ou pós operatória	Método de avaliação da avaliação pós operatória (sintomas)	Tempo follow up, critério de sucesso	latrogenias	Limitações	Conclusões
48	Leontiev et al., 2021	inglês Suíça	Experiment	(100) dentes anteriores e pré-molares montados em 5 modelos S/P	3 Tesla IMAGIN ETOM Prisma MRI	TGE ●	IOS (TRIOS 3; 3Shape A/S), software de planejamento (coDiagnostiX; Dental Wings Inc), Atec Dental CBCT (Accuitomo GmbH, I70; Morita)	broca carbide (broca Endoseal; Dental Wings Inc), Atec Dental CBCT (Accuitomo GmbH, Alemanha)	não citou	não citou	CBCT MRI	NSA	Resultado da avaliação pós operatória (sintomas)	sucesso	varreduras de arco completo - MRI evita a radiação ionizante que associada à imagem de CBCT	
49	Yan et al., 2021	inglês China	PAA, acesso guiado inlay, PCO, perfuração no assoalho pulpar	(1) dente, 63 anos, masc., dente 27	TGE TGE	TGE tipo inlay	CBCT (New Tom), 3D scanner (3Shape D750 Optical Scanner), software (Geomagic Studio 10), OpenCV, software (3-Matic 21-mm C-11.0), 3D printer pilot file (Micro Plus Advantage) 0.6 mm ø		não citou	não citou	Rx	sem sintomas, controle por 2 anos sem rarefações ósseas apicais	sucesso	placa guia inlay projetada para aproveitar a cavidade na coroa dentária	não cita	

Continuação Tabela 1

CARACTERÍSTICAS DOS ESTUDOS			MÉTODOS			RESULTADOS									
N. Citação	Língua	País	Diagnóstico, objetivo do estudo	Amostra	Técnica guia TGE	Sistema TGD / tipo de tecnologia	Tipo de instrumento de corte	Treinamento prévio	Duração da intervenção	Método de avaliação intraoperatória ou pós-operatória	Resultado da avaliação pós-operatória (sintomas)	Tempo follow up, critério de sucesso	Limitações	Conclusões	
50	inglês	USA	Estudo experimental acesso a PCO, dois grupos : 9-13 mm	60 dentes ex.vivo	TGD X TM, experiência [X-Nav] entre operados Lansdale, LLC, PA).	X-Nav software	Broca de diamante e #1 (0,8 mm) Muncie (CIM Engineering Inc, Ojai, CA)	não cita	média TGD: 227 ± 97 s média TM: 405 ± 246 s	NSA	sucesso	NSA	variações linear e angular, espessura reduzida da dentina, tempo acesso e N. incidentes TGD < que TM (P ≤ 0,05)	NSA sucesso maior na TM latrogenia na TM não cita	TGD melhor que TM, endodontista na TM + rápido que TGD
51	Jain et al., 2020	Inglaterra	Estudo experimental acesso a canal PCO	(40) dentes artificiais	TGD X TM	TGD X TM	broca redonda cirúrgica #2 (Coltene, Suíça), broca 859 FGSL (Komet USA, Rock Hill, SC)	não citou	TGD mais rápida no acesso que TM	TGD < perda de substância que na localização de canais calcificados (75% vs. 45%, P > 0,05)	sucesso maior na TGD, NSA	NSA	mais erro na TM que na TGD não cita	TGD foi melhor que TM	

Continuação Tabela 1

CARACTERÍSTICAS DOS ESTUDOS			MÉTODOS			RESULTADOS								
N. Citação	Língua	País	Amostra	Técnica	Sistema TGD / tipo de guia TGE	Tipo de tecnologia	Tipo de instrumento de corte	Treinamento prévio	Duração da intervenção	Método de avaliação intraoperatória ou pós operatória	Tempo follow up, critério de sucesso (sintomas)	Limitações	Conclusões	
52	Casadei et al., 2020	Inglês	Brasil	Relato de caso	Diagnóstico, objetivo do estudo	(1) dente, 37 anos, fem.	TGE	Fechado, (Trios 3 COLOR), completo, software (Neodent Implant (Technologielaan, Drill for Bélgica), ST-CBCT (Soft Tissue CBCT ts Brazil).	broca espiral (Neodent)	CBCT (ICAT), IOS (Trios 3 COLOR),	sem sintomatologia e com cicatrização do defeito ósseo	1 ano	não houve, foi resolvido	TGE eficaz para tratamentos com iatrogenia e perda da linha do canal
53	Zhang et al., 2020	Inglês	China	Relato de caso	Diagnóstico, objetivo do estudo	(2) dentes, 25 anos, histórico de trauma há 10 anos e histórico trat ortodôntico	TGE	guia em alloy impressa por CBCT fundido a laser	broca	CBCT (scanner NewTom VG), Software 3D NNT (5.3), Mimics 19.0, software 3shape (H254LE.314. Dental System 012, Komet, 2019, printer 3D Alemanha), impressa cobalto-cromo com 31 mm, parte ativa 6 mm e 1,60 mm.	sucesso no acesso aos canais	não cita	iatrogenia	impresão ligacabalto-cromo SLM pode reduzir risco de separação
54	Comnert et al., 2021	inglês	Suíça	Estudo experimental	Diagnóstico, objetivo do estudo	(72) dentes artificiais no acesso TGD X TM acesso	TGD X TM e Y, experiência do ent AG, operado sistma r	DENATRA IOS (TRIOS 3; 3Shape Mininavid A/S, Dinamarca), CBCT (Accuitomo (Intensiv SA, Montagnola, Suíça)	broca de diamante 1,0 mm	tempo de procedimento o semelhante de (média = 195 vs 193 s)	menor perda de substância com TGD do que com TM	NSA	iatrogenia	TGD método eficiente e conservador, tempo semelhante a TM

Continuação Tabela 1

CARACTERÍSTICAS DOS ESTUDOS			MÉTODOS			RESULTADOS									
N. Citação	Língua	País	Diagnóstico, objetivo do estudo	Amostra	Técnica	Sistema TGD / tipo de guia	Tipo de tecnologia	Tipo de instrumento de corte	Treinamento prévio	Duração da intervenção	Método de avaliação intraoperatória ou pós-operatória	Método de avaliação pós-operatória (sintomas)	Tempo follow up, critério de sucesso	Limitações	Conclusões
Freire et al., 2021	inglês	Brasil	Relato de caso	(1) dente, 23 anos, coronário e fem, cervical 10mm	TGE	guia fechado, (3Shape Trios, Dinamarca), anterior software (Neodent, Ref: 103179; Anne Solutions, Brasil), 1,3	CBCT (Prexion3D Elite; USA), IOS	broca	não cita	não cita	Rx	após 2 meses dor elativa a gía, estravasam completa de cicatrização sem cimento	acompanha do por 2 anos, sem sintomatolo	iatrogenia	necessidade de customização de brocas e kits dedicados endodontia
Torres et al., 2021	inglês	Bélgica	Estudo experimental	desvios acesso dentes artificiais	TGD, experiência	Navident operado system res (ClaroNav)	15.0 (Materialise, Belgium), scan Trios 3 shape, (ClaroNav) Denmark	CBCT scan (NewTom, Italy), 3-Matic Medical software (Komet Brasseler, Germany) e Muncie 2 (CIM Engineering)	treinamento dentes	não cita	CBCT	NSA	NSA	baixo índice de erro	curva de sucesso 93% sem aprendizagem dif. entre o TGD experiência de operador
Todd et al., 2021	inglês	EUA	Relato de caso	trauma há 1 ano	TGE	acesso, PCO	impressora 3D baseada em extrusão (FDM), impressora 3D baseada em fotopolimerização só cita broca (SLA) e o processo em baixa rotação	impressora 3D baseada em extrusão (FDM), impressora 3D baseada em fotopolimerização só cita broca (SLA) e o processo em baixa rotação	não cita	não cita	RX	assintomático	24 horas	iatrogenia	sem sucesso a casos complexos

Continuação Tabela 1

CARACTERÍSTICAS DOS ESTUDOS			MÉTODOS			RESULTADOS								
N. Citação	Lingua	País	Diagnóstico, objetivo do estudo	Amostra	Técnica	Sistema TGD / tipo de guia TGE	Tipo de instrumento de corte	Treinamento prévio	Duração da intervenção	Método de avaliação intraoperatória ou pós operatória	Resultado da avaliação pós operatória (sintomas)	Tempo follow up, critério de sucesso	Limitações	Conclusões
Pujol et al., 2021	Espanh a	inglês	Diagnóstico, objetivo do estudo	7 dentes	TGE	scan (Trios3; 3Shape, Denmark), Fechada, compAAATA Newton SGM; , orifício Italy) software no acrílico BlueskyPlan	broca de 5 mm de ø, 21 mm	não cita	não cita	RX	assintomático	1 ano	ajustes na parte interna de 2 guias da broca	Técnica eficaz
Simon et al., 2021	EUA	inglês	Diagnóstico, objetivo do estudo	7 dentes	TGD	Computerc controlled, 9.3-mm CO2 laser	system A Diamond J5-V CO2 laser	não cita	não cita	vol. tecido duro removido: (T) 39,41 mm³, (C) 9,76 mm³, (U) 7,1 mm³, ponte (B) 11,53 mm³ e TGE par ao orifício (O) 16,86 mm³.	NSA	NSA	sem iatrogenia restrita	sistema de ablação a laser Lasers modernos eficazes cortar tecidos duros, lasers CO2 pulsados + lentos
Shabaan et al., 2021	Egito	inglês	Diagnóstico, objetivo do estudo	16 dentes, Case 1:23 anos, fem., Case 2: 43 anos,mas c., dente	TGE	Fechado, parcial, ameia bem moldagem por curta, acesso palatal	scan por moldagem por curta, software DDS (Satelec, France)	não cita	não cita	RX	não cita	1 ano para ambos	sem iatrogenia	desgaste estrutura radicular < que TM; precisa maior espaço interoclusa resolvida com a TGE

Continuação Tabela 1

CARACTERÍSTICAS DOS ESTUDOS			MÉTODOS			RESULTADOS										
N. Citação	Língua	País	Tipo de estudo	Diagnóstico, objetivo do estudo	Amostra	Técnica guia TGE	Sistema TGD / tipo de guia TGE	Tipo de instrumento de corte	Treinamento prévio	Duração da intervenção	Método de avaliação intraoperatória ou pós operatória	Método de avaliação da avaliação pós operatória (sintomas)	Resultado da avaliação pós operatória (sintomas)	Tempo follow up, critério de sucesso	Limitações	Conclusões
61	alemã	Alemanha	Estudo experimental	Acurácia da remoção de dentes artificiais	(30) dentes artificiais	TGE	Fechado, amelia, anilha	scanner de laboratório (Kometdent al, Gebr.Brassel Copenhagen, Dinamarca)	não cita	não cita	RX	NSA	Sucesso no tratamento	com iatrogenia	não cita coronais apicais globais, deflexão angular, TGD se mostrou eficaz e com alta vol TGD < em apenas 20 dentes)	TGE eficaz, porém alto custo
62	inglês	USA	Estudo experimental	Acurácia de acesso a canal superior com PFV X TM	(26) dentes anteriores superiores ex.vivo	TGD X TM e guia microscopia X-Nav	Sistema X-Carestream, USA) #1 (0,9 mm), #2 (1,1 mm), #3 (1,5 mm), X-guide software mm), perfunção 12-13 mm. Nav	Broca Muncie (CIM Engineering Inc) #1 (0,9 mm), #2 (1,1 mm), #3 (1,5 mm), X-guide software mm), perfunção 12-13 mm. Nav	operador treinou em 20 casos pré-clínicos	TGD + rápida no acesso que a aTM	TGD < perda volumétrica, desvios coronais	NSA	maior sucesso na TGD	sem erros nos dois grupos	PFV, perda coronais vol TGD < em apenas 20 dentes)	TGD se mostrou eficaz e com alta vol TGD < em apenas 20 dentes)
63	inglês	Brasil	Relato de Caso	(1) dente, 44 anos, lateral	fem.	TGE	Fechado, parcial, com algumas janelas de visualização	scan de moldagem 3Shape Trios Intraoral Scanner (Helse Ultrasonic, Brasil), anilha Ø 1,5 mm (CoDiagnostiX, Dental Wings Canadá)	não cita	não cita	Rx	não cita	6 meses	iatrogenia estreitas	ferramentas e brocas adaptadas de iatrogenia tratada por TGE, MTA, implantes restrições acesso guiado através da resina e calcificação	Perfuração prévia, acesso guiado através da resina e calcificação

Continuação Tabela 1

CARACTERÍSTICAS DOS ESTUDOS				MÉTODOS				RESULTADOS												
N. Citação	Língua	País	Tipo de estudo	Diagnóstico, objetivo do estudo	Amostra	Técnica	Sistema TGD / tipo de guia TGE	Tipo de tecnologia	Tipo de instrumento de corte	Treinamento prévio	Duração da intervenção	Método de avaliação intraoperatória ou pós-operatória	Resultado da avaliação pós-operatória (sintomas)	Tempo follow up, critério de sucesso	Limitações	Conclusões				
64	Braga Diniz et al., 2022	inglês	Brasil	Série de casos	a canal cervical acesso desvio 1/3 dentária, PCO, descoloração ano, PAS, PCO, desvio 1/3	TGE	Fechado	Pro; Bélgica	Objet Eden 260V	não cita	não cita	Rx	3 casos em 15 dias	1 ano, assintomáticos e sem lesão	iatrogenia	não cita	O tratamento PCO, com desvios ou perfuração pode ser mais eficaz com TG			
																		Amostra	Amostra	Amostra
																		Amostra	Amostra	Amostra
65	Ali et al., 2022	inglês	Índia	Série de casos	imatura, dentes 12, 11, 21, 11	TGE	Parcial, amela, anilha	resin (Formlabs Inc., USA)	3D Printer o de 19,2 mm.	não cita	não cita	Rx	assintomáticos	1 ano	em todos os casos	colocação de amélias.				
																	Amostra	Amostra	Amostra	

Continuação Tabela 1

CARACTERÍSTICAS DOS ESTUDOS			MÉTODOS			RESULTADOS			Conclusões					
N. Citação	Língua	País	Diagnóstico, objetivo do estudo	Amostra	Técnica	Sistema TGD / tipo de guia TGE	Tipo de instrumento de corte	Treinamento prévio		Duração da intervenção	Método de avaliação intraoperatória ou pós-operatória	Resultado da avaliação pós-operatória (sintomas) sucesso	Tempo follow up, critério de sucesso	Limitações
66	Leontiev et al., 2022	inglês	Estudo experimental	72 dentes artificiais	TGD X	IOS (TRIOS 3; 3Shape A1/5), CBCT (Accuitomo 170; Morita), DENATRAY, Mininavident AG, impressora (Objet Eden 260 V, Material: MED610; USA), software (Intensiv SA, Suíça)	ponta diamantada cilíndrica Ø1,0 mm	diferentes níveis de experiência	sem dif. entre TGD e TM (195s vs 193 s., P > 0,05)	sem dif. entre TGD e experiente	TGD removeu < estrutura dent. que TM, operador experiente removeu < que inexperiente	NSA NSA	NSA	latrogenias não cita
67	Villa-Machado et al., 2022	inglês	Relato de Casos	PAS, necrose, discoloração, trauma há 9-10 anos, PCO 1/3 cervical e médio, dilaceração palatina e ramificação do canal	TGD	sistema C-ADN (Navident, ClaroNav, software de planeamento Navident®)	sistema C- ProMax 3D Classic (Planmeca®, Finlândia), software Romexis (Planmeca®), software de planeamento Navident®	não cita	não cita	não cita	CBCT	assintomáticos, resolução dos defeitos ósseos	1 ano	sem latrogenia
										operador experiente trepanou 2 canais	aparelho miniaturizado, maior conforto para operador e paciente	TGD: planeamento rápido, sem IOS, alterações durante tratamento o	TGD: custo do equipamento, experiência do operador	

Continuação Tabela 1

CARACTERÍSTICAS DOS ESTUDOS			MÉTODOS			RESULTADOS												
N. Citação	Língua	País	Diagnóstico, objetivo do estudo	Amostra	Técnica	Sistema TGD / tipo de guia TGE	Tipo de tecnologia	Tipo de instrumento de corte	Treinamento prévio	Duração da intervenção	Método de avaliação intraoperatória ou pós-operatória	Resultado da avaliação pós-operatória (sintomas)	Tempo follow up, critério de sucesso	Limitações	Conclusões			
68	2022	inglês	Irã	Relato de caso	PAA, necrose, acesso PCO	41, 42, masc., dente 32, dente 32, anos, (3) dentes, 58 anos,	TGE	Fechado, ameia, anilha	Phrozen Technology	4K 3D Printer; Phrozen Technology	Barbara, CA, USA	não cita	não cita	RX	asintomático, 6 meses	sem latrogenia	sem limitações	minimiza a ocorrência de iatrogenia
69	2020	inglês	Brasil	Relato de caso	Motivo protético, acesso a PCO (7,55 mm (MV) e 7,67 mm (ML)	58 anos, fem., dente 46	TGE	2 guias abertos, ameia, dento mucoso suportado, anilha, pinos de fixação	CBCT (ProMax 3D MAX; Finland), IOS Trios 3 Shape (USA), software program (Dental System v2017), 3D printer (Sonic 4K 3D Printer; Phrozen Technology)	1 Muncie Discovery bur (CJM Engineering, Santa Barbara, CA, USA)	não cita	10 min.	RX	paciente não relatou dor, aquecimento ou desconforto TGE, sem confiança	ameias em treinamento prévio não permitiu acesso em região de pouca abertura bucal			

Continuação Tabela 1

CARACTERÍSTICAS DOS ESTUDOS			MÉTODOS			RESULTADOS							
N. Citação	Língua País	Tipo de estudo	Diagnóstico, objetivo do estudo	Amostra	Técnica guia TGE	Sistema TGD / tipo de tecnologia	Tipo de instrumento de corte	Trainingo prévio	Duração da intervenção	Método de avaliação intraoperatória ou pós operatória	Tempo follow up, critério de sucesso (síntomas)	Limitações	Concluidões
70	Maia et al., 2022	inglês Brasil	Relato de caso	(1) dente, 38 anos, fem., retratamento dente 21 (15 anos), PF de carbono 15 mm na raiz, há 15 anos, possível perfuração da raiz, lesão com PFV	TGE curta	CBCT scan (I-Cat Classic; Imaging Sciences International), IOS (TRIOS Color Pod), software (SimPlant Pro 15) Smart IQ; software (coDiagnostiX; Dental Wings), impressora (Objet Ncm to 15 Edlen260V).	broca de 1.3- mm drill (Neodent Drill for Temp implants; Neodent), motor (X-Smart IQ; Dentsply) 350 rpm, torque 5	não cita	não cita	Rx	18 meses de controle, com cicatrização de tecidos periapicais	abordagem não exige treinamento especializado o	segurança do paciente, < estresse profissional, < tempo de tratamento prévia do pino e da coroa
71	Orozco et al., 2022	inglês Brasil	Relato de caso	(1) dente, 52 anos, lesão periapical	TGE 11	CBCT (SimPlant versão 11;Belgica), scan (CS 3600, Carestream), software suportado (SimPlant Version)	broca 1.3- mm (Neodent SA, Brazil)	não cita	não cita	RX	12 meses, completa cicatrização óssea, assintomático	não cita	sucesso TGE, removeu pino e coroa antes de realizar o procedimento guiado

CARACTERÍSTICAS DOS ESTUDOS			MÉTODOS				RESULTADOS									
N. Citação	Lingua	País	Tipo de estudo	Diagnóstico, objetivo do estudo	Amostra	Técnica guia TGE	Sistema TGD / tipo de TGE	Tipo de tecnologia	Instrumento de corte	Treinamento prévio	Duração da intervenção	Método de avaliação intraoperatória ou pós-operatória	Método de avaliação pós-operatória (sintomas)	Tempo follow up, critério de sucesso	Limitações	Conclusões
74	Wu et al., 2022	inglês	China	Relato de casos	PAA, PCO, descoloração, Caso 1: 43 anos, atrição severa, mordida masculina, profunda, dentado 11. Caso 2: 62 anos, perfuração cervical, lesão anos, periapical: 12,1x7,2x11,1 mm	31, 41 e 42	TGD China), (DCARER, software DNS (DCARER, China), o software DNS (DCARER, NNT Viewer 12 mm de comprimento)	o não cita	broca de implante (1,5 mm ø e 1,4 mm, øe 1,4 mm, øe 1,6 mm e 28 mm NSA)	não cita	não cita	não acompanha co	assintomático não acompanha	acompanha	prévio de registro	consulta clínica
75	Alfadda et al., 2020	inglês	Arábia Saudita	relato de caso	PAS, acesso PCO	(1) dente, 40 anos, masculino, dente 23	TGE	2	broca fechada, parcial, dente suportada a mesa R700 Desktop (3Shape, Dinamarca)	não cita	14 min e 55 s	NSA	sucesso no tratamento	sem iatrogenia	não cita	remoção completa PFV, sem erro, rápido
76	Tavares et al., 2022	inglês	Brasil	Relato de caso	trauma há 2 anos, descoloração, tentativa sem sucesso de acesso anterior, acesso não cirúrgico seguido de cirurgia	(1) dente, 38 anos, dente 12	TGE	2	broca fechada, parcial, dente suportado com acesso anterior, acesso não cirúrgico seguido de cirurgia	não cita	não cita	RX e CBCT	até 2 anos, com RX e CBCT	iatrogenia	incurácia	resolução

Continuação Tabela 1

CARACTERÍSTICAS DOS ESTUDOS			MÉTODOS				RESULTADOS								
N. Citação	Língua	País	Diagnóstico, objetivo do estudo	Amostra	Técnica guia TGE	Sistema TGD / tipo de TGE	Tipo de instrumento de corte	Treinamento prévio	Duração da intervenção	Método de avaliação intraoperatória ou pós-operatória	Resultado da avaliação pós-operatória (sintomas)	Tempo follow up, critério de sucesso	Limitações	Conclusões	
				(4) dentes: Caso 1: 23 anos, dente 11. Caso 2: 48 anos, dente 43. Caso 3: 65 anos, dente 43. Caso 4: 79 anos, dente 43.		Parcial, dento suportada	Scanner CBCT (NewTom 5G, QR Srl, Itália)	não cita	não cita	NSA	4 casos assintomáticos após o tratamento sintomas	3 meses após o tratamento, sem sintomas	iatrogenia	não cita	tratamentos previsíveis e conservadores, sendo uma alternativa inovadora
Hernández-Viguera et al., 2022	Espanhol	Chile	PAS, descoloração, acesso PCO	79 dentes	TGE	anelha guia parcial, sem amelia, com TGE anilha	broca longa, 28 mm Ø de 1 mm	não cita	não cita	NSA	4 casos assintomáticos após o tratamento sintomas	3 meses após o tratamento, sem sintomas	iatrogenia	não cita	tratamentos previsíveis e conservadores, sendo uma alternativa inovadora
Kamburoğlu et al., 2023	inglês	Turquia	PAS, acesso PCO	80 dentes aguda	TGE	anelha com TGE anilha	Não cita	não cita	não cita	NSA	Sem acompanhamento	acompanha sucesso no tratamento	iatrogenia	não cita	TGE precisas e confiáveis PCO

CARACTERÍSTICAS DOS ESTUDOS			MÉTODOS				RESULTADOS											
N. Citação	Língua	País	Diagnóstico, objetivo do estudo	Amostra	Técnica	Sistema TGD / tipo de guia TGE	Tipo de tecnologia	Tipo de instrumento de corte	Treinamento prévio	Duração da intervenção	Método de avaliação intraoperatória ou pós operatória	Método de avaliação pós operatória (sintomas)	Tempo follow up, critério de sucesso	Iatrogenias	Limitações	Conclusões		
81	Pires et al., 2023	inglês	Brasil	estudo experimental	Acúria de acesso PCO	(20) dentes, incisivos mandibulares		CBCT (Prexion), software Ondemand 3D Project Viewer program,IOS Trios (Biomedical) 3 (3Shape), software Blue Sky 3D P30 (Grupo Straumann), 3- matic (Materialise)	G1 - Broca Muncie Discovery de tamanho 1 (CIM Engineering) 0,8 mm de diâmetro X G2 - Broca DSP (Biomedical) 1,0 mm de diâmetro, 25 mm de comprimento e 18 mm de parte ativa	não cita	não cita	NSA	NSA	NSA	broca Muncie < diâmetro, desgastou > estrutura dentária, tem parte ativa mais curta e amela permite desvio inicial da trajetória	nã cita	NSA	sem dif. caminho de perfuração (p = 0,422)
82	Lewis et al., 2023	inglês	Índia	Relato de caso	PAA, necrose, acesso PCO	(1) dente.fe m. 19 anos, dente 22, 19 anos	TGE do dente	Parcial, dento mucoso suportado , amela construída em cima da anatomia do dente	scanner (3Shape TRIOS™, 3Shape, 34mm/0.6 mm Denmark)	não cita	não cita	RX	com acompanhamento radiografic o, 3 meses	tratamento iatrogenia	não cita	acesso guiado tratamento rápido e preciso, preservando a estrutura dentária		

Continuação Tabela 1

CARACTERÍSTICAS DOS ESTUDOS			MÉTODOS				RESULTADOS									
N. Citação	Língua	País	Diagnóstico, objetivo do estudo	Amostra	Técnica guia TGE	Sistema TGD / tipo de guia TGE	Tipo de tecnologia	Instrumento de corte	Treinamento prévio	Duração da intervenção	Método de avaliação intraoperatória ou pós-operatória	Resultado da avaliação pós-operatória (sintomas)	Tempo follow up, critério de sucesso	Iatrogenias	Limitações	Conclusões
83	inglês	Suíça	Haarmann et al., 2023	estudo experimental	inglês	Suíça	Al	IOS (3Shape TRIOS 3; Institut Straumann AG, Suíça)	não cita	não cita	NSA	acompanha sucesso no tratamento	sem acompanhamento	sem iatrogenia	não cita	TGE > preciso em dentes com múltiplos canais radiculares
84	inglês	Egito	Shaban et al., 2023	série de casos	inglês	Egito	Al	Parcial, dento suportado (Planmeca mid)	não cita	não cita	RX	acompanha sucesso no radiografic	sem acompanhamento	sem iatrogenia	não cita	TGE previsível, seguras, confiáveis e precisas para localização
85	inglês	Brasil	Chaves et al., 2023	estudo experimental	inglês	Brasil	Al	CBCT scans (Eagle broca Fechada, 3D), IOS (3Shape diamantada ameia, TRIOS), software esférica, anilha, Jan coDiagnostix broca de elas (Dental Wings titânio de laterais de Inc.), Impressora 1.3 mm inspeção, 3D Moonray (USA) Surgery Drill, Neodent)	não cita	não cita	45 cavidades de acesso, 100% sucesso, sem dif. est. cavidades planejadas e preparadas (P > 0,05).	CBCT	sucesso 100%	sem iatrogenia	não cita	O fluxo digital simplificado, CBCT, permitiu um alto nível de precisão na obtenção de acesso
86	inglês	Irã	Farajollahi et al., 2023	relato de caso	inglês	Irã	Al	Parcial, dento suportada, com ameia, com anilha, sem pino	não cita	não cita	RX	acompanha sucesso no radiografic	sem acompanhamento	sem iatrogenia	não cita	previsibilidade na remoção de PFV, qualquer necessidade de retirar o guia pode atrapalhar

CARACTERÍSTICAS DOS ESTUDOS			MÉTODOS				RESULTADOS			Conclusões			
N. Citação	Língua País	Tipo de estudo	Diagnóstico, objetivo do estudo	Amostra	Técnica guia TGE	Sistema TGD / tipo de tecnologia	Tipo de instrumento de corte	Treinamento prévio	Duração da intervenção	Método de avaliação intraoperatória ou pós-operatória	Resultado da avaliação pós-operatória (sintomas)	Tempo follow up, critério de sucesso	Limitações
87	Panthini et al., 2023	relato de caso Índia	PAS, acesso PCO	(1) dente, 35 anos, fem., dente 21	TGD	sem guia	scanner óptico de alta resolução (Medit® Seoul, Coreia)	broca diamantada (Dentsply Sirona 851012 FG safe end bur)	não cita	não cita	NSA	sucesso no tratamento	latrogenia alta
88	Zargar and Amiri, 2023	Relato de caso Irã	PAS, acesso PCO	(1) dente, 32 anos, fem., dente 21	TGE	amalha	muco suportada scan (Trios, 3Shape, Denmark)	não cita	não cita	RX	18 meses de acompanhamento	sucesso no tratamento	latrogenia NSA
89	Vasudevan et al., 2023	Estudo experimental Índia	Acurácia de acesso a canal simulando PCO, avaliando experiência operadores e perda de substância	(42) dentes artificiais do tipo 21	TGE X TM	Fechada (Cognitica,USA)	CBCT, software Mimics 2.0., software simulador háptico Gates (Geomagic Glidden #1, Freeform Plus), #2 (Mani, impressora form 2 inc.), broca de avaliação vol. carboneto de pescoço software ITK-SNAP v. 3.8.0 (Dentsply, USA)	não cita	sem dif. est TGE entre operadores inexperiente e experiente	NSA	TRD foi melhor sucedida que TM	erros mais comuns na TM	latrogenia não cita

curva de aprendizagem em TGD menos acentuada, invasivo utilizando investimen to inicial tempo real alto perfunção.

TGE parece ser uma opção mais eficaz, < perda substância

Continuação Tabela 1

CARACTERÍSTICAS DOS ESTUDOS			MÉTODOS			RESULTADOS									
N. Citação	Língua	País	Diagnóstico, objetivo do estudo	Técnica	Sistema TGD / tipo de guia TGE	Tipo de tecnologia	Tipo de instrumento de corte	Treinamento prévio	Duração da intervenção	Método de avaliação intraoperatória ou pós-operatória	Resultado da avaliação pós-operatória (sintomas)	Tempo follow up, critério de sucesso	Limitações	Conclusões	
90	inglês	Índia	Estudo experimental	Amostra de 22 dentes pré tratamento endodôntico superior	TGE X TM de 1 mm	Fechado, amela com diâmetro de 1 mm	CBCT (Veraview p0x 3D R-200J Morita), scanner de tungstênio Autoscán DS-200), Exocad Dental CAD Programme (exocad), software z3D-i-3D (VATECH)	broca de carboneto de haste longa 31 mm, Ø 1,00 mm com cortes laterais e ponta redonda	não cita	não cita	perda média de substância > TM NSA	sucesso	não cita	não cita	tratamento seletivo radical em uma das raízes, efetivo
91	inglês	Bélgica	Estudo experimental e relato de caso	dentes artificiais simulando PCS, segundo pré a segundo pré, 88 cavidades de acesso. Caso 1: 72 anos, fem, nte na dente 12	TGE	Aberta, sistema ZINGIS, nte na Bruxelas, Bélgica	Mimics Medical 24.0 (materialize), 3-matic Medical 16.0 (materialize) impressora 3D Objet Connex 350 (Stratasys), CBCT NewTom VGi evo (Ceфа), IOS (Trios; 3shape), software SMOP (versão 2.20.0), printer 3D NextDent 5100	broca diamantada de cilindro 1 mm de diâmetro	não cita	não cita	acesso médio 15,3 mm, desvio coronal e apical médio de 0,5 mm e 0,7 mm, respectivamente e	sucesso	sem latrogenia	não cita	os guias abertos representam um método preciso

CARACTERÍSTICAS DOS ESTUDOS			MÉTODOS			RESULTADOS									
N. Citação	Língua País	Tipo de estudo	Diagnóstico, objetivo do estudo	Amostra	Técnica TGE	Sistema TGD / tipo de guia	Tipo de tecnologia	Tipo de instrumento de corte	Treinamento prévio	Duração da intervenção	Método de avaliação intraoperatória ou pós operatória	Resultado da avaliação pós operatória (sintomas)	Tempo follow up, critério de sucesso	Limitações	Conclusões
Lara-Miendes et al., 2023				(4) dentes. Caso 1: 45 anos, fem, dente 26. Caso 2: 63 anos, fem, retratamento, PFV, perfuração do assoalho pulpar											
93	inglês Brasil	relato de caso	perforação do pulpar	37 anos, dente 37	TGE	Fechada com algumas janelas, amela, pino de fixação	CBCT 3D , TRIOS 3; 3Shape A/S), software (implant Studio; 3Shape A/S), impressora 3D (Formulário 2; 1.3; Formlabs Inc)	broca Ø1,3x20 mm (Guided Surgery Drill Neodent)	não cita	não cita	tratamento preciso com CEAT-3D para remoção desafiadora de PFV em dentes posteriores	alinhamento de ajuste de referência pode limitar a precisão do processo. não cita	NSA	Uso de FOV pequeno pode ter comprome tido a precisão.	
94	inglês suíça	estudo experimental comparativo	Acurácia do acesso a PCO	(108) dentes ex vivo com PCO (36 caninos e 72 incisivos, 36 dentes superiores e 72 dentes inferiores)	TGE X amilha, TM	Fechado, amilha, amela	scanner (TRIOS 3 Basic, 3Shape A/S, Copenhagen, Denmark)	ponta diamantada cilíndrica padrão com bordas arredondadas e diâmetro de 1.0 mm (837 KR; Intensiv SA, Montagnola, Suíça)	não cita	não cita	requer impressão completa do arco com precisão	requer impressão completa do arco com precisão	alcançaram taxas de sucesso comparáveis para localização de canais radiculares	custos altos	

Continuação Tabela 1

CARACTERÍSTICAS DOS ESTUDOS				MÉTODOS			RESULTADOS									
N. Citação	Língua	País	Diagnóstico, objetivo do estudo	Amostra	Técnica	Tipo de TGE	Sistema TGD / tipo de guia	Tipo de instrumento de corte	Treinamento prévio	Duração da intervenção	Método de avaliação intraoperatória ou pós operatória	Resultado da avaliação pós operatória (sintomas)	Tempo follow up, critério de sucesso	iatrogenias	Limitações	Conclusões
Fachin et al., 2023	inglês	Brasil	Estudo experimental, ex vivo, acesso a PCO	(40) dentes ex vivo, dentes 46 e 36	TGE	sem pino	Fechado, com anilha, com amêia, sem pino	iTero (Align Technology, San Jose, CA, USA)	21 mm (Atec Dental)	não cita	TCFC	sem dif. operador na capacidade do IOS identificar e identificar	tratamento tanto para operador experiente quanto para operador inexperiente e	iatrogenia	limitações de estudo in vitro, quantidade e de dentes, localidade, experiente.	Ótimo resultado tanto para operador experiente quanto para operador inexperiente e de quanto para operador experiente.
Ambu et al., 2023	inglês	Itália	Série de casos, acesso a PCO	(2) dentes 11 e 21	TGE	ameia ou pino	Fechado, completo, dento mucoso, com suporte, com anilha, sem amêia	Hyperion X 5 (MyRay, Cefla, Imola, Italy)	mm e altura de 5 mm	não cita	RX	O DP para a precisão > estudos anteriores	Sucesso no tratamento sem dor após 1 semana	iatrogenia	PCO em 1/3 apical = 15 X TGE evita chance de broca descentralizar	TGE evita perfurações e permite tratamento sem microscópio
Torres et al., 2023	inglês	Bélgica	Estudo comparativo, ex vivo, acesso a PCO	(40) dentes extraídos (16 incisivos, 8 caninos e 16 pré-molares unidistais) e 33 PAAIentes com acesso a PCO	TGE	ameia ou pino	Fechado, dento suporte, com anilha	IOS Trios (3Shape)	comprimento total de 35 mm (REF O.27.28. B044.051, Stecco)	não cita	CBCT	considerar a precisão em ensaios clínicos	sucesso no tratamento em todos os casos	iatrogenia	alto custo	dados clínicos mostraram alta precisão da TGE

Continuação Tabela 1

CARACTERÍSTICAS DOS ESTUDOS			MÉTODOS				RESULTADOS							
N. Citação	Língua País	Tipo de estudo	Diagnóstico, objetivo do estudo	Amostra	Técnica	Sistema TGD / tipo de guia TGE	Tipo de instrumento de corte	Treinamento prévio	Duração da intervenção	Método de avaliação intraoperatória ou pós operatória	Tempo pós operatória (sintomas)	Tempo follow up, critério de sucesso	Limitações	Conclusões
98	Karim and Faraj, inglês Iraque	estudo experimental	Acurácia na remoção de instrumento molar, biradicular, sistema C-FR1 Endo file de remoção de limas TGD X dentro do ápice	(60) pre-molares, biradicular, sistema C-FR1 Endo file de remoção de limas TGD X dentro do ápice	TGD X microscópio na remoção de instrumento	O sistema C-FR1 Endo File Removal, da COXO Dental, Foshan, China, é comparável ao Micro-Retrieve and Repair	brocas guiadas por microscópio mais rápidas que TGE	brocas guiadas por microscópio	sucesso > (83,3%) que TGD(66,7%) vol. CBCT	Método de avaliação intraoperatória ou pós operatória	Tempo pós operatória (sintomas)	Tempo follow up, critério de sucesso	Limitações	Conclusões
99	Elhakim et al., inglês do Sul	estudo experimental, in vitro	Acurácia tradicional (TradAC) X conservador (ConsAC) e acesso guiado (GuidAC), experiente X inexperiente.	(36) dentes artificiais n. 11, 15, 16, 46.	TGE	CBCT (Alphard 3030), scan (3Shape A/S), microtomógrafo (Bruker-micro-CT) SkyScan 1076 broca cilíndrica com ponta ativa para drop in e software Exocad (Exocad), broca impressora 3D processamento de luz digital(NextDent® 5100)	CBCT análise e avaliação por tempo	análise volumétrica 3D é consistente no julgamento e TM, precisão da acurácia TGE foi >	operador experiente superou operador inexperiente e TM, precisão da acurácia TGE foi >	efeito sign. >, TGE não restritivas: mais precisas indep. operador.	TGE reduzem a perda de substância dentária X acesso tradicional.			

Continuação Tabela 1

CARACTERÍSTICAS DOS ESTUDOS			MÉTODOS			RESULTADOS									
N.	Citação	Língua País	Diagnóstico, objetivo do estudo	Amostra	Técnica TGE	Sistema TGD / tipo de guia	Tipo de tecnologia	Tipo de instrumento de corte	Trainingo prévio	Duração da intervenção	Método de avaliação intraoperatória ou pós operatória	Resultado da avaliação pós operatória (sintomas)	Tempo follow up, critério de sucesso	Limitações	Conclusões
(7)			dentes.												
	Caso 1: 27		anos, fem.,												
	dente 11		e dente		TGD										
	12 . Caso		2: 59		Dispositivo										
	anos, registro		APA, necrose, fístula, trat.		em forma de U										
	anos, masc.,		há 10-20 anos, descolorido, mordida profunda, contato prematuro, PCO		(DCARE										
	dente 42,				R, guia com										
	41, 31.				China), marcador										
	anos, marcadas				fiduciárias										
	anos, masc.,				para o										
	dente 21				fiduciárias CBCT										
100	Yang et al., 2024	Ingês	Série de casos	China					não cita	não cita	não cita	Resultados da avaliação pós operatória (sintomas)	Tempo follow up, critério de sucesso	Limitações	Conclusões

Fonte: os autores

Obs: TGE: Técnica guiada estática; EGD: Técnica guiada dinâmica; TM: Técnica manual livre; RA: Realidade Aumentada; Est. sup.: Estatisticamente significativo; DP: Desvio Padrão; IC: Intervalo de confiança; USA: Estados Unidos da América

alto custo, a necessidade de treinamento na TGD em técnicas aumentada (AR) para os operadores altera a geometria e a falta de informações sobre o canal planejado

TGD é uma técnica promissora para integrar ao DNS e DOM para o tratamento futuro de dentes com canal calcificado

Técnicas de Realidade Aumentada (AR) podem ser utilizadas para localizar canais desviados do plano

5

Tabela 2 – Dados descritivos dos estudos cirúrgicos incluídos na revisão de escopo

CARACTERÍSTICAS DOS ESTUDOS			MÉTODOS			RESULTADOS						
Citação	Língua de publicação	País de origem do estudo	Diagnóstico, objetivo do estudo, possíveis causas ou tratamento	Técnica empregada	Marca do sistema na TGD ou características da guia na TGE	Tipo de instrumento ou para o paciente	Treinamento prévio	Duração	Análise de precisão	Intervenção	Limitações	Conclusões
1	inglês	USA	estudo experimental, mental, ex vivo	Acúria cirúrgica periapical, proximidade ao ápice	TGE X TM	TGE X TM	broca ø 1.8 mm	não cita	> sucesso TGE distância do ápice 0,79 mm TM: 2,27 mm (TM) : erros > 3 mm 22% das tentativas	NSA	não cita	TGE para osteotomias resulta em > precisão
2	inglês	China	relato de caso PAA, apicectomia	fechada, dento mucoso suportada, parcial, delimitação do local da trefinação no guia	CBCT: (i-CAT, software Koran Inc. (USA), software CADimplant Inc., planejamento osteotomias de ø 2 mm)	CBCT: (i-CAT 17-19), software (Simplant), IOSI (iShape, Denmark)	broca ø 4 mm externo	não cita	maior sucesso com TGE para remoção precisa do ápice e cortical óssea	1 ano	não cita	TGE osteotomias de alta precisão em áreas complexas
3	inglês	USA	série de caso Root Repair	fechado, dento mucoso suportado, ameias 7 mm, janela irrigação, 3D printer	CBCT (3-D Accutomo 170; J Morita); escaner modelo (iShape D1000), software (Mimics ou Blue Sky LLC)	trefina com ø 4 mm	não cita	1 a 2 min	apicectomia precisa pela cortical óssea	3 meses, assintomático	não cita	osteotomias, palato, previsíveis facilitando cirurgias de alta precisão
4	inglês	Coréia	relato de caso apicectomia em região de cortical óssea espessa	guia fechado, dento mucoso suportado, parcial, ameia e anilha metálica	CBCT (Alphrad3030); scanner bancada (identica Blu), O ndemand3D), printer (Object EDEN260V; Stratasys)	Broca 1.5 mm e comprimento de 20 mm	não cita	não cita	apicectomia próxima ao foramen mental	7 dias, sem complicações	dispersão em imagens de CBCT	diminuição da osteotomia ajuda a reduzir complicações
5	inglês	China	estudo experimental, mental, ex vivo	Acúria cirúrgica comprimento e ângulo de apicectomia	TGE	guia fechada tipo janela	software Geomatic Studio 2012	não cita	comprimento da ressecção 2.88 mm, muito próximo do planejado	NSA	não cita	avaliação para o desenvolvimento de software especial para a cirurgia

CARACTERÍSTICAS DOS ESTUDOS			MÉTODOS			RESULTADOS							
Língua de publicação	Pais de origem	Citação	Diagnóstico, objetivo do estudo, possíveis causas ou motivos para o tratamento	Técnica empregada	Características da guia na TGE	Marca do sistema na TGD ou características da guia na TGE	Tipo de tecnologia	Tipo de instrumento para o desgaste	Treinamento prévio	Duração	Análise de precisão	Limitações	Conclusões
Antal et al., 2019	inglês	Hungária	Osteotomia e apicectomia	TGE, apoio microscopia, Poland.	série de Hungária casos	Guia fechada, dento muco suportada, com amelia e anilha metálica de 4,25 mm, uso de plezo elétrico para preparo retrógrado com MTA (3DSystemsProletMD 3Dprinter 3510), Amira 5.4.0 (3DSystemsProletMD 3510), Amira 5.4.0	CBCT (i-CatVi 3Dprinter)	trefin) com 4,21 mm	não cita	não cita	desvio angular da trepanação: 3,95° (IC 95%: 2,1-5,9)	A sobrepenetraçã o foi um achado característico	TGE é indicada para osteotomia e apicectomias
Lai et al., 2019	inglês	Taiwan	relato de caso AAC, apicectomia	TGE, apoio microscopia, Ballaigues, Suíça	relato de caso AAC, apicectomia	TGE com guia fechado e janela para a apicectomia com apoio de microscopia, cirurgia a retalho, retroobturaçã o com MTA ProRoot (Dentsply Maillefer, microscopia, Ballaigues, Suíça)	CBCT (i-CatVi 125)	trefina cortando 3 mm do ápice	não cita	não cita	RX, CBCT	não cita	Localizou com precisão a raiz, evitou estruturas anatômicas importantes. Reduziu o tempo de operação e diminuiu a chance de inchaço pós-operatório e desconforto do paciente.
Gambarini et al., 2019	inglês	Itália	PAC, retratamento após 3 anos, apicectomia	TGD	relato de caso apicectomia	Navigation dynamic system (ClaroNav, Canada)	magnificação 5X (EyeZoom), onta BK3-R (KerrEndo.)	broca de diamante	não cita	não cita	RX, CBCT	não cita	8 meses, sem complicações pós-operativas, cicatrização não cita
Ackerman et al., 2019	inglês	USA	Estudo experi mental ex vivo	TGE X TM	Estudo experi mental ex vivo	TGE com janela de 2mm de diâmetro, Invivo 6.0.2	software Blue Sky Bio , printer Form 2 3-D (Formlabs), softwar Lindemann	Broca cirúrgica Lindemann	não cita	não cita	NSA	maior no TM artefatos intraoperatório	6 meses, RX pos operatório mostrou ótima cicatrização

Continuação Tabela 2

CARACTERÍSTICAS DOS ESTUDOS			MÉTODOS			RESULTADOS					
Língua de publicação	País de origem do estudo	Diagnóstico, objetivo do estudo, possíveis causas ou motivos para o tratamento	Técnica empregada	Marca do sistema na TGD ou características da guia na TGE	Tipo de instrumento ou para desgaste	Treinamento prévio	Duração	Análise de precisão	Integridade	Limitações	Conclusões
Popowicz et al., 2019	inglês	Polónia	relato de tratamento, apicectomia e remoção de lesão	PAS, TGE e retropreparo com magnificação 36 X E11D EMS e MTA software DDS-Pro	Trefina circular, (Komet, Germany), 1000 rpm, profundidade de 1,5 mm para o osso e 3mm para o ápice e tecido de granulação	TGE permitiu alta precisão para o procedimento	4 dias, Rx pós operatório, instruções pós operativas foram dadas, assintomática	análise de precisão CBCT	alta	minimo acesso pode limitar a visualização	pequena ferida cirúrgica
Kim et al., 2019	inglês	Coreia do Sul	relato de caso de trauma	TGE e magnificação 20 X Zeiss (Cybermed Co.), 20 X XIS	In2Guid Universal implant kit (Cybermed Co.),	não cita	não cita	Rx	não cita	Artefato de dispersão de CBCT devido a próteses metálicas	acesso cirúrgico e a visão podem ser prejudicados pelos lábios e bochechas
Suiter et al., 2019	inglês	Suíça	relato de caso de dente 36	retropreparo com pontas de piezoelétrico	software de planejamento de implante (smop)	não cita	não cita	Rx	não cita	planejamento em 3D e mais caro	intervenção cirúrgica precisa e eficaz
Fan et al., 2019	inglês	USA	Estudo experimental, Apicectomia por ex vivo	apicectomia	Unidade CBCT KODAK 9000	broca cirúrgica redonda	não cita	0,66 mm ± 0,54 mm	NSA	maior na TM	alta acurácia
Nagy et al., 2020	húngaro	Hungária	relato de caso	apicectomia	CBCT; software (Guia SMART) MTA (ProRoot), microscopia 16 X (OPMI pico2; Carl Zeiss AG.); Piezomed Pontas	ostotomia e apicectomia pela trefina	1 ano, cicatrização RX completa, sem intercorrências	análise de precisão CBCT	maior na TM	maior na TM	trepano permite intervenções precisas

Continuação Tabela 2

CARACTERÍSTICAS DOS ESTUDOS			MÉTODOS			RESULTADOS				
Língua de publicação	Pais de origem do estudo	Diagnóstico, objetivo do estudo, possíveis causas ou Tipo de motivos para o tratamento	Técnica empregada	Marca do sistema na TGD ou características da guia na TGE	Tipo de instrument o para desgaste	Treinamento prévio	Duração	Análise de precisão	Limitações	Conclusões
15	Tavares et al., 2020 inglês Brasil	PAS, retratamento após 2 anos, ápice e lesão próximos de caso ao seio maxilar	TGE	dois guias, incisão com uma janela curvada impressa na guia e outro para apicectomia	brocas Straumann Twist Drill PRO, não cita Osteotomi a com broca longa de fissura cônica, apicectomi a com broca de fissura reta	menos de 5 minutos	Rx	6 meses, paciente e assintomático	custos adicionais CBCT, scan, guias	proximidade ao seio maxilar e a presença de osso bucal espesso
16	Dedania et al., 2020 inglês Índia	PAS, trauma há 6 anos, apicectomia com preservação de caso do osso cortical	TGE	scanner Trios 3 da 3Shape, CBCT: software CoDiagnostiX, 3Dprinter(Form2;Formilabs)	fechado, janela para a apicectomia com formato < que a lesão	não cita	RX	6 meses, lesão em cicatrização, sem radiolucência a periapical, assintomático	possibilidade de ocorrência de diferenças entre planejamento e real	sucesso
17	Antalet al., 2020 inglês Hungária	série de casos retropreparo com trefina, apicectomia	TGE	TGE com guia, Piezomed (WH, Austria) ponta RED, profundidade de aprox.2,5 mm, biocerâmico (TotalFill Fast Set Putty, PKG, Switzerland).	trefinas tradicionais com parte ativa mais larga, possuem stop para prevenir sobre trefinação	não cita	não cita	6 meses, sem intercorrências intraoperativas, assintomáticos no controle, processo de cicatrização	certa dificuldade de remover ápice de dentro da trefina, dificuldade de realizar a cirurgia em dentes posteriores	a cirurgia endodôntica guiada com trefina foi eficaz

Continuação Tabela 2

CARACTERÍSTICAS DOS ESTUDOS			MÉTODOS			RESULTADOS						
Citação	Lingua de publicação	País de origem	Diagnóstico, objetivo do estudo, possíveis causas ou motivos para o tratamento	Técnica empregada	Marca do sistema na TGD ou características da guia na TGE	Tipo de instrumento ou para desgaste	Treino prévio	Análise de precisão	Duração	NSA	Limitações	Conclusões
Hawkins et al., 2020	inglês	USA	estudo experimental, Acurácia e rapidez	TGE	Fechada, completa, delimitação do local da trefinação por amelia ,magnificação ProErgo (Zeiss Inc)	trefina de 4.40 mm	sem limite de tempo	TGE reduziu o tempo clínico de 85 para 39 s	tempo cirúrgico menor	NSA	mais erro pela TM	TGE é alternativa viável a TM em toda a dentição, e em cenários anatomicamente desafiadores.
Bunlag et al., 2021	inglês	USA	tamanho da osteotomia, nível e ângulo da apicectomia, tempo cirúrgico e método de ressecção	TGE	avaliação RX (cura completa, cura em redução e falha na cura)	TGE para osteotomia em casos com anatomia complexa	acompanhamento por no mínimo 1 ano, média etária 42 anos (23-67 anos)	20 casos cura completa, 2 casos ia a se considerar, 91,7% de sucesso	sucesso	NSA	não cita	A ressecção da raiz com broca trepanada guiada por TEMS leva a um sucesso semelhante ao estabelecido para a ressecção com broca de carbeto e diamante feita TML
Peng et al., 2021	inglês	China	estudo experimental, Acurácia da TGE nos tratamentos cirúrgicos	TGE X TM	scanner óptico 3D dos (Activity 880), escaneamento por CBCT (NewTom VGi), grupo experiente (Raindrop)	broca de fissura de 1,6 mm com batente de profundidade	operador experiente 155,71 s. operador inexperiente 189,75 s. TM (187,67 s. e 260,08 s., P > 0,05)	< média da variação de comprimento para operadores	NSA	NSA	CBCT, guia para ápices curvos/raízes inclinadas, influência tecidos moles na área de visualização e abordagem endodântica in vitro cirúrgica, tamanho janela óssea, dissipação de	A aplicação do guia digital na cirurgia endodântica in vitro pode melhorar a precisão da ressecção da extremidade radicular.
Tavares et al., 2021	inglês	Brasil	Osteotomia, apicectomia, retropreparo com biocerâmico putty; dente 15 com coroa protética em boas condições, relato de caso para acesso guiado	TGE	guia fechado, delimitação do local da trefinação no guia por amelia, magnificação 20 X	mandris(Mi) ller Cutter 3.5 mm, scanner (3 Shape Trios Twist Drill 3), CBCT (ICAT PRO 3.5 imaging), software de planejamento esférica n. 6) CobdiagnostiX	osteotomia e apicectomia levou 3 minutos para cada dente	osteotomia bem conservativa e ressecção do ápice microcradês	1 ano, pós operatório o sucesso, não foram formados	NSA	não cita	TGE é indicada para ostotomia e apicectomias em microcirurgias em regiões complexas

CARACTERÍSTICAS DOS ESTUDOS			MÉTODOS				RESULTADOS					
Citação	Lingua de publicação	País de origem	Diagnóstico, objetivo do estudo, possíveis causas ou Tipo de motivos para o estudo	Técnica empregada	Marca do sistema na TGD ou características da guia na TGE	Tipo de instrumentação para o des-gaste	Treinamento prévio	Duração	Análise de precisão	Limitações	Conclusões	
Gaffuri et al., 2021	inglês	Itália	Avaliar a precisão e exatidão TGE para experi profissionais mental, inexperientes em ex vivo cirurgia	TGE	guia fechado, com ameiã, com anilha Software 4.1	broca broca trefina 18 mm	Não cita	não cita	CBCT	NSA	desvios linear médio foi de 1,23 ± 0,38 mm Não cita	desvios linear médio foi de 1,23 ± 0,38 mm Não cita
Martinho et al., 2022	inglês	USA	estudo experi operadores mental, TM com ex vivo microscopia	TGD X TM com microscopia	Global Surgical Corporation, St Louis, MO, EUA	TGD: broca de precisão e broca cirúrgica de 3.5 mm de diâmetro (Nobel) TM: broca redonda de carboneto com X-clip com marcadores radiopacos fiduciais (X-fisura de Nav Technologies, software X-guide software)	carboneto cirúrgica n. 702	TGD foi 2 X mais rápida que TM	desvios de acurácia foram <TGD-EE que TM-EE (P < .05)	NSA	perforação radicular, perfuração sinusal, perfuração do assoalho nasal, perfuração da placa cortical e transição nervosa	TGD pode melhorar a acurácia operadores
Aldhamash et al., 2022	inglês	USA	estudo experi em cirurgia mental, minimamente ex vivo invasiva	TGD X TM com microscopia	Global Surgical Corporation, St Louis, MO, EUA	broca cirúrgica de 3.5 mm de diâmetro pudesse remover os apicais de radiopacos (X-guide base de Nav Technologies, software Mimics)	3 mm em 20 tentativas em mandíbulas mínimo	tempo de osteotomia, o tempo de retroabertura e o tempo total do procedimento foram < TGD (P < .05).	Desvios 2D, 3D, deflexão angular, altura, comprimento, volume da osteotomia, ângulo de ressecção < com TGD (P < .05), retroabertura e o tempo total do procedimento foram < TGD (P < .05).	NSA	maior no grupo TM	TGD < desvios virtuais 2D e 3D

Continuação Tabela 2

CARACTERÍSTICAS DOS ESTUDOS		MÉTODOS				RESULTADOS						
Lingua de publicação	País de origem do estudo	Diagnóstico, objetivo do estudo, possíveis causas ou motivos para o tratamento	Técnica empregada	Marca do sistema na TGD ou características da guia na TGE	Tipo de tecnologia	Tipo de instrumento para desgaste	Treinamento prévio	Análise de precisão	Limitações	Conclusões		
Bordone et al., 2022	inglês	Relato de caso separado.	TGE	guia parcial, com amelia, com anilha	CBCT e IOS, respectivamente, Blue mm de Sky Plan	tréfina de 1 diâmetro	Não cita	TCFC	não cita	RX (1 ano de acompanhamento)	TEG evita a perda excessiva de estrutura dentária, simplifica procedimento, reduz o T clínico, > confiança do operador.	
Chaves et al., 2022	inglês	32 anos, fem., PAA, dente 36, trat. endo, prévio há 10 anos, lesão (6.5mm no > diâmetro), possível reabsorção radicular apical, estudo de caso cortical OK	TGE	Sem escaneamento intra oral, usando CBCT, guia fechado parcial sobre 3 dentes, apoiado na Meshmiker, como apoio, com janela SprintRay (USA), direcionando a cirurgia	Ponta CBCT(Prexion3DInc., USA; FOV 56 mm X 56 mm, voxel 0.1 mm, software cobDiagnostix (Dental Wings Inc., Canadá), mm software Autodesk (HelseP1TC -Helse, Brazil), BioDentline treinamento em 20 repetições, France).			RX e CBCT	não cita	1 ano, assintômico e osso em reparo	Materiais de alta densidade podem produzir artefato, prejudicar a imagem, nervo alveolar inferior pode afetar visualização, quando densidade óssea é baixa ou o osso cortical fino. Falta de controle de profundidade é uma importante fonte de erro se a apicectomia guiada for realizada com tréfina convencional. Endotrefina personalizada com stop reduz esse erro.	
Nagy et al., 2022	inglês	determinar se uma tendência à penetração excessiva é uma fraqueza inerente à apicectomia com tréfina.	TGE	guia parcial, com anilha	CBCT (view: 56 mm X 56 mm, voxel 0.1 mm) ósseas de (Imaging Sciences-Kavo, Hatfield, PA, USA)	tréfina de 4,21 mm de diâmetro	treinamento prévio em grupo de estudo	CBCT	não cita	NSA	ocorreu média de desvio global não cita	

Continuação Tabela 2

CARACTERÍSTICAS DOS ESTUDOS		MÉTODOS				RESULTADOS						
Língua de publicação	Pais de origem do estudo	Diagnóstico, objetivo do estudo, possíveis causas ou motivos para o tratamento	Técnica empregada	Marca do sistema na TGD ou características da guia na TGE	Tipo de tecnologia	Tipo de instrumento para o desgaste	Treinamento prévio	Duração	Análise de precisão	Intervenções	Limitações	Conclusões
Lu et al., 2022	inglês	Relato de caso	TGD e microscópio dental	TGD (Blue-Optix sensor)	CBCT com (X-Clip, X-Nav Technologies, Lansdale, PA, USA) adaptado	trefina com diâmetro externo de 5,5 mm	não cita	não cita	RX	5 meses, assintomático e em processo de cicatrização óssea avançada	não cita	Cirurgia endodôntica com TGD é promissora especialmente em condários anatomicamente desafiadores.
Chen et al., 2022	chinês	avaliar a acurácia e tempo de operação de estudo microcirurgia com experi diferentes mental, experiência de in vitro operador.	TGD X TGE	avaliação dos desvios lineares na entrada e desvio angular do acesso	CBCT (3D Accutomo, software (DHC-END01), scan intraoral (TRIOS 3 Basic), 3D printer (Ultracraft A2D)	TM: caneta de AR com elevação de 45° (TwinPower Turbine 45, Morita Japão) e split drill (tungstênio)	não cita	não cita	NSA	Tempo de preservação, RX final/tomografia, sintomatologia	não cita	As técnicas de navegação dinâmica e estática podem auxiliar os clínicos, especialmente os novatos, a melhorar a precisão e reduzir o tempo de operação em microcirurgias de osteotomia e resseção radicular.
31	Lu et al., 2022	41 anos, fem., PAS, dente 36 após trat. endo., CBCT lesão periapical (6,5mm no maior diâmetro), resorbção radicular apical, fístula vindo, de caso cortical óssea OK	TGD e microscópio dental	TGD (Blue-Optix sensor)	CBCT com (X-Clip, X-Nav Technologies, Lansdale, PA, USA) adaptado	trefina com diâmetro externo de 5,5 mm	não cita	não cita	RX	5 meses, assintomático e em processo de cicatrização óssea avançada	não cita	Cirurgia endodôntica com TGD é promissora especialmente em condários anatomicamente desafiadores.
32	Chen et al., 2022	avaliar a acurácia e tempo de operação de estudo microcirurgia com experi diferentes mental, experiência de in vitro operador.	TGD X TGE	avaliação dos desvios lineares na entrada e desvio angular do acesso	CBCT (3D Accutomo, software (DHC-END01), scan intraoral (TRIOS 3 Basic), 3D printer (Ultracraft A2D)	TM: caneta de AR com elevação de 45° (TwinPower Turbine 45, Morita Japão) e split drill (tungstênio)	não cita	não cita	NSA	Tempo de preservação, RX final/tomografia, sintomatologia	não cita	Cirurgia endodôntica com TGD é promissora especialmente em condários anatomicamente desafiadores.

Continuação Tabela 2

CARACTERÍSTICAS DOS ESTUDOS		MÉTODOS			RESULTADOS					
Lingua de publicação	País de origem do estudo	Diagnóstico, objetivo do estudo, possíveis causas ou motivos para o tratamento	Técnica empregada	Marca do sistema na TGD ou características da guia na TGE	Tipo de instrumento ou para o desgaste	Treinamento prévio	Duração	Análise de precisão	Limitações	Conclusões
Schmid et al., 2022	inglês Suíça	apicectomia de raiz P de dente 16, 38 anos, fem., PAA, tratado endodonticamente há pouco tempo, puch drill para osteotomia e apicectomia, sem relato de caso retalhos	TGE	guia aberta, entrelaçada, com amelia de diâmetro interno de 7 X 5 mm	CBCT em formato DICOM e STL, software (smop, Swissmeda)	broca trefina	não cita	RX e CBCT	sem retroobturação apical. Risco de perfuração da artéria palatina maior próximo ao seio maxilar minimizado pelo planejamento com ápices virtual. Uso de CBCT, scan e planejamento virtual aumentam custos.	TGD é recomendada para situações clínicas com ápices radiculares próximos a estruturas vulneráveis como vasos, artérias, nervos, seio maxilar, entre outros
Sudha et al., 2023	inglês Índia	Série de trabalhos o conceito de TGE na cirurgia	TGE	guia parcial, sem amela, com anilha	(TCFC) de FOV (X-Mind TRUUM, Acteon, Itália)	A trefina óssea de 4,8 mm de diâmetro	não cita	RX	6 meses, sucesso RX não cita	TGE abordagem muito conservadora

Continuação Tabela 2

CARACTERÍSTICAS DOS ESTUDOS			MÉTODOS			RESULTADOS						
Língua de publicação	Pais de origem	Diagnóstico, objetivo do estudo, possíveis causas ou Tipo de motivos para o estudo	Técnica empregada	Marca do sistema na TGD ou características da guia na TGE	Tipo de tecnologia	Tipo de instrumento para o desgaste	Treinamento prévio	Duração	Análise de precisão	Intergenia	Limitações	Conclusões
Wang et al., 2023	inglês	China	TGD	impresso em 3D com nicromo	CBCT 3D Acuitomo 170, sistema TGD (DHC-ENDO1) para planejar as cirurgias	Trefina (818-1022#), Changsha Tiantian Equipamen tos Odontológi cos Co., Ltd., China) com um diâmetro de 4mm e 15,1mm de comprimento de trabalho.	em 180 raízes	não cita	O grupo UT apresentou > precisão em relação ao desvio médio da plataforma, desvio final, desvio angular e ângulo de ressecção ($P < 0,05$)	NSA	não cita	Modelos de mandíbula 3D menos rígidos que dentina. Movimento do paciente não considerado. TC, requer dispositivo adicional. Método TC pode ser alternativa em algumas situações clínicas.
Zhao et al., 2023	inglês	China	TGE x TM	impresso em 3D com nicromo	CBCT, scan, software Mimics Research 20.0, cimento iRoot BP um F11	CBCT, scan, software Mimics Research 20.0, cimento iRoot BP um F11	não cita	não cita	grupo experimental menores desvios	nenhum dos grupos apresentou sintomas de desconforto	não cita	TGE eficaz em cirurgia paradodôntica

Continuação Tabela 2

CARACTERÍSTICAS DOS ESTUDOS			MÉTODOS			RESULTADOS					
Lingua de publicação	Pais de origem do estudo	Diagnóstico, objetivo do estudo, possíveis causas ou motivos para o tratamento	Marca do sistema na TGD ou características da guia na TGE	Técnica empregada	Marca do sistema na TGD ou características da guia na TGE	Tempo de preservação, RX final/ tomografia, sintomatologia	Análise de precisão	Duração	Introgressão	Limitações	Conclusões
38	2023	inglês	USA	TGD X TGE X TM	desenho de boca dividida	<p>TGD: marcadores fiduciais, X-clip (X-Nav Technologies) twist drill CBCT (CS 9600). TGE: com Sky Plan), scanner de bancada Primescan intraoral scanner, até 4.2 mm software Blue Sky Bio, (Nobel 3D printer SprintRay Pro95), impressora ED SprintRay Surgical Guide 3</p> <p>conjunto de brocas de twist drill com diâmetro em 2 mm até 4.2 mm (Nobel Biocare, Kioten, Switzerland)</p> <p>não cita</p>	<p>TGE levou ~ 4,5 min para osteotomia e apicectomia. TGE foi mais rápida</p> <p>TGE: distância entre a placa cortical bucal e os ápices $6,1 \pm 1,41$ mm. TGD: $5,96 \pm 1,57$ mm, sem diferença nos dois métodos</p> <p>NSA maior na TGD</p>	<p>no caso de ressecção incompleta é necessário completar o tratamento com TM, na TGD é só reajustar a rota possível TGE em 2.molar inferior por falta de espaço para a alta rotação e brocas com percoço longo.</p> <p>TGD e TGE foram precisas igualmente em termos de tempo para osteotomia e ressecção apical</p>			
39	2023	inglês	França	TGE	sinterização à laser	<p>CBCT: Orthophos XG 3D(EUA), FOV 8 cm x 8 cm, voxel 0,16 mm, parâmetros 85 kV, 6 mA, tempo exp. 14,2 s. Scanner CARESTREAM CS3600 scanner (USA), 3D printer (Pro X DIMP 200, Riom, France); software (BlueSkyPlan 4 - USA), desvio angular calculado nas 3 dimensões (sagittal, coronal, and axial), software de estatística (GraphPad Prism, USA).</p> <p>avaliar a precisão TML X TGE em um modelo de simulação cirúrgica ex vivo, endodôntica ex vivo usando uma guia de mandíbula de porco.</p> <p>broca com diâmetro de 1,9 mm e comprimento de 17 mm não cita, mas próprio experimento pode ser considerado como treinamento não cita</p> <p>com 8 guias metálicas impressas por TGE</p> <p>comprimento de 17 mm</p> <p>próprio experimento de 1,9 mm e comprimento de 17 mm</p> <p>broca com diâmetro de 1,9 mm e comprimento de 17 mm</p> <p>desvio angular, na média de $3,2 \text{ mm} \pm 1,7$, os outros 3 guias não apresentaram dif est. sig.</p> <p>NSA não cita</p>	<p>Das 9 guias utilizadas, 5 apresentaram diferenças est. sig. no desvio angular, na média de $3,2 \text{ mm} \pm 1,7$, os outros 3 guias não apresentaram dif est. sig.</p> <p>NSA não cita</p>	<p>uma grande limitação desse estudo foi a não realização das medições por softwares computacionais, em um modelo ex vivo e indicam seu potencial para uso em procedimentos de cirurgia microinvasiva endo..</p> <p>as guias são viáveis em um modelo ex vivo e indicam seu potencial para uso em procedimentos de cirurgia microinvasiva endo..</p> <p>pequenos erros nos cálculos não cita</p>			

Continuação Tabela 2

CARACTERÍSTICAS DOS ESTUDOS			MÉTODOS			RESULTADOS		
Língua de publicação	Pais de origem	Diagnóstico, objetivo do estudo, possíveis causas ou motivos para o tratamento	Técnica empregada	Marca do sistema na TGD ou características da guia na TGE	Tipo de tecnologia	Tempo de preservação, RX final/tomografia, sintomatologia	Limitações	Conclusões
Westbrok et al., 2023	inglês	estudo experimental, eficiência TGE X vivo TM	TGE X TM	TGE (Sistema de broca guiada -FG drill system) X TM com microscopia.	CBCT pré e pós cirurgia (CS 9600), scanner bancada Primescan (Dentsply Sirona), Blue Sky Bio software	Análise de precisão	Isotrofia	TGE teve maior precisão à osteotomia e apicectomia por TM, TGE reduziu significativamente o tempo cirúrgico.
40	USA	estudo experimental, eficiência TGE X vivo TM	TGE X TM	TGE (Sistema de broca guiada -FG drill system) X TM com microscopia.	CBCT pré e pós cirurgia (CS 9600), scanner bancada Primescan (Dentsply Sirona), Blue Sky Bio software	Análise de precisão	Isotrofia	TGE teve maior precisão à osteotomia e apicectomia por TM, TGE reduziu significativamente o tempo cirúrgico.
Martinho et al., 2023	inglês	estudo experimental, eficiência TGE X vivo TM	TGD X TM	X-guide software.	Desenho do estudo em boca dividida, janela óssea e apicectomia por ponta de piezoelétrico (OT57-4) com TGD e microscopia, X-clip (X-Nav Technologies, Lansdale, PA), CBCT(CS 9600)	Tempo de preservação, RX final/tomografia, sintomatologia	Limitações	Conclusões
41	USA	estudo experimental, eficiência TGD (n = 24) e PIEZO + TM + Microscopia (Global Surgical mental, Corporation, St Louis, MO)(n = 24).	TGD X TM	X-guide software.	Desenho do estudo em boca dividida, janela óssea e apicectomia por ponta de piezoelétrico (OT57-4) com TGD e microscopia, X-clip (X-Nav Technologies, Lansdale, PA), CBCT(CS 9600)	Tempo de preservação, RX final/tomografia, sintomatologia	Limitações	Conclusões

Continuação Tabela 2

CARACTERÍSTICAS DOS ESTUDOS			MÉTODOS			RESULTADOS							
Língua de publicação	País de origem do estudo	Diagnóstico, objetivo do estudo, possíveis causas ou Tipo de motivos para o tratamento	Técnica empregada	Marca do sistema na TGD ou características da guia na TGE	Tipo de instrumento ou para desgaste	Treinamento prévio	Duração	Análise de precisão	Limitações	Conclusões			
Wang et al., 2023	inglês	China	estudo experimental, in vitro	avaliar a influência do FOV (campo de visão), e tamanho do voxel na precisão, acurácia de cirurgias pela TGD	TGD diferentes Fov	DHC-ENDO1; DCARER Medical Technology, Suzhou, China	9 grupos com a combinação de 9 FOV to de e 9 tamanhos de voxel trabalho	Trefina 4 mm de diâmetro e de 15,1 mm comprimen	dentos anteriores < desvio final (P< 0,05) que posteriores	NSA não cita	não cita	não cita	Mandíbula 3D não apresentam artefatos como em pacientes CBCT. Uso de apenas uma unidade CBCT limita generalização. Mais sistemas DN com menos marcadores fiduciais são necessários para explorar precisão do registro entre imagens CBCT pré e pós-operatórias.
Gibello et al., 2023	inglês	Itália	estudo de caso fem.	Relatar o tratamento por microcirurgia endodôntica e TGD do dente 36, com um instrumento fraturado além do canal na raiz mesiovestibular, paciente 32 anos, de caso fem.	TGD	Navident com dispositivo de reconhecimento "borboleta" com silicone	4, broca de CBCT (Morita), apicectomia, remoção do instrumento com pontas ultrassônicas	1 ano, lesão em processo de regressão, assintomático	RX e CBCT	não cita	não cita	não cita	TGD é valiosa em casos complexos, permitindo osteotomias seletivas e cicatrização mais rápida, menos anestésias e sangramento, reduzindo a fadiga do operador e do paciente.

Continuação Tabela 2

CARACTERÍSTICAS DOS ESTUDOS			MÉTODOS			RESULTADOS					
Lingua de publicação	Pais de origem do estudo	Diagnóstico, objetivo do estudo, possíveis causas ou tratamento	Marca do sistema na TGD ou características da guia na TGE	Técnica empregada	Tipo de tecnologia	Tipo de instrumento ou para o desgaste	Treinamento prévio	Duração	Análise de precisão	Limitações	Conclusões
		3 casos de cirurgias periapicais TGE, Caso 1: 32 anos, fem., dentes 11, 21 e 12 PAS. Caso 2: 42 anos, masc., dente 21.APA. Caso 3: 33 anos, fem., dente 25, lima fraturada além ápice	TGE	TGE	Geomagic Freeform plus software, impressora 3D SLA (Formlabs)	tréfina (H Lindmann), retropreparação com ultrassom (KIS 2D, Kerr Dental)	não cita	não cita	RX	1 mês, 7 dias, 1 mês de controle RX não cita	A TGE foi útil nas apicectomias. Guia criada manualmente por cima de modelo impresso, barateando os custos, remoção de lima próxima ao seio maxilar com segurança.
Mahendran et al., 2023	Índia	avaliar a acurácia da osteotomia e apicectomia com TGE usando broca ex vivo X tréfina	6 modelos de maxila com dentes extraídos presos em resina acrílica. Total de 86 procedimentos	TGE	CBCT i-CAT Next Generation device, scanner de mesa extraoral (Maestro 3D MDS400, 39 guias amela por broca e 47 por tréfina, software de planejamento (Smart Guide Software System, printer (3D Systems), Amira 5.4.5 mm	Brocas cirúrgicas piloto 2 mm de diâmetro e guia amela de 2,04 mm x 4,46 mm	não cita	não cita	Trepano < desvio que broca	NSA não cita	Ambas as abordagens de apicectomia proporcionam o mesmo nível de precisão para uso em gesso prático. Apenas a que diverge do cenário cirúrgico real, mostrou diferença consequente est. sig. com < nte não se pode generalizar os resultados
Kirácsáti et al., 2023	Hungria	comparar TGD X TGE em apicectomias em nível de conhecimento do operador	TGD X TGE com microscópio X TGE com microscópio X TM com microscópio	TGD X TGE com microscópio X TM com microscópio	software TGE: 3-matic Medical software (Materialise); software de TGD: DCARER (Suzhou, China)	broca tréfina 4 mm de diâmetro	não cita	não cita	TGE e TGD apresentaram desvios de comprimento, ângulo, volume e profundidade que TM.	TGE e TGD apresentaram desvios de comprimento, ângulo, volume e profundidade que TM.	TGE e TGD melhoraram bastante a precisão e segurança da apicectomia, independente da experiência do operador

Continuação Tabela 2

CARACTERÍSTICAS DOS ESTUDOS			MÉTODOS			RESULTADOS				
Citação	País de origem do estudo	Diagnóstico, objetivo do estudo, possíveis causas ou motivos para o tratamento	Técnica empregada	Marca do sistema na TGD ou características da guia na TGE	Tipo de tecnologia	Treinamento prévio	Duração	Análise de precisão	Limitações	Conclusões
Chen et al., 2023	China	série de casos prospectiva	TGD	9 pacientes (11 dentes e 12 raízes) apicectomia TGD. Pacientes entre 18-59 anos de idade, média 29,6 anos, 8 com PAS e 1 PAA, lesões periapicais < 4 mm (CBCT)	Moldeira termoplástica 4 em ponta de cúspides na arcada do paciente, CBCT (J. Morita), TGD aparelho de planejamento (DHC-ENDO1, DCARER, diâmetro de corte 4 mm)	Diâmetro externo 4 mm, comprimento de trabalho 15,1 mm em micro-motor elétrico 1200 rpm.	não cita	não cita	não cita	Tempo de preservação, RX final/tomografia, sintomatologia
				DNS (DHC-ENDO1) com trefina (818-102, Changsha Tiantian Dental Equipment Co., LTD, Changsha, China)				média desvio plataforma, ápice e ângulo osteotomia: 1,05 mm, 1,2 mm e 6,24°, ressecção da raiz, média comprimento e ângulo desvio: 0,46 mm e 4,9°.	Lesões periapicais pequenas o que pode ter levado a um prognóstico melhor, o tamanho amostral também era muito pequeno, impedindo a generalização dos resultados	

Tabela 3 – Dados descritivos das Revisões incluídas na revisão de escopo

CARACTERÍSTICAS DOS ESTUDOS				MÉTODOS				RESULTADOS E CONCLUSÕES										
Citação	Língua	País de origem	Tipo de estudo	OBJETIVO	Critérios de inclusão	Fontes de Busca (PUBMED, Embase, etc...)	Uso de gerenciadores de citações e da revisão	N. de artigos busca	Período de busca	Técnicas avaliadas	Check list, PRISMA/ CARE,	Duração da revisão	Análise de precisão *desvio*	Avaliação trans pós operatória	Nível Sucesso	Limitações	Conclusões	
1	Moreno-Rabí et al., 2020	inglês	Alemanha	Revisão sistemática	Revisão endodôntico guiado.	in vitro e ex vivo Science	NSA	22	de 2019	TGE	CARE e PRISMA	2007 a 2019	mesmo que mínimo.	Não cita	Alta taxa de sucesso	Não cita	Custo elevado iatrogênicos.	técnica promissora que oferece um resultado altamente previsível e menor risco de danos iatrogênicos.
2	Zubizarreta-Macho et al., 2021.	inglês	Espanha	Revisão sistemática com meta-análise	determinar o efeito das técnicas de navegação auxiliada por computador na precisão das cavidades de acesso endodôntico.	PubMed, Embase, Cochrane Library, Web of Science	NSA	13	até 2020	TGD	PRISMA	1 ano	A estimativa da taxa de sucesso não se alterou (98,1%; IC: 95% entre 95,7% e 100%)	Não cita	Microtrincas são relacionadas em alguns estudos	Não cita	TG são altamente precisas na localização de sistemas de canais radiculares	
3	Martinho et al., 2023	inglês	Estados Unidos	Revisão de escopo	mapear a literatura existente sobre o uso do TGD em revisões por pares. endodontia.	referências em inglês; e (4) Science (Clarivate Analytics)	Covidence by Cochrane, Melbourne, Austrália	18	2021	TGD	PRISMA	NSA	nsa	Não cita	Sucesso	TM	custo elevado	acurácia e eficiência na realização de cavidades de acesso minimamente invasivas, localização de canais calcificados e microcirurgia endodôntica

Continuação Tabela 3

CARACTERÍSTICAS DOS ESTUDOS				MÉTODOS				RESULTADOS E CONCLUSÕES								
Citação	Lingua origem	País de origem	Tipo de estudo	OBJETIVO	Fontes de Busca (PUBMED, Embase, etc.)	Uso de gerenciadores de citações e da revisão	N. de artigos busca	Período de busca	Técnicas avaliadas	Check list, PRISMA/CARE, revisão	Duração da revisão	Análise de precisão "desvio"	Avaliação trans pós operatória	Nível Sucesso	Limitações	Conclusões
Umer et al., 2022	Inglês	Paquistão	Revisão de escopo	analisar sistematicament e os algoritmos e modelos de IA utilizados em endodontia	PubMed, EBSCO, Dentistry & Oral Sciences, EBSCO CINAHL	Não cita	12	2020 até Outubro de 2021	AI	PRISMA	Não cita desvíos padrões	Não cita	Não cita	Sucesso	Não cita	A tendencia atual de pesquisa está focada em tarefas especializadas, como segmentação dentária e problemas de classificação binária, a AI apresenta resultados aceitáveis
Vasudevan et al., 2022	Inglês	India	Revisão sistemática	avaliar a literatura quanto às aplicações, vantagens e limitações do DNS em endodontia.	PubMed, Scopus, Embase e Web of Science	Não cita	14	Até julho de 2021	TGD	PRISMA e JBI	3 anos detectados desvíos padrões	Não cita	em 1 dos estudos ocorreu Sucesso em todos os casos analisado	5	Não cita	A DNS pode ser aplicada com sucesso em situações clínicas desafiadoras como obliteração do canal pulpar, acesso conservador, retratamento endodôntico e microcirurgia endodôntica, ser realizada por conta da eficaz, causar menos erros heterogeneidad iatrogênicos e menor tempo de cadeira.

Continuação Tabela 3

CARACTERÍSTICAS DOS ESTUDOS				MÉTODOS				RESULTADOS E CONCLUSÕES									
Citação	Língua	País de origem	Tipo de estudo	Objetivo	Critérios de inclusão	Fontes de Busca (PUBMED, Embase, etc.)	Uso de gerenciadores de citações e da revisão	N. de artigos busca	Período de busca	Técnicas avaliadas	Check list, PRISMA/CARE	Duração da revisão	Análise de precisão *desvio*	Avaliação trans pós-operatória	Nível Sucesso	Limitações	Conclusões
6	Inglês	Suíça	Revisão narrativa	atualizar o estado atual da endodontia guiada	Não cita	Não cita	Não cita	Não cita	Não cita	TGE e TGD	Não cita	Não cita	Não cita	Não cita	Sucesso	Alguns estudos apresentaram altos custos de aquisição para o sistema de navegação. radiculares calcificados mínimos.	TG método seguro e minimamente invasivo para a detecção de canais radiculares calcificados
7	Inglês	Lituânia	Revisão Sistemática	revisar sistematicament e a literatura sobre a acurácia de procedimentos de tratamento endodôntico não cirúrgico TGD e TM	Ensaio sistematically experimentalizados (RETS) ou ensaios clínicos (ECRs): Web of Science, Scopus e não cirúrgico com TGD X TM Library	PubMed, Web of Science, Scopus e Cochrane Library	até setembro de 2021	6	2021	PRISMA	Não cita	Desvios angulares	Não cita	Sucesso em todos os casos analisados	Busca em quatro bases de dados,,pequeno número de estudos incluídos, a variedade dos desenhos de estudo e as medidas de desfecho que ocorreram impedem a comparação.	TGD > acurácia, que TM e pode ser útil no manejo de casos endodônticos complicados após treinamento adequado	

Continuação Tabela 3

CARACTERÍSTICAS DOS ESTUDOS				MÉTODOS				RESULTADOS E CONCLUSÕES								
Citação	Língua	País de origem	Tipo de estudo	Objetivo	Crítérios de inclusão	Fontes de Busca (PUBMED, Embase, etc.)	Uso de gerenciadores de citações e da revisão	N. de artigos busca	Período de busca	Técnicas avaliadas	Check list, PRISMA/CARE, revisão	Duração da análise de precisão "desvio"	Avaliação trans pós-operatória	Nível Sucesso	Limitações	Conclusões
8	Inglês	Paquistão	Revisão de escopo	delinear que os sistemas de aprendizado profundo, lógico fuzzy, desenvolvidos nos últimos anos especialistas e sistemas de decisão de (IEEE), serão empregados em odontologia.	2009 e 2022 aplicação de redes neurais artificiais, aprendizado de máquina, Google Scholar, Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE), suporte clínico Xplore, (CODS) em odontologia. Scopus.	Busca (PUBMED, Embase, etc.)	Usos de gerenciadores de citações e da revisão	55	até junho 2022	AI	PRISMA	2009 - 2022	Não cita	Sucesso	Não cita	IA tem contribuído substancialmente para diferentes subcampos da odontologia
9	Inglês	EUA	Revisão sistemática com meta-análise	utilização de IA na área odontológica.	2010-2022	PubMed, MEDLINE	Usos de gerenciadores de citações e da revisão	28	30 de julho de 2020 até 24 de agosto de 2020	AI	PRISMA e o Cochrane Handbook	2010-2022	Não cita	Sucesso	Não cita	ainda não foi totalmente introduzida na pesquisa odontológica nem no mercado odontológico. A IA representa uma abordagem eficaz para analisar dados clínicos odontológicos.

CARACTERÍSTICAS DOS ESTUDOS				MÉTODOS				RESULTADOS E CONCLUSÕES										
Citação	Língua origem	Pais de origem	Tipo de estudo	OBJETIVO	Critérios de inclusão	Fontes de Busca (PUBMED, Embase, etc.)	Uso de gerenciadores de citações e da revisão	N. de artigos busca	Período de busca	Técnicas avaliadas	Check-list, PRISMA/CARE, revisão	Duração da precisão *desvio*	Análise de precisão operatória	Avaliação trans pós	Nível Sucesso	Limitações	Conclusões	
10	Thurzo et al., 2022	Inglês	Estiváquia	Revisão Sistemática e Análise da Literatura	IA (incluindo subcampos) odontológico ou especialização odontológica. Machine Learning, Deep learning, Redes Neurais, Computação Cognitiva, Scopus, Web of Science — Core	PubMed, Scopus, Web of Science — Core	Uso de gerenciadores de citações e da revisão	497	1º de janeiro de 2021 a 19 de abril de 2022	AI	PRISMA	10 anos	Não cita	Não cita	Promissor	Não cita	Capacidade computacional, confiabilidade, generalizabilidade de, desequilíbrio de classe, overfitting	As tendências na implementação da IA mais fortes nas radiologia odontológica e ortodontia.
11	Karobari et al., 2023	Inglês	Camboja	Revisão da literatura	IA e sua aplicação em endodôntica.	Google Scholar, Medline, PubMed, Embase, Web of Science e Scopus	Não cita	88	Até novembro de 2022	AI	PRISMA	Janeiro de 1980 a 15 de setembro de 2021	Não cita	Sucesso	Não cita	Em endodontia, a IA apresentou acurácia em termos de avaliação diagnóstica e prognóstica. IA pode ajudar a melhorar o plano de tratamento	Treinamento computacional	
12	Ramezanzade et al., 2023	Inglês	Dinamarca	Revisão sistemática	Endodôntica com RX	PubMed, Scopus, Google Acadêmico e Cochrane	Não cita	24	Não cita	AI	PRISMA	Não cita	desvios padrões	Sucesso	não cita	IA mostrou eficácia na descoberta de características RX em diferentes tratamentos endodônticos.	aprendizado nas técnicas	

Continuação Tabela 3

CARACTERÍSTICAS DOS ESTUDOS				MÉTODOS				RESULTADOS E CONCLUSÕES									
Citação	Língua	País de origem	Tipo de estudo	OBJETIVO	Crítérios de inclusão	Fontes de Busca (PUBMED, Embase e etc.)	Uso de gerenciador de citações e da revisão	N. de artigos	Período de busca	Técnicas avaliadas	Check-list, PRISMA/CARE, Duração da revisão	Análise de precisão "desvio"	Avaliação trans pos operatória	Nível Sucesso	Iatrogenia	Limitações	Conclusões
13	Khanagar et al., 2023	Arábia Saudita	Revisão sistemática	IA em aplicação e o desempenho de modelos de IA projetados para endodontia	IA em endodontia; 1º de janeiro de 2000 e 30 de novembro de 2022	Aplicações de Cochrane, Embase e Science, Web of Science, Embase e Cochrane, secundária mente, Google Scholar e Saudi Digital Library	37	2022	1º de janeiro de 2000 e 30 de novembro de 2022	AI	PRISMA	22 anos	Não cita	Não cita	Sucesso	Não cita	IA têm sido aplicados para determinar o comprimento de trabalho, fraturas verticais da raiz e morfologia radicular; detectar e diagnosticar doenças pulpares e lesões periapicais; e prever prognóstico, dor pós-operatória e dificuldades do caso.
14	Mekhloueva et al., 2023	Itália	Revisão sistemática com meta-análise	benéficos TGD microcirúrgico em dentes não cirúrgica e microcirúrgica. X TM)	Estudos in vivo e ex vivo, estudos observacionais	PubMed, Cochrane Library, Wiley Online Library e Scopus	9	2023	Agosto de 2023	TGD x TM	PRISMA	1 ano	Não cita	Não cita	Sucesso principal na técnica dinâmica	redução significativa na perda de substância na técnica dinâmica	TGD parece apresentar melhores resultados quando comparada TM
15	Peña-Benagoa et al., 2023	Chile	Revisão sistemática	"A endodontia guiada é uma técnica eficaz para localização de canais calcificados?".	estudos observacionais, relatos de casos e ensaios clínicos.	PubMed, Web of Science, Scopus, Scielo	45	2022	Até julho de 2022	TGE	PRISMA	Não cita	Registrado desvios angulares	Não cita	Sucesso em alguns casos	Perda de substância em alguns casos	TGé uma ferramenta eficaz e previsível para localizar canais radiculares calcificados. Custo elevado

Continuação Tabela 3

Citação	CARACTERÍSTICAS DOS ESTUDOS			MÉTODOS				RESULTADOS E CONCLUSÕES									
	Língua	Pais de origem	Tipo de estudo	Objetivo	Critérios de inclusão	Fontes de Busca (PubMed, Embase, etc.)	Uso de gerenciadores de citações e da revisão	N. de artigos busca	Período de busca	Técnicas avaliadas	Check list, PRISMA/CARE	Duração da revisão	Análise de precisão + desvio*	Avaliação trans pós operatória	Nível Sucesso	Limitações	Conclusões
16	Li et al., 2023	Inglês	China	Revisão de escopo	Robôs no tratamento clínico de doenças dentárias, como câncer de cabeça e pescoço, síndrome de apneia e hipopneia obstrutiva do sono, defeitos de dentição e distúrbios da ATM	Pubmed, China National Knowledge Infrastructure, o Aggregator de Informação de Ciência e Tecnologia do Japão, Eletrônica e o Instituto de Elétrica e Eletrônica	Não cita	113	2022	Robô	Não cita	Não cita	Não cita	Sucesso	Não cita	infraestrutura cara, custos de aquisição, manutenção e operação, muitos robôs são complexos em estrutura e grandes.	Revisão bibliométrica demonstrou tendência da investigação com TG, existe maior interesse de investigação na Europa. Brasil é o país de destaque com mais artigos sobre o
17	Lima et al., 2024	Inglês	Brasil	Revisão bibliográfica	Analisar a tendência e principais características dos artigos relacionados à EG	Estudos em que oEG foi investigado, descrito ou mencionado.	Web of Science	Não cita	85	Até maio de 2023	PRISMA	Não cita	Não cita	Sucesso	Não cita	Limitações de uma revisão bibliográfica	Revisão bibliométrica demonstrou tendência da investigação com TG, existe maior interesse de investigação na Europa. Brasil é o país de destaque com mais artigos sobre o

Fonte: os autores

Tabela 4 – Dados descritivos de Inteligência Artificial (IA), Realidade Virtual (RV), Realidade Aumentada (RA), Robótica (Robo) incluídas na revisão de escopo.

CARACTERÍSTICAS DOS ESTUDOS				MÉTODOS			RESULTADOS E CONCLUSÕES							
N. Citação	Lingua de publicaçã	Ano de origem	País de origem	Tipo de estudo	Tipo de tecnologia	Aplicação endodôntica	Tipo de modelo empregada	Tecnologia empregada	modo de uso	Avaliação	Resultados	Vantagens	desvantagens	Conclusões
1	Pohlentz et al., 2010	2010	Alemanha	estudo experimental	RV	Modelo virtual de crânio Sistema Voxel-Man para visualização e segmentação, dentes e nervo alveolar inferior como objetos separados, lesões apicais modeladas em formato de bolas para os dentes n. 23, 25, simulador Voxel-Mann apicectomias 35 e 36 .	Modelo virtual de crânio Sistema Voxel-Man para visualização e segmentação, dentes e nervo alveolar inferior como objetos separados, lesões apicais modeladas em formato de bolas para os dentes n. 23, 25, simulador Voxel-Mann apicectomias 35 e 36 .	Tecnologia empregada	estereoscópico com espelho, aprendiz controla broca com questionário sobre escala de realismo, feedback tátil, em manequim com diferentes instrumentos odontológico	53 alunos avaliados (92,7%) recomendaram a simulação virtual como modalidade adicional no ensino odontológico	O Voxel-Man permite treinar com diferentes casos normais e patológicos	cita o desagrado de um único residente na sala de limitações cirurgias.	os estudantes de odontologia satisfeitos com simulador, simulação cirúrgica em realidade virtual melhorou sif. desempenho dos residentes na sala de cirurgias.	
2	Bruellman et al., 2013	2013	Alemanha	Estudo de viabilidade	RV	Abordagem de classificação de cores para a detecção em tempo real de canais radiculares em seqüências de vídeo obtidas por câmeras de vídeo intra-orais com classificação de tipos de dentes, armazenamento de localização de pontos anatômicos para uso estatístico.	Os orifícios dos canais radiculares são identificados em imagens de vídeo orifícios e classificação dentária.	operador usando manequim de cabeça com controle de uma broca simulada por pedal	localização dos canais determinada utilizando de imagem de banco de dados de 287 dos 305 canais radiculares foram detectados corretamente.	armazenamento automático da localização, tamanho e orientação das estruturas encontradas com software pode ser usado para futuros estudos não cita	observações feitas em estudos anatômicos podem ser aproveitadas para automatizar a detecção em tempo real dos orifícios dos canais radiculares			

Continuação da Tabela 4

N.	CARACTERÍSTICAS DOS ESTUDOS				MÉTODOS				RESULTADOS E CONCLUSÕES						
	Citação	Lingua de publicação	Ano de origem	Tipo de estudo	Tipo de tecnologia	Aplicação endodôntica	Tipo de modelo empregado	Tecnologia empregada	modo de uso	Avaliação	Resultados	Vantagens	desvantagens	Conclusões	
3	Hiraiwa et al., 2019	Inglês	2019	Estudo experimental	RV	avaliação de morfologia	imagens de CBCT	profundo.	profundo.	avaliação de imagens de CBCT	Sem dif. est. .CNNs. T. treinamento: AlexNet - 51 min, GoogleNet - 3 h.. T. de teste: AlexNet - 9 s, GoogleNet - 11 s. Raízes extras classificando as raízes nas rx CBCT e com DIGITS no framework Caffe,aprendizado profundo.	comparação da acuidade de dois radiologistas as imagens panorâmicas usando sistema de aprendizado profundo.	aprendizado com conjuntos de dados de imagens para classificação. Limitação: tamanho ideal dos patches.	para avaliar a relação do envelhecimento de uma raiz única ou extra nas raízes distais dos primeiros molares mandibulares.	O sistema de aprendizado profundo demonstrou alta precisão no diagnóstico diferencial de imagens envelheciment diagnóstico diferencial de flutuação no n. nas raízes distais dos primeiros molares mandibulares.

Continuação da Tabela 4

CARACTERÍSTICAS DOS ESTUDOS				OBJETIVO DO ESTUDO		MÉTODOS		RESULTADOS E CONCLUSÕES				
N. Citação	Língua de publicação	Ano	Pais de origem	Tipo de estudo	Tipo de tecnologia	Aplicação endodôntica	Tipo de modelo empregada	modo de uso	Resultados	Vantagens	desvantagens	Conclusões
4	Jiang et al., 2019	2019	China	estudo experimental in vivo com 10 cães	Sistema de RV cirúrgico craniofacial	precisão do sistema RA em cirurgia bucal e investigação dos principais fatores que afetam a sua precisão em comparação com TM	<p>cirurgia por RA com 10 cães, fCBCT finas (1,25 mm) das mandíbulas, software Mimici 15.0</p> <p>comparação baseada em RV foi aplicado com sucesso para sistema de RA perfurar de navegação rapidamente e dinâmica para com precisão furros nas mandíbulas.</p> <p>TM</p>	<p>ARToolKit projeta modelo 3D no mundo real, software Max r registra a posição e orientação do modelo virtual com posição real as imagens de integração de alta definição e "continua" das situações de trabalho exportadas para o visor.</p> <p>O sistema baseado em RV foi aplicado com sucesso para sistema de RA perfurar de navegação rapidamente e dinâmica para com precisão furros nas mandíbulas.</p> <p>TM</p>	<p>apenas 4 procedimentos foram realizados, A precisão diminuiu linearmente com a distância do marcador.</p>			
5	Orhan et al., 2020	2020	Turquia	estudo experimental com validação do método	Sistema de IA RNC	desempenho diagnóstico de um sistema IA RNC profundas para detectar patologias periapicais	<p>IA X humano</p>	<p>153 dentes com lesões, vol. lesões calculados por segmentação manual software Fujifilm-Synapse 3D, rede neural determina detecção da lesão, localização e volume</p> <p>IA X humano</p>	<p>métodos de segmentação foi bem-sucedido em detectar dentes e numerar dentes específicos.</p> <p>alta acurácia</p>	<p>diferenças entre a segmentação manual e as medições de IA apontam limitações do sistema.</p> <p>a tecnologia pode facilitar o diagnóstico com alta acurácia</p>	<p>volume realizadas por humanos e por sistemas de IA foram comparáveis entre si</p>	

Continuação da Tabela 4

CARACTERÍSTICAS DOS ESTUDOS				MÉTODOS		RESULTADOS E CONCLUSÕES									
N. Citação	Língua de publicação	Ano	País de origem	Tipo de estudo	Tipo de tecnologia	Objetivo do estudo	Aplicação endodôntica	Tipo de modelo	Tecnologia empregada	modo de uso	Avaliação	Resultados	Vantagens	desvantagens	Conclusões
6	Lin et al., 2021	inglês	China	estudo e	IA	usar uma nova sequência de dados com base nos dados de micro-CT para treinar a RNC U-Net para segmentação de cavidade pulpar e dente CBCT.	conhecimento da morfologia do canal radicular	CBCT de 30 dentes extraídos por motivo orto. e imagens micro-CT	Machine learning (SIFT-SVM, CNN, and transfer learning) para trat. endo... plataforma hardware GPU Nvidia GeForce RTX 2060, framework de software OpenCV, SIFT pixels e SVM, a CNN filtragem para obter pontos de intensidade de pixel para 3 métodos de aprendizado de máquina	CBCT e micro-CT de 30 dentes foram processados e rotulados experimentalmente a partir de imagens de alta qualidade micro-CT.	25 CBCT e micro-CT para treinamento; 5 CBCT para teste. U-Net: 2 pipelines de dados - grupo manualmente processado e rotulado e transformados em imagens de partir de maior precisão de segmentação.	U-Net network alta qualidade de segmentação.	abordagem automática e precisa para segmentar dentes e cavidades molares e a falta de cenários em imagens de CBCT. clínicos reais.	limitações, exclusão de molares e a falta de cenários em imagens de CBCT. clínicos reais.	abordagem automática e precisa para a segmentação de tarefas de pesquisa e clínicas.
7	Xu et al., 2022	inglês	China	estudo de desenvolvimento e validação do método	IA	Desenvolver e validar um método assistido IA para identificar a história de tratamento de canal radicular utilizando RX... 920 amostras (positivas: com trat de canal, negativas: sem trat. de canal).	identificação de tratamentos endodônticos realizados	proposição de método de pré-processamento de imagem para extrair a região de interesse endodôntico (ROI) contendo os canais.	Interceptando manualmente dente na RX, utilizando GeForce RTX 2060, framework de software OpenCV, SIFT pixels e SVM, a CNN filtragem para obter pontos de intensidade de pixel para 3 métodos de aprendizado de máquina	as abordagens SIFT-SVM, CNN (VGG16) e aprendizado de transferência diferem na forma como extraem e utilizam características das imagens para classificação.	ainda não pode ser usado para avaliar a qualidade dos tratamentos.	eficácia do método proposto de extração de ROI para o diagnóstico assistido por IA da história do trat. canal.			

Continuação da Tabela 4

CARACTERÍSTICAS DOS ESTUDOS				MÉTODOS			RESULTADOS E CONCLUSÕES							
N. Citação	Lingua de publicação	Ano	País de origem	Tipo de estudo	Tipo de tecnologia	Aplicação endodôntica	Objetivo do estudo	Tecnologia empregada	modo de uso	Avaliação	Resultados	Vantagens	desvantagens	Conclusões
8	2022	2022	Espanha	estudo experimental	RA	comparar e contrastar a precisão endodôntico em 60 dentes criando um dispositivo de RA X unidimensional s	acesso endodôntico em 60 dentes criando um dispositivo de RA X unidimensional s	CBCT pré-pós do modelo, scan bancada (True Definition), imagem de vídeo 3D em movimento para o acesso. STL para criar STL software NemoScan®	broca 1.2 mm para diâmetro, 14 mm.	avaliados pelo índice kappa	sem dif. angular	O dispositivo de RA localizou canais 100%, enquanto TM	RA ainda não possui a capacidade de fornecer imagens em tempo real.	o dispositivo de RA foi integrado a um modelo cirúrgico 3D realizando com sucesso a cirurgia.
9	2022	2022	China	Relato de caso	Cirúrgico	Realidade Mista combinada com um Modelo Cirúrgico	visualização da área apical em cirurgias através de arquivos 3D transferidos em sistema de realidade mista, HoloLens	planejamento virtual do acesso com broca virtual 1,2 mm de diâmetro, 14 mm de compr. e 11 mm de profundidade e desgaste para o acesso. STL para HoloLens2.	Imagens 3D (V3D) transferidos para HoloLens, planejamento ao paciente dente 45, coroa porcelana, PAA, informações sobreobturaçã, 3D cortical intacta, lesão periapical estendendo forâmen mental.	paciente 27 anos, fem., ao paciente	o dispositivo de RA localizou canais 100%, enquanto TM	RA localizou canais 100%, enquanto TM	o dispositivo de RA foi integrado a um modelo cirúrgico 3D realizando com sucesso a cirurgia.	

Continuação da Tabela 4

N.	CARACTERÍSTICAS DOS ESTUDOS				MÉTODOS			RESULTADOS E CONCLUSÕES									
	Citação	Lingua de publicaçã	Ano	Pais de origem	Tipo de estudo	Tipo de tecnologia	Objetivo do estudo	Aplicação endodôntica	Tipo de modelo empregada	Tecnologia empregada	modo de uso	Avaliação	Resultados	Vantagens	desvantagens	Conclusões	
10	Albitar et al., 2022	Inglês	2022	EUA	Estudo experimental	IA	desenvolver uma CNN para detectar com precisão canais não obturados em molares superiores tratados endodônticamente em de canais CBCT em comparação com registros clínicos e/ou radiográficos .	obturados	recuperados.	U-net networ 3D disponíveis. pior.	aproveitar informações melhor e 1 o de teste.	0,3018 (IC 95%: 0,0388–0,5649) para o conjunto de teste.	para o conjunto de treinamento e 0,3731–0,5717) médio de 0,4724 (IC 95%: 0,3731–0,5717) para o conjunto de treinamento e médio de 0,4724 (IC 95%: 0,3731–0,5717) para o conjunto de teste.	modelos de aprendizado profundo ou diferentes máquinas CBCT forneceria resultados mais fortes e universais.	em uma variedade de modelos de aprendizado profundo ou diferentes máquinas CBCT forneceria resultados mais fortes e universais.	em uma variedade de modelos de aprendizado profundo ou diferentes máquinas CBCT forneceria resultados mais fortes e universais.	IA tem potencial de identificar canais calcificações do obturados e não obturados em dentes tratados endodônticamente.

Continuação da Tabela 4

N.	Citação	CARACTERÍSTICAS DOS ESTUDOS			MÉTODOS			RESULTADOS E CONCLUSÕES			
		Lingua de publicação	Tipo de estudo	Tipo de tecnologia	Objetivo do estudo	Aplicação endodôntica	Tecnologia empregada	modo de uso	Resultados	Vantagens	desvantagens
11	Farronato et al., 2023	inglês	estudo experimental	RA	acesso endodôntico da superfície	análise da precisão da RA para o acesso guiado em mandíbulas impressas em 3D entre diferentes níveis de experiência dos operadores	2 operadores com diferentes níveis de experiência realizaram acesso guiados virtualmente por sistema de RA em modelos 3D, avaliadas por CBCT scan (NewTom, pré-pós plano virtual para análise da discrepância nos pontos de entrada coronal e apical, desvio angular e área de acesso endodôntico da superfície)	Tecido ósseo das mandíbulas segmentado software Mimics Medical 23., software 3-composto Matic Medical 16.0 hardware e software foi desenvolvido para visualização e interação com objetos digitais, instalado no hardware com software pre-teste (NewTom, IOS Trios (3Shape), DICOM software Mimics Medical 23.0) para segmentação de dentes anteriores e PM: no ponto de entrada: 0,51 mm, ponto apical: 0,77 mm, desvio angular médio: 8,5°, sobreposição média de superfície: 57%, nos molares imediato, sem a necessidade de um guia, com o plano visualizado diretamente no paciente.	90 acessos com média de desvio de 0,63 mm, sobreposição média de 82%.	AR permite tratamento imediato, sem a necessidade de um guia, com o plano visualizado diretamente no paciente.	RA como guia digital para perfuração de cavidade de acesso endodôntico em diferentes dentes apresentou resultados promissores.

Continuação da Tabela 4

CARACTERÍSTICAS DOS ESTUDOS				MÉTODOS			RESULTADOS E CONCLUSÕES				
N. Citação	Ano de publicação	Pais de origem	Tipo de estudo	Tecnologia empregada	Aplicação endodôntica	Tipo de modelo	modo de uso	Resultados	Vantagens	desvantagens	Conclusões
Chen et al., 2023	2023	China	estudo experimental	RA	Viabilidade da microcirurgia endodôntica guiada por RA comparando com microcirurgia endodôntica convencional em modelos impressos, em relação à experiência do operador.	estudo crossover, 2 grupos TM X RA, 48 lesões para cada um. 8 modelos impressos- 12 lesões por modelo, 4 operadores inexperientes "OI", cada OI tratou 24 lesões TM e RA. Em seguida, 8 modelos, TM microscópio, RA , cirurgia com microscópio e dispositivo de RA (4 semanas entre uma fase e outra)	CBCT J Morrita, Kyoto, Japan). Sistema de RA composto: tablet inteligente (IPad mini 6, Apple, Cupertino, CA) com tela, câmera, giroscópio triaxial, sensor de luz ambiente e sensores de movimento ; e o Reality Composer, software de RA que permite imagens estereoscópicas em tempo real de modelos virtuais sejam sobrepostas e registradas nos dentes- alvo exibidos na tela.	RA reduziu desvio no vo. de remoção óssea (5.71 mm3 vs. 12.24 mm3), ressecção da extremidade da raiz (14.59 mm3 vs. 19.96 mm3) e desvio do ângulo de bisel, vol. lesão não removida e subjetivos (mudanças na confiança dos operadores cirurgiões).	plataforma de RA via Reality Composer(Apple) para osteotomia e localização do bisele (11,67° vs. 18.16°), com maior confiança dos operadores inexp. registro preciso .	atraso e imprecisão na sobreposição de modelos virtuais e locais cirurgicos, aumentando o tempo de RA em guiar procedimentos de TGE. RA > precisão na remoção óssea e exigindo calibração manual.	

Continuação da Tabela 4

N. Citação	Lingua de publicaçã	CARACTERÍSTICAS DOS ESTUDOS			OBJETIVO DO ESTUDO			MÉTODOS			RESULTADOS E CONCLUSÕES			
		Ano	Pais de origem	Tipo de estudo	Tipo de tecnologia	Aplicação endodôntica	Tipo de modelo empregada	Tecnologia empregada	modo de uso	Avaliação	Resultados	Vantagens	desvantagens	Conclusões
13	Martinho et al. (2023)	Inglês	2023	USA	estudo e RA	investigar a viabilidade de integrar um dispositivo de RA em um sistema de TGD para osteotomia e ressecção de ápice radicular (RAR) em modelos de maxila e mandíbula (TrueJaw, DElendo, Santa Barbara, CA)	modelo de boca dividido em TGD e TGD + TGD	TGD	X-clip (X-Nav, BCT: 80 kV peak, 2.0 mA, 20.0 seconds Angular. (CS 9600); Brocas: 10 mm (Nobel Biocare USA) e ø 4.2 mm (Nobel Biocare USA), 1200 RPM. Radicular: o cirúrgico no X-guide software (HoloLens 2) integrado ao software de boca realizado por TGD	precisão: Desvios 2D e 3D e Deflexão treino com 20 procedimentos, osteotomia e apicectomia em 100% (72/72). RA avaliaram exclusivamente a cabeça do paciente, custo,necessida TGD. A AR montada na cabeça tem o potencial de ser integrada de forma segura e confiável a TGD para microcirurgia endodôntica.	Ao contrário de investigações anteriores que avaliaram exclusivamente a precisão e eficiência do 3D-DNS para osteotomia e RER, conseguimos com de AR para sucesso integrar a uma AR ao 3D-DNS para EMS.	Posicionamento e orientação potencialment e inconvenientes da janela virtual, distância de trabalho dos óculos RA; curva de aprendizado	RA melhorou a precisão e a eficiência temporal do TGD. A AR montada na cabeça tem o potencial de ser integrada de forma segura e confiável a TGD para microcirurgia endodôntica.	
14	Altukroni et al., (2023)	Inglês	2023	Arábia Saudita	estudo observacional retrospectivo, diagnóstico e multicêntrico	IA "Make Sure Caries Detector and Classifier "(IMSc) X 10 cirurgiões dentistas (CD)	IA "Make Sure Caries Detector and Classifier "(IMSc) X 10 cirurgiões dentistas (CD)	3461 RX digitais de 3 países em 7 centros de pesquisa	O MSc, modelo IA Yolov5-x, detectou polpas incorretos e mosaico e rede parcial em 7 exposões não expostas. IA "Make Sure Caries Detector and Classifier "(IMSc) X 10 cirurgiões dentistas (CD)	O MSc alcançou um desempenho superior a 90% em todas as métricas não expostas, avaliadas, cruzados.	polpas expostas e não expostas, avaliadas, cruzados.	polpas dentárias expostas e não expostas, avaliadas, cruzados.	MAior probabilidade de diferenciação entre polpas dentárias expostas e não expostas.	MSc demonstrou ser confiável na detecção e diferenciação entre polpas dentárias expostas e não expostas.

Continuação da Tabela 4

CARACTERÍSTICAS DOS ESTUDOS		MÉTODOS			RESULTADOS E CONCLUSÕES								
N. Citação	Lingua de publicação	Ano	Pais de origem	Tipo de estudo	Tipo de tecnologia	Aplicação endodôntica	Tipo de modelo empregada	modo de uso	Avaliação	Resultados	Vantagens	desvantagens	Conclusões
15	Remschmidt et al., 2023	2023	Austria	Estudo experimental em cadáveres	Realidade Mista com um Modelo Cirúrgico	Aplicação em 6 cadáveres	3 cirurgias realizadas em apicoectomias HoloLens, 12 apicoectomias guiadas por AR em 6 cabeças de cadáveres humanos (n = 12).	3 cirurgias realizadas em apicoectomias guiadas por RA baseado em RA (Realidade Aumentada) com o HoloLens (HL).	<p>Eficiência: Tempo do Procedimento e Número de Contratempos</p> <p>O t. médio de preparação foi 162 s., sem dif do Apice est. sig. entre os 3 Radicular: cirurgias, usabilidade do Comprimento da Raiz HoloLens Ressecada e excelente, Angulo de pontuação média SUS: 80,4.</p>	<p>visualização 3D sem ter que alterar o posicionamento da cabeça</p> <p>RA e TG</p>	<p>a tecnologia ainda se encontra em seus estágios iniciais tendo que se investir no seu desenvolvimento.</p>	<p>Conforme os cirurgiões ganharam experiência com o HL, cada um deles demonstrou melhoria no tempo.</p>	
16	Bosshardt et al., 2023	2023	Suíça	estudo experimental em cabeça de porcos	Modelo de boca dividida RA X TGE, broca de 55 mm diâmetro, impresso em 3D	apicoectomias após remoção dos tecidos molares e pré-molares.	Modelo de boca dividida RA X TGE, broca de 55 mm diâmetro, impresso em 3D	<p>40 apicoectomias, 36 incluídas, sem dif. sign. RA e TGE</p> <p>ambas ultrapassaram a profundidade de 2 mm no sítio anterior.</p>	<p>RA e TG mostraram potencial de precisão adequado. Ambos alcançaram consistentemente fixar as mandíbulas para impedir movimentos o de uma variação de 2 mm no modelo in vitro.</p>	<p>RA tem o potencial de ser incorporada à cirurgia de apicoectomia.</p>			

Fonte: os autores

2.3 SUMÁRIO DA EVIDÊNCIA

Nesta revisão de escopo, foram analisados detalhadamente 181 artigos de 32 países distintos, conferindo um caráter global à pesquisa e à prática em Endodontia Guiada. O Brasil destacou-se como o líder em publicações, com 28 estudos, seguido pela China e pelos Estados Unidos da América, ambos com 24 publicações. Em seguida, estão Índia e Itália, com 13 estudos cada, e a Suíça, com 12 estudos (Figura 2).



Figura 2 – Mapa Mundial da Origem dos Estudos Incluídos na Revisão de Escopo, 2006-2023.
Fonte: Os autores.

Classificamos os estudos em duas categorias principais: estudos primários e estudos secundários. Os estudos primários incluem pesquisas clínicas e experimentais, enquanto os estudos secundários abrangem revisões de literatura. Adicionalmente, criamos um grupo específico para analisar as tecnologias emergentes, como Inteligência Artificial (IA), Realidade Aumentada (RA), Realidade Virtual (RV) e Robótica na Endodontia (Figura 3). A análise dos estudos primários revelou quatro temáticas que se alinhavam aos objetivos e

perguntas da pesquisa: a clínica, do operador, e do paciente. A investigação buscou compreender as abordagens adotadas pelos estudos, observando-se frequentemente a integração das múltiplas temáticas em um único estudo.

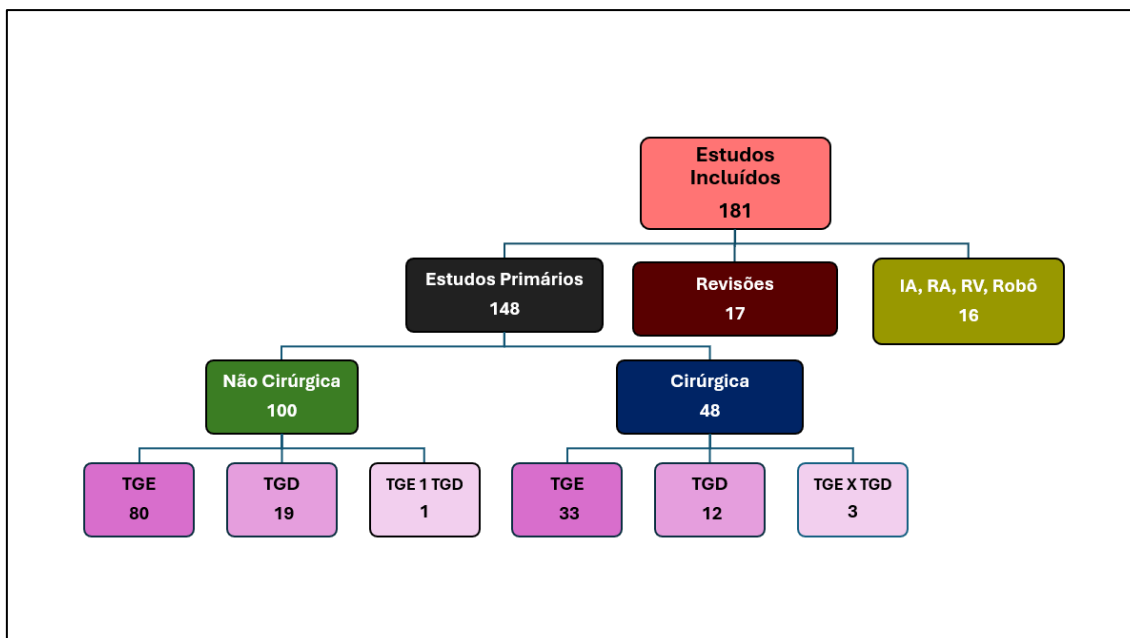


Figura 3 - Fluxograma de classificação lógica dos estudos encontrados na Revisão de Escopo, 2006-2023.

Fonte: Os autores.

A Temática Clínica abrangeu a metodologia das técnicas guiadas, desde o planejamento até a aplicação em estudos laboratoriais ou clínicos. Essa categoria compreendeu estudos sobre abordagens cirúrgicas e não cirúrgicas dos dois principais ramos tecnológicos da Endodontia Guiada (EG): a Técnica de Navegação Guiada Estática (TGE) e a Técnica de Navegação Guiada Dinâmica (TGD). Foram identificadas as características, vantagens, desvantagens e limitações de cada técnica, além de realizada a comparação entre elas e as técnicas de tratamento endodôntico convencional. Na Temática do Operador, destacamos o impacto na qualidade de vida e a eficácia técnica do profissional através da identificação dos artigos que abordavam a experiência necessária para a aplicação das técnicas guiadas, e os fatores relacionados à qualidade de vida do operador, especialmente o tempo clínico de trabalho com as novas técnicas e o nível de complexidade técnica. Na Temática do Paciente,

buscamos aspectos relacionados à avaliação da experiência clínica, incluindo o custo econômico, o tempo despendido nos tratamentos, a qualidade de vida durante o procedimento, através da percepção de dor ou desconforto do paciente e a ocorrência de iatrogenias.

Dos 148 estudos primários incluídos nesta revisão, aproximadamente 60,13% seguiram metodologias de estudos observacionais, incluindo relatos de caso e séries de casos, enquanto os restantes foram estudos experimentais, totalizando 59 estudos. A maioria dos estudos primários focou em procedimentos não-cirúrgicos, representando cerca de 67,56% do total. Esses estudos abordaram, principalmente, o acesso a dentes calcificados, obliterados ou com anatomia complexa utilizando técnicas de navegação guiadas. Os estudos clínicos cirúrgicos totalizaram 48, abrangendo procedimentos como ostotomias, apicectomias, curetagem e remoção de tecido inflamatório periapical. Por outro lado, os estudos experimentais centraram-se na avaliação da acurácia, eficácia, tempo operatório e desgaste de tecido dentinário das técnicas guiadas, comparando-as com a técnica manual ou entre si (Figura 3, Quadro 4).

Apesar dos avanços na área, ainda há uma escassez de estudos clínicos publicados sobre a Endodontia Guiada, especialmente com navegação dinâmica. A maioria dos estudos primários incluídos nesta revisão (aproximadamente 76,35%) focou na Técnica de Guia Estática (TGE), enquanto a Técnica Guiada de Navegação Dinâmica (TGD) foi empregada em apenas 31 estudos primários (aproximadamente 21%). Além disso, as duas técnicas guiadas foram comparadas entre si em 4 estudos experimentais (Quadro 4). A predominância da TGE pode ser atribuída ao seu menor custo e maior facilidade de uso. A TGD, por ser uma técnica mais recente com publicações a partir de 2019, ainda apresenta menos estudos, embora o seu uso esteja crescendo nos últimos cinco anos.

Quadro 4 - Distribuição e Citação dos Artigos Primários por Metodologia e Classificação de Procedimento (Cirúrgicos vs. Não Cirúrgicos)

Classificação	Metodologia do estudo					Total
	Técnica Guiada	Experimental N. de artigos	Citação	Observacional N. de artigos	Citação	
Não Cirúrgicos	TGE	25	(12) (13) (19) (20) (22) (27) (31-49) (104-106)	55	(5) (7) (10) (14) (16) (18) (21) (25) (54-65) (67) (70-75) (77-82) (84) (86-128) (139-144)	80
	TGD	13	(30) (38) (129-138)	6	(139-144)	19
	TGE vs TGD	1	(145)	0	-	1
Subtotal		39		61		100
Cirúrgicos	TGE	11	(9) (26) (146-154)	22	(76) (83-86) (88) (90-93) (155-166)	33
	TGD	6	(32) (167-171)	6	(172-177)	12
	TGE vs TGD	3	(29) (137) (178)	0	-	3
Subtotal		20		28		48
Total		59		89		148

Fonte: Os autores

Quadro 5 - Distribuição e Citação das Revisões de Literatura e Estudos sobre Inteligência Artificial, Realidade Aumentada, Realidade Virtual e Robótica Incluídos na Revisão de Escopo.

Revisões sistemáticas da Literatura*		
	N.	Citação
TGE	4	(50-53)
TGD	4	(179-182)
TGE /TGD	1	(24)
IA/RA/RV	7	(183-189)
Robótica	1	(190)
Subtotal	17	
Estudos sobre tecnologias emergentes		
Metodologia do Estudo	N.	Citação
Estudos observacionais/ Relato de caso	2	(191) (192)
Estudos Experimentais laboratoriais	14	(193-206)
Total	16	

* Foram incluídas revisões sistemáticas da literatura, Revisões de Escopo, Revisões Bibliográficas ou Revisões consideradas pelos autores como de importância histórica na área pesquisada

Fonte: Os autores

Além disso, foram incorporadas 17 revisões para compilar as informações mais recentes sobre o tema. Em uma categoria distinta, foram analisados 16 estudos primários focados em Tecnologias Emergentes, especialmente no impacto da Inteligência Artificial, Realidade Aumentada, Realidade Virtual e Robótica na Endodontia (Quadro 5). É importante considerar a possibilidade de vieses de publicação, onde resultados negativos são frequentemente menos divulgados e estudos rigorosos podem apresentar estimativas inflacionadas devido a esses vieses. Para facilitar a compreensão, apresentamos os conceitos,

temáticas e abordagens estudadas de forma estruturada em tópicos. Essa organização visa proporcionar uma navegação lógica pelos diferentes aspectos da Endodontia Guiada e das tecnologias emergentes, destacando as interrelações entre os temas abordados e garantindo uma apresentação clara e aprofundada do conhecimento.

2.3.1 Técnicas Guiadas em Endodontia - Aquisição de Imagens para o Planejamento Digital

Todos os artigos incluídos nessa revisão de escopo mencionam o protocolo DICOM (*Digital Imaging and Communication in Medicine*), que é um padrão internacional para o armazenamento, transmissão e compartilhamento de imagens médicas e dados associados. Esse protocolo garante a interoperabilidade entre diferentes sistemas e equipamentos, facilitando a troca de informações ao definir como as imagens médicas, como radiografias e tomografias, devem ser formatadas e armazenadas. O DICOM também inclui metadados importantes, como dados do paciente e parâmetros técnicos, permitindo uma gestão eficiente e integrada das imagens médicas em ambientes clínicos e laboratoriais^(207,208).

Moreno-Rabiè *et al.*⁽⁵⁰⁾ mencionam em uma revisão sistemática que as técnicas guiadas são resultado de um rigoroso planejamento digital prévio. Esse processo começa com a aquisição precisa de imagens tridimensionais (3D) das superfícies internas bucais e dentárias por meio da tomografia computadorizada de feixe cônico (CBCT), que gera os dados DICOM. Simultaneamente, são obtidas imagens 3D externas dos dentes e do periodonto usando scanners intraorais ou scanners de bancada de modelos em gesso, produzindo os dados STL (*Standard Triangle Language*). Esses dados STL são integrados aos dados DICOM e processados em softwares de planejamento digital, onde as imagens são sobrepostas com máxima precisão, uma etapa crucial para o fluxo de

trabalho CAD-CAM (*Computer-Aided Design/Computer-Aided Manufacturing*)
(50).

Uma revisão sistemática conduzida por Rosen et al., que incluiu apenas artigos com alto grau de evidência, avaliou a eficácia da CBCT no diagnóstico endodôntico e concluiu que a CBCT supera as limitações das radiografias bidimensionais, como menor resolução espacial e sobreposição de estruturas anatômicas⁽²⁰⁹⁾. A CBCT é considerada uma referência para tratamentos primários de casos complexos e retratamentos endodônticos devido à sua previsibilidade, eliminação da sobreposição anatômica em diferentes planos (coronal, axial, sagital e oblíquo), e ao reconhecimento preciso de detalhes anatômicos dos canais radiculares, incluindo canais extras, ramificações no terço apical da raiz e alterações relacionadas ao envelhecimento dentário, como diminuição do espaço do sistema de canais e presença de calcificações^(208,210-213). A CBCT é fundamental para o planejamento cirúrgico, pois permite a detecção precisa de condições como reabsorções radiculares, perfurações, fraturas verticais, transporte de canais, lesões periapicais e a presença de retentores intraradiculares. Além disso, fornece informações detalhadas sobre a relação dessas condições com estruturas anatômicas importantes, como vasos e nervos, facilitando a avaliação completa do quadro clínico⁽²¹⁴⁻²¹⁹⁾.

A revisão sistemática da literatura realizada por Kai-Xian *et al.*²¹⁹ sobre a influência da tomografia computadorizada de feixe cônico no planejamento do tratamento endodôntico revelou que a variedade de opções de campo de visão (FOV) e tamanho do voxel permite a otimização da dose de radiação conforme as necessidades específicas de cada caso clínico. Em geral, menores FOV e tamanhos de voxel proporcionam imagens de maior qualidade, com melhor nitidez e resolução espacial²¹⁹. No entanto, a qualidade das imagens de CBCT também depende de outros fatores, como as características do tomógrafo, o tipo de sensor, o gap de ar e as configurações de aquisição, incluindo voltagem, corrente do tubo e tempo de exposição^(14,209,220).

Bueno *et al.*⁽²¹¹⁾ destacam que a presença de artefatos na tomografia pode ser um problema significativo e recomendam a remoção de pinos metálicos e aparelhos ortodônticos fixos antes da obtenção das imagens, sempre que possível. Adicionalmente, Decurcio *et al.*⁽²⁸⁾ sugerem que o uso de softwares especializados pode ajudar a minimizar artefatos. Esses softwares incluem recursos como filtros de redução de artefatos (BAR - *Blooming Artifact Reduction*) e ferramentas para aprimorar a visualização de canais radiculares (ACI-*Accessory Canal Identification/Navigation*). Técnicas avançadas de reconstrução 3D, como o *rendering* cinematográfico (*Cinematic Rendering*), também podem ser aplicadas para melhorar a qualidade das imagens CBCT⁽²⁸⁾. No entanto, mesmo com o uso dessas ferramentas, a CBCT possui algumas limitações. Aminoshariae *et al.*⁽²²¹⁾ em uma revisão sistemática da literatura apontam que, apesar das vantagens no diagnóstico, a CBCT apresenta um custo mais elevado em comparação com as radiografias periapicais e uma maior propensão a superestimar a presença de doenças, o que pode resultar em sobrediagnóstico e exposição a emissões radioativas⁽²²¹⁾. Essas limitações podem ser atenuadas com uma indicação clínica precisa e o uso de equipamentos mais modernos que emitem menos radiação^(211,222).

Em relação ao escaneamento das superfícies externas dos dentes e periodonto, Yuzbasioglu *et al.*⁽²²³⁾ compararam a digitalização realizada com scanners ópticos com a técnica de impressão convencional e descobriram que o escaneamento digital pode substituir as moldagens tradicionais, proporcionando resultados equivalentes em termos de tempo clínico e ajuste marginal⁽²²⁴⁾. Além disso, o escaneamento digital oferece benefícios adicionais, como maior conforto para o paciente, redução da ansiedade e das náuseas, e uma menor percepção do tempo durante o procedimento⁽²²³⁾. Chiu *et al.* também concluíram que diferentes padrões de resolução de escaneamento intraoral não afetam significativamente a precisão das impressões 3D⁽²²⁰⁾. No entanto, para obter escaneamentos intraorais de alta qualidade, Róth *et al.*⁽²²⁵⁾ destacaram que é essencial que os profissionais passem por uma curva de aprendizado adequada. Isso é necessário para controlar fatores que podem impactar a qualidade das imagens, como a configuração precisa do aparelho, a presença

de saliva e sangue, o movimento dos tecidos moles e o espaço restrito na cavidade oral⁽²²⁵⁾. O uso de um afastador labial é especialmente recomendado durante o escaneamento da arcada superior, pois facilita a varredura completa do periodonto, incluindo o palato, e melhora a correspondência entre as malhas de imagem, o arquivo 3D da tomografia computadorizada e o software de fabricação do guia⁽²⁸⁾.

Chaves *et al.*⁽¹⁰⁴⁾ demonstraram que a precisão na obtenção de acesso a molares extraídos foi alta ao utilizar a CBCT para o escaneamento externo das estruturas intraorais, mesmo na presença de restaurações coronárias, que podem aumentar o risco de artefatos. Essa precisão foi comparável à obtida quando a CBCT é combinada com o escaneamento oral 3D no fluxo de trabalho digital⁽¹⁰⁴⁾. Isso destaca a eficácia da CBCT, não apenas para capturar a superfície interna da região de interesse, mas também para registrar a superfície externa dos dentes envolvidos no planejamento da guia e o periodonto circundante, gerando imagens STL (*Stereolithography or Standard Tessellation Language*). Essa abordagem pode otimizar o processo ao fornecer um conjunto completo de dados para a criação de guias, melhorando a precisão e a eficiência no planejamento e na execução dos procedimentos^(6,28).

Alternativamente, Leontiev *et al.*⁽³⁷⁾ testaram o uso de imagens de Imagem por Ressonância Magnética (MRI, do inglês Magnetic Resonance Imaging) para o planejamento de acesso endodôntico guiado, com o objetivo de evitar a radiação associada à CBCT⁽³⁷⁾. Embora a taxa de sucesso tenha sido de 90%, esse resultado foi inferior aos 100% obtidos em estudos que utilizaram CBCT⁽¹¹⁰⁾. As imprecisões no planejamento com MRI são atribuídas a distorções no posicionamento manual e à menor resolução em comparação com a CBCT, o que compromete a precisão geral⁽¹³⁾. Embora a MRI seja eficaz para visualizar a morfologia e a vitalidade pulpar⁽²²⁶⁾, identificar estruturas sólidas como esmalte e dentina é desafiador e requer ajustes manuais, resultando em menor precisão⁽³⁷⁾. Além disso, os altos custos associados às imagens por MRI indicam a necessidade de avanços tecnológicos para tornar essa técnica uma opção viável no futuro para o planejamento guiado^(227,228).

2.3.2 Planejamento digital, Endodontia Guiada Estática

O planejamento digital é realizado por meio da integração dos conjuntos de dados DICOM e STL em softwares especializados, que automaticamente os alinham para garantir precisão nas imagens. Os procedimentos são delineados utilizando uma abordagem de engenharia reversa, permitindo a simulação virtual antes da execução^(11,28). A maioria dos artigos incluídos nessa revisão utilizou os seguintes softwares para planejamento guiado: Sicat Endo (SE)⁽⁵⁶⁾, projetado especificamente para planejamento endodôntico; CoDiagnostiX (CDX)^(132,104,111,165), originalmente voltado para a implantodontia; e Blue Sky Plan (BSP), um software de interface aberta que permite a personalização do design endodôntico^(61,84,122,159).

Krug *et al.* (34) compararam a precisão entre o Sicat Endo (SE) com o CoDiagnostiX (CDX) e observaram que o SE apresentou maior precisão (100% contra 94%). No entanto, apesar da maior precisão do SE, o CDX exigiu menos tempo e esforço no planejamento dos tratamentos, indicando uma compensação entre precisão e eficiência na escolha entre esses sistemas⁽³⁴⁾. Nesta revisão de escopo, não foram encontrados estudos que comparassem softwares de planejamento digital com o Blue Sky Plan, apesar de sua gratuidade e crescente uso. O estudo de Al-Ekrish⁽²²⁹⁾ comparou a acurácia na colocação de implantes entre Blue Sky Plan, CoDiagnostiX e RadiAnt e constatou que não houve diferença estatisticamente significativa na precisão das medições lineares de sites de implante entre os três softwares. Todos os programas demonstraram um erro de medição absoluto médio estatisticamente significativo entre 0,43 e 0,56 mm (valor de $p < 0,01$), mas nenhuma diferença significativa nos valores de erro foi encontrada entre os softwares testados (valor de $p = 0,18$)⁽²²⁹⁾.

Através dos softwares, operadores e técnicos ajustam o design para atender às necessidades específicas de cada paciente, considerando diversos fatores. Estes incluem a anatomia das arcadas dentárias interna e externa, a relação intermaxilar, e a proximidade da área-alvo com estruturas anatômicas

importantes, como raízes de outros dentes, lesões extensas, seio maxilar, nervos, artérias e vasos sanguíneos dos maxilares. Também são levados em conta a presença de dentes adjacentes ou áreas desdentadas próximas ao dente ou à área-alvo do procedimento⁽²⁴⁾. Alguns fatores adicionais são cuidadosamente considerados e integrados no desenvolvimento da guia. Isso inclui a avaliação periodontal não apenas do dente alvo, mas também dos dentes adjacentes a ele, a capacidade de abertura da boca, a extensão e a estrutura dos tecidos moles faciais. Esses aspectos têm o potencial de afetar a movimentação da guia ou até mesmo tornar impossível manter a angulação planejada dos instrumentos de corte⁽²⁸⁾.

De acordo com Decurcio *et al.*⁽²⁸⁾ é fundamental evitar qualquer alteração na conformação ou na posição dos dentes entre o planejamento e a execução dos procedimentos. Isso inclui a não realização de novas restaurações, a manutenção da condição periodontal em ótimas condições e a garantia de que tratamentos ortodônticos estejam inativos e em contenção durante esse período⁽²⁸⁾. Essa abordagem minuciosa visa evitar instabilidades e reduzir os riscos de imprecisões durante a intervenção, alinhando-se também às preferências do cirurgião-dentista⁽⁶¹⁾. Em casos em que os dentes apresentam mobilidade alterada devido a doenças periodontais, é essencial realizar o tratamento periodontal e considerar a "*esplintagem*" dos dentes antes de iniciar o preparo para a Endodontia Guiada. Esse processo pode ser realizado com o uso de tiras de fibra de vidro e resina composta fluida como alternativa aos retentores metálicos, limitando assim a movimentação dentária e ajudando a melhorar a visualização das estruturas internas coronárias na CBCT⁽²³⁰⁾.

Para uma avaliação mais abrangente das ferramentas de planejamento digital, serão necessários mais estudos comparativos entre o Blue Sky Plan e os outros softwares de planejamento endodôntico e implantodontia. Esses estudos devem avaliar a precisão, eficiência, impacto clínico, custo e facilidade de uso de cada software, contribuindo para uma melhor compreensão de suas capacidades e limitações e ajudando na escolha mais informada para os profissionais da área.

2.3.3 Planejamento Digital e Instrumentos de Corte

Nesta revisão de escopo, observamos que um planejamento meticuloso do procedimento endodôntico guiado é crucial para garantir a segurança do paciente. Esse planejamento deve ser feito em estreita colaboração entre o cirurgião-dentista e o centro de planejamento, a fim de desenvolver estratégias personalizadas que considerem tanto as condições bucais e dentárias do paciente quanto as preferências e a experiência do profissional^(28,122).

No software de planejamento, cria-se um modelo digital em que um implante virtual é orientado para o procedimento escolhido. No acesso aos canais obliterados, a extremidade do implante é posicionada virtualmente no canal residual ou ligeiramente dentro dele, permitindo o ajuste da inclinação para o acesso correto^(6,85,156). A trajetória ideal dos instrumentos é definida mantendo uma distância mínima de 1 mm da superfície radicular em contato com o ligamento periodontal e de 2 mm das estruturas anatômicas nobres, evitando perfurações e acidentes^(28,105,122). Dąbrowski *et al.*⁽¹²²⁾ consideram que em profundidades maiores de desgaste, há um aumento do risco de desvio na angulação apical do instrumento, o que pode afetar a precisão do procedimento. Nos procedimentos cirúrgicos, a angulação da osteotomia e apicectomia deve ser meticulosamente planejada, buscando uma posição o mais perpendicular possível aos últimos 3 mm do ápice radicular, considerando a relação entre o periodonto, os tecidos moles bucais e estruturas anatômicas contíguas à região de interesse⁽¹⁰⁹⁾.

Para o planejamento do procedimento guiado, é essencial determinar cuidadosamente o tipo e as dimensões do instrumento de corte, pois esses fatores influenciam a área de desgaste e o desenho da guia^(14,55,63,65). O operador deve estar familiarizado com as características e limitações dos instrumentos para minimizar riscos e garantir o sucesso do tratamento. Geralmente, o acesso aos dentes obliterados é realizado com brocas de diâmetros entre 0,8 mm e 1,5 mm^(16,18,82,65). Bordone *et al.* destacam que, embora brocas menores e mais

longas proporcionem um procedimento menos invasivo devido à sua flexibilidade, elas também apresentam um maior risco de desvio e fratura do instrumento durante o acesso⁽⁷⁶⁾.

Outro aspecto crucial ao acessar dentes obliterados é a escolha do ponto de eleição. Pioneiros da Endodontia Guiada, como Kfir *et al.*⁽¹⁰⁾, Connert *et al.*⁽¹²⁾, Zehnder *et al.* (13), Zubizarreta-Macho *et al.* (15), Krastl *et al.* (16), e Tchorz *et al.*⁽⁵⁶⁾, entre outros^(5,18,61), posicionaram o ponto de eleição na borda incisal dos incisivos, alinhando o eixo de perfuração com a posição centralizada do canal radicular nos dentes anteriores. Em certos casos, como demonstrado por Kaur *et al.*⁽⁶²⁾, o ponto de eleição na borda incisal de um incisivo lateral superior calcificado permitiu um acesso minimamente invasivo usando uma broca de diâmetro reduzido (0,6 mm). Afzal & Arlan⁽⁶⁴⁾ adotaram com sucesso a abordagem incisal para acessar um incisivo lateral superior com múltiplos *dens invaginatus*. Ishak *et al.*⁽⁵⁹⁾ escolheram o acesso incisal em incisivos inferiores calcificados, onde a borda incisal estava significativamente aumentada devido à atrição dentária.

No entanto, a abordagem incisal pode resultar em desgaste excessivo da superfície incisal, comprometendo a estética, especialmente em dentes anteriores⁽⁶⁰⁾. Por essa razão, o acesso aos dentes obliterados por via palatina tem se tornado cada vez mais comum, tanto em dentes previamente acessados por essa via, como descrito por Loureiro *et al.* no tratamento de um incisivo central calcificado com perfuração radicular usando a técnica guiada por acesso palatino⁽⁷²⁾, quanto em tratamentos iniciais de dentes obliterados^(7,24,60,80,107). A execução dessa abordagem requer a marcação do ponto de entrada com grafite, a remoção e reposição da guia, o desgaste inicial em esmalte com brocas diamantadas e, em seguida, o desgaste em dentina conforme o planejamento digital^(7,60,80,107).

Já nos procedimentos cirúrgicos guiados, observa-se o uso de uma variedade ainda maior de instrumentos, como brocas⁽¹⁶⁰⁾, trefinas⁽⁸³⁾, ultrassom⁽⁹³⁾, laser⁽³⁸⁾ e piezoelétricos^(91,170), que aumentam significativamente a eficácia de tratamentos como osteotomias e apicectomias. As brocas *twist drill* da Nobel Biocare® (Kloten, Suíça) são amplamente utilizadas^(92,231), com diâmetros de 2 mm a 4,2 mm. As trefinas, com diâmetros externos entre 4,00 mm e 5,5 mm, demonstram alta precisão e rapidez na remoção do tecido ósseo, ápices e, muitas vezes a própria lesão periapical em um único ato cirúrgico, sendo especialmente eficazes em tratamentos complexos^(84,86,159,165). As pontas de ultrassom são empregadas para o preparo das retrocavidades^(75,88), enquanto os lasers são utilizados atualmente na terapia fotodinâmica concomitante ao tratamento endodôntico⁽¹¹²⁾ e, futuramente, no próprio acesso⁽³⁸⁾. O sistema piezoelétrico, com suas pontas especiais, é frequentemente usado nos preparos retrógrados e osteotomias^(86,91,149,170).

2.3.4 As Técnicas de Navegação Guiadas – Navegação Estática

Uma vez que o plano digital é considerado satisfatório, o tipo de navegação escolhido pode levar a duas abordagens técnicas diferentes: o uso de guias impressas para a técnica guiada de navegação estática (TGE) ou o uso de sistemas de rastreamento em tempo real para a técnica guiada de navegação dinâmica (TGD)⁽²³²⁾. A técnica guiada estática (TGE) baseia-se no planejamento virtual de procedimentos endodônticos minimamente invasivos, utilizando guias impressas em 3D para orientação⁽²⁴⁾. Essas guias são fabricadas conforme o modelo planejado e devem ajustar-se precisamente aos dentes e ao periodonto para garantir estabilidade durante a intervenção, permitindo uma colocação e remoção sem interferências. As guias devem proporcionar precisão e robustez, resistindo a deformações ou rupturas durante o uso. Além disso, precisam permitir a remoção de detritos criados durante os atos operatórios através de irrigação adequada, mantendo o campo cirúrgico limpo e refrigerado, o que contribui para um trabalho ágil e eficiente⁽⁵⁰⁾. É essencial que o material das guias

seja esterilizável e transparente, garantindo seu uso seguro na cavidade oral e facilitando a visualização durante todo o procedimento. Isso permite a redução do tecido de forma conservadora e evita a sobre-extensão nos desgastes planejados⁽¹²²⁾.

As guias são tipicamente fabricadas com materiais resinosos de alta qualidade e resistência, especialmente formulados para esse fim, como os produtos cirúrgicos de Classe IIa, que são biocompatíveis e esterilizáveis⁽²³³⁾. Alternativamente, as guias também podem ser fabricadas em metal^(26,105), como a guia desenvolvida por Mo *et al.*⁽²³⁴⁾. Esta guia se encaixa na cabeça do motor, permitindo procedimentos em espaços mínimos. No entanto, é importante destacar as possíveis limitações ao seu uso, semelhantes às encontradas em próteses baseadas em encaixes metálicos, incluindo a exigência de um processo mais demorado no laboratório e o risco de imprecisões durante o processo de enceramento e fundição, o que pode afetar a precisão dos tratamentos⁽²³⁴⁾.

2.3.5 O desenho e a funcionalidade das Guias

A literatura incluída nessa revisão destaca diversas apresentações das guias, o que permite a sua classificação em relação ao seu desenho e à sua área de extensão. Em relação ao seu desenho, as guias podem ser fechadas e abertas. As guias fechadas envolvem completamente a área-alvo e a área de suporte contando com o seu ajuste seguro aos dentes, espaços interdentários e periodonto para a sua retenção e estabilidade do procedimento⁽¹⁰⁾. As guias abertas são compostas por diferentes sistemas tubulares que se acoplam aos dentes e espaços interproximais permitindo uma visualização, irrigação e refrigeração dos detritos e tecidos de maneira eficiente sem a necessidade da remoção da guia, como ocorre com as guias de modelo fechado^(21,41,59,120).

Um sistema de guia aberta em particular, se destaca pelo seu design inovador, o 2Ingis (TWIN-Guide®, 2Ingis, Brussels, Belgium), que inclui um conjunto de duplo sistema de trilhos que se acoplam à guia e à peça de mão. Isso permite procedimentos mesmo em espaços reduzidos na cavidade oral, o que é especialmente útil em casos de aberturas bucais limitadas ou espaços intermaxilares estreitos. Esse tipo de guia inova por guiar a cabeça da peça de mão e não a broca⁽¹⁰⁵⁾. As guias abertas não dependem de áreas de contato maiores com os dentes vizinhos, o que evita possíveis erros de escaneamento ou imperfeições na impressão, garantindo uma maior precisão^(78,113). Além disso é mais fácil a avaliação da adaptação da guia e a visualização dos procedimentos, além de simplificar o acesso aos tecidos-alvo⁽⁴¹⁾ e prover maior segurança ao operador⁽¹²⁰⁾. Entretanto, é importante evitar que as guias abertas abranjam toda a arcada, especialmente na maxila, pois isso pode ser desconfortável para alguns pacientes⁽¹¹³⁾.

Nos estudos incluídos, pudemos encontrar três tipos de apresentações das guias em relação a área de sua abrangência: recobrimento total ou parcial das arcadas dentárias, ou recobrimento unitário/ coronário. No recobrimento total, a maioria dos dentes nas arcadas da maxila ou mandíbula são incluídos no desenho da guia, podendo não serem incluídos até dois dentes a distal das hemiarcadas^(5,9,16). As guias parciais incluem três ou mais dentes, sendo que o dente a ser tratado é posicionado entre pelo menos dois dentes contíguos^(7,15,17,54). As guias unitárias/ coronárias possuem o apoio apenas na coroa do dente a ser tratado^(10,33,45,67).

2.3.6 Planejamento Digital, Ameias, Anilhas e Pinos de Fixação Intraósseo

Como parte do planejamento digital para a guia, esta revisão de escopo identificou duas abordagens principais para o direcionamento dos instrumentos de corte. A primeira abordagem é o planejamento com guias alinhadas para o acesso direto ao instrumento^(32,42,128,162). A segunda envolve o uso de estruturas

auxiliares, como ameias e anilhas^(35,84-86). As ameias são extensões cilíndricas confeccionadas com o mesmo material das guias e têm comprimentos variando entre 4 e 8 mm. Seus diâmetros internos podem ser tão pequenos quanto 0,25 mm para brocas esféricas de haste longa ou até 3,5 mm para brocas do tipo trefina. Essas ameias são essenciais para garantir a estabilidade e a precisão em procedimentos delicados, como acesso a canais obliterados, osteotomias e apicectomias^(31,65,85,86). O espaço interno das ameias não deve exceder 0,1 a 0,2 mm além do diâmetro do instrumento de corte, o que permite a movimentação da broca com o mínimo de desvio⁽¹²²⁾.

As ameias são frequentemente projetadas sobre áreas de desgaste ou integradas em coroas dentárias comprometidas por cáries ou tentativas anteriores de acesso endodôntico. Byun *et al.*⁽⁶⁷⁾ usaram uma guia coronária com o formato de um *Jig* de prótese, uma estrutura de acrílico moldada para se ajustar precisamente sobre a coroa de um incisivo central dilacerado, possibilitando um acesso bem-sucedido⁽⁶⁷⁾. Vasudevan *et al.*⁽⁴⁵⁾ em seus estudos laboratoriais e Velmurugan *et al.* em uma série de casos⁽²³⁵⁾ empregaram uma guia em formato de “capinha” ou coroa provisória que recobria individualmente a coroa dos dentes a serem tratados⁽⁴⁵⁾. Vasudevan *et al.*⁽¹⁸⁰⁾ avaliaram a perda de substância durante o acesso a dentes com PCO e descobriram que a guia coronária foi mais eficaz do que a técnica de guia de transferência de matriz (GTM) usada na implantodontia. Acesso completo aos canais foi obtido em 100% dos dentes no grupo com a guia coronária, comparado a 95% no grupo da GTM. Além disso, a perda de substância e o tempo gasto foram significativamente menores com a guia coronária ($P < 0,001$). Importante destacar que a experiência dos operadores não teve um impacto significativo na eficácia da guia coronária, diferentemente da GTM, onde a experiência influenciou consideravelmente os resultados⁽⁴⁵⁾.

As guias intracoronárias são projetadas com as ameias embutidas dentro do espaço pré-existente na coroa dentária, sendo especialmente úteis em dentes posteriores. Esse modelo foi empregado com sucesso por Buchgreitz *et al.*⁽⁷⁰⁾ no acesso a um primeiro molar inferior com raiz calcificada e espaço intermaxilar

reduzido, favorecendo a retenção, estabilidade, precisão dos instrumentos de corte e preservação dos tecidos dentários remanescentes⁽⁷⁰⁾. Wu *et al.*⁽²³⁶⁾ apresentaram uma técnica inovadora de criação de guias utilizando engenharia reversa e impressão 3D multifuncional. Nesse método, a guia e a ameia são produzidos separadamente e, durante o procedimento, a guia é posicionada, a ameia é encaixada e uma abertura minimamente invasiva é feita na coroa do dente. Posteriormente, como um dado de várias faces, a ameia é removida, girada na direção do orifício alvo e reinsertada para localizar com precisão a entrada do canal. Esta abordagem se mostrou eficaz e precisa na realização de procedimentos em que a angulação do acesso coronário e radicular é divergente; no entanto, mínimo erros no planejamento e impressão podem afetar a eficácia dos resultados⁽²³⁶⁾.

Elhakim *et al.*⁽⁴⁹⁾ avaliaram a utilização de duas guias para o acesso ao mesmo dente, visando um acesso seguro pelo canal calcificado com uma primeira guia restritiva, tipo *drop-in*, e um melhor preparo de conveniência e limpeza da câmara pulpar com uma guia com ameia não restritiva planejada 3D especificamente para seu formato. A precisão do preparo da câmara pulpar com a ameia não restritiva foi comparada ao preparo endodôntico tradicional realizado por operadores com diferentes níveis de experiência. Operadores experientes tiveram melhor resultado sem guias em comparação aos inexperientes. As guias não restritivas produziram preparos mais precisos, independentemente da experiência do operador ($p < 0,05$). Apesar dos bons resultados, o uso de duas guias por dente pode aumentar significativamente o custo.

Nas abordagens cirúrgicas há uma ampla diversidade de planejamentos e desenhos das guias. Alguns autores, como Strbac *et al.*⁽⁶⁸⁾ e Kim *et al.*⁽⁹⁰⁾, criaram "janelas" nas guias para limitar a área de corte das pontas piezoelétricas, completando o tratamento sem a guia. Em contrapartida, Ye *et al.*⁽⁸³⁾ delimitaram na guia o espaço para encaixar a trefina, destacando que movimentos das estruturas bucais, como os lábios, podem interferir na angulação da trefina e comprometer a acurácia do procedimento. Além dessas abordagens, diversos

autores desenvolveram guias cirúrgicas com ameias, proporcionando um posicionamento ainda mais preciso durante a cirurgia^(26,86,237,238).

As anilhas são pequenos tubos metálicos inseridos nas ameias de acrílico e desempenham um papel crucial na manutenção da correta inserção, direção e angulação dos instrumentos cortantes^(12,59,120). Vários estudos incluídos nesta revisão de escopo demonstraram que o uso de anilhas metálicas dentro das ameias oferece uma resistência superior em comparação com o material plástico das guias. Essa resistência adicional ajuda a prevenir o desgaste das ameias durante o uso dos instrumentos cortantes, resultando em maior precisão nos procedimentos e reduzindo o risco de contaminação por nanopartículas plásticas^(19,28,29,78).

Na implantodontia, Adams *et al.* discutiram a precisão das guias com anilhas, sugerindo que estas podem não ser imprescindíveis, o que representaria uma vantagem em termos de custo-benefício⁽²³⁹⁾. Os autores ainda discutem que a qualidade da inserção das anilhas pode variar conforme a impressora utilizada, suas configurações e o tipo de resina empregada na fabricação da guia, resultando em possíveis diferenças no ajuste e risco de inserção incompleta ou deslocamento da anilha⁽²³⁹⁾. Na Endodontia, os estudos que empregaram o sistema de guias abertas 2Ingis (TWIN-Guide®, 2Ingis, Brussels, Belgium), sem ameias ou anilhas, demonstraram eficácia comparável ao sistema convencional na detecção de canais, com uma taxa de sucesso de 91%⁽¹¹³⁾. No entanto, no acesso a dentes calcificados, o sistema 2Ingis apresentou desvios médios coronais e apicais de 0,5 mm e 0,7 mm, respectivamente, sendo esses valores superiores aos desvios registrados por guias com anilhas metálicas, como o modelo utilizado por Buchgreiz *et al.*, que apresentou desvios médios apicais de 0,46 mm ($P < 0,001$; IC 95%: 0,31–0,49)⁽¹¹⁾. Esses desvios são preocupantes devido ao maior risco de perfuração durante o desgaste do conteúdo obliterado, especialmente no ápice, devido às suas menores dimensões⁽¹⁰⁵⁾. Avanços contínuos na tecnologia das guias podem eventualmente eliminar a necessidade do uso de anilhas metálicas, com o uso de materiais extremamente resistentes ao desgaste dos instrumentos de corte⁽⁶¹⁾. Contudo, são necessários mais

estudos para que a utilização de ameias sem anilhas possa ser recomendada de forma conclusiva na Endodontia.

Tavares *et al.*⁽⁷⁴⁾ relatam um caso em que a falta de fixação da guia ao osso e as imprecisões decorrentes do uso manual de um software levaram a erros no procedimento guiado, resultando em uma perfuração da raiz. Para minimizar tais problemas, os tratamentos guiados devem idealmente ser realizados com ambas as mãos livres, uma vez que a estabilidade da guia pode ser comprometida por tremores ou movimentos involuntários do operador ou do paciente⁽²⁴⁰⁾. Autores como Lara-Mendes *et al.*⁽⁸²⁾, Santiago *et al.*⁽¹²⁰⁾, Chaves *et al.*⁽¹⁰⁴⁾, Maia *et al.*⁽¹¹¹⁾ e Kim *et al.*⁽⁹⁰⁾, confirmam que o uso de anilhas é um fator crucial para garantir a segurança e a precisão tanto em tratamentos guiados não cirúrgicos quanto cirúrgicos. Entretanto não foram encontrados nessa revisão artigos que comparassem diretamente a acurácia dos tratamentos endodônticos guiados em relação ao uso de pinos de fixação. Chen *et al.*⁽²⁴⁰⁾ avaliaram o impacto da fixação das guias cirúrgicas com pinos na precisão de cirurgias de implantes em modelos com extremidade livre de maxila. Eles compararam guias sem pinos de fixação com guias fixadas unilateralmente na cortical bucal, palatal ou em ambas as corticais. As guias sem pinos apresentaram maiores desvios angulares ($3,65 \pm 1,39^\circ$), de plataforma em 3D ($1,58 \pm 0,55$ mm) e do ápice em 3D ($2,18 \pm 0,79$ mm). Em contraste, as guias com pino buco-palatal mostraram menor variação angular ($1,88 \pm 0,86^\circ$), desvio da plataforma em 3D ($1,09 \pm 0,51$ mm) e desvio do ápice em 3D ($1,53 \pm 0,45$ mm)⁽²⁴⁰⁾. Embora esses valores sejam satisfatórios para a Implantodontia, ainda não atendem à precisão necessária para procedimentos guiados endodônticos, especialmente no que diz respeito ao desvio apical⁽²⁴⁰⁾. Ainda em relação aos pinos de fixação, vários autores ressaltam a importância de um planejamento estratégico cuidadoso do posicionamento desses pinos. Isso é essencial para evitar obstruções no espaço destinado aos instrumentos de corte e para minimizar o risco de danos às estruturas anatômicas importantes, garantindo assim uma maior precisão nos procedimentos^(25,82,120,139).

2.3.7 A impressão das Guias

A impressão 3D é muito importante para a qualidade das guias e tem impacto na precisão, no custo e no tempo de produção. A tecnologia de impressão deve ser selecionada com base nas necessidades específicas do tratamento, na complexidade das guias a serem produzidas e na sua relação de custo-benefício^(241,242). Cada tecnologia de impressão 3D tem suas próprias características, vantagens e limitações, que podem impactar a qualidade das guias produzidas. Nessa revisão foram encontrados vários métodos de impressão 3D, como a Esteriolitografia (*Stereolithography-SLA*)^(43,93,123, 159), o Processo de Luz Digital (*Digital Light Processing-DLP*)^(29,105,165), a Fusão de Deposição Modelada (*Fused Deposition Modeling- FDM*)⁽¹¹⁶⁾, a Impressão por Jato de Polímero/ Impressão por Múltiplos Jatos (*Polyjet Printing/ MultiJet Printing -PJP/ MJP*)^(25,26,86,90) e a *Laser Powder Bed Fusion* traduzido livremente para o português como Fusão a Laser de Leito de Pó/Fusão de Metal Direta a Laser (LPBF / DMLS)^(114,154), entre outros.

As impressoras SLA utilizam resinas líquidas curadas por um laser UV, oferecendo alta resolução e acabamentos suaves, ideais para detalhes finos e peças complexas. São precisas e resistentes, adequadas para guias dentárias que precisam de encaixe perfeito e durabilidade. As impressoras DLP são semelhantes às impressoras SLA, mas utilizam um projetor digital em vez de um laser para curar a resina, permitindo uma impressão mais rápida e precisa. São eficazes para guias detalhadas e modelos complexos^(241,242). As impressoras FDM utilizam filamentos termoplásticos, como PLA (Ácido Polilático) e ABS (Acrilonitrila Butadieno Estireno), derretidos e extrudados camada por camada. São mais adequadas para protótipos e peças menos críticas, com menor precisão e resistência, o que pode afetar a adequação para procedimentos complexos. As impressoras PJP/MJP utilizam jatos de material fotossensível curados por luz UV, criando peças com alta resolução e acabamentos suaves. Oferecem versatilidade em materiais e cores, sendo ideais para protótipos detalhados e modelos diversos. As impressoras LPBF/DMLS utilizam um laser

para fundir pó metálico ou plástico camada por camada. Proporcionam alta precisão e a capacidade de criar geometrias complexas, produzindo peças funcionais robustas com baixo desperdício de material^(241,242).

Uma pesquisa conduzida por Koch *et al.*⁽⁴⁰⁾ comparou a precisão de diferentes impressoras, FormLabs Form 3, EnvisionOne DLP, e a Carbon M2. Os autores observaram que mesmo modelos de impressoras com custo mais acessível podem ser eficazes para esse propósito (40). Entre as impressoras analisadas, a FormLabs Form 3, que utiliza a tecnologia de *Low Force Stereolithography* (LFS), uma variação avançada da SLA, destacou-se como a mais precisa e consistente. Por outro lado, a EnvisionOne DLP, embora empregue o Processamento de Luz Digital, semelhante à estereolitografia, não alcançou a mesma precisão da Form 3, levantando dúvidas sobre seu custo-benefício. Já a Carbon M2, que adota a tecnologia *Continuous Liquid Interface Production* (CLIP), também chamada de "*Digital Light Synthesis*", combina luz UV e oxigênio para curar a resina em uma interface líquida contínua. Apesar de seu preço mais alto, não se mostrou a mais eficaz, questionando seu valor⁽⁴⁰⁾. As distâncias médias entre as posições planejadas e reais das brocas foram pequenas, variando entre 0,31 e 0,68 mm, dependendo da impressora. Além disso, no planejamento cirúrgico, essas impressoras também apresentam resultados positivos, permitindo maior velocidade na impressão de modelos 3D⁽⁴⁰⁾.

A impressão das guias é um processo crítico que requer cuidados especiais. É essencial calibrar adequadamente a impressora e utilizar materiais originais recomendados pelo fabricante, substituindo-os regularmente. O pós-tratamento do guia, incluindo a lavagem e a cura, deve seguir as orientações do fabricante quanto ao tempo de banho e exposição à luz para garantir sua estabilidade dimensional⁽²³³⁾.

2.3.8 Procedimentos Guiados

Antes dos procedimentos clínicos, certos atos pré-operatórios podem melhorar significativamente a segurança e a eficácia dos procedimentos guiados. Bittar *et al.*⁽²⁷⁾ recomendam que, com as guias endodônticas prontas, se realize a avaliação de sua adaptação no modelo em gesso, tanto visualmente quanto, se possível, por escaneamento digital, para identificar possíveis problemas de design ou instabilidades⁽²⁷⁾. Vários autores ainda citam o uso de biomodelos — réplicas em acrílico transparente do modelo 3D da área a ser operada — para aprimorar o treinamento prévio dos procedimentos, permitindo a visualização detalhada das estruturas anatômicas internas e externas^(27,67,115,120). Os biomodelos facilitam a compreensão do posicionamento da guia e a proximidade de raízes, lesões, nervos, vasos e outras estruturas anatômicas importantes, evidenciadas pela transparência do modelo. Esse treinamento torna os passos operatórios mais tangíveis sendo fundamental para ajudar o operador e sua equipe a identificar dificuldades e limitações clínicas, além de desenvolver estratégias para superar essas limitações^(27, 67,115,120).

Em procedimentos não cruentos, como o acesso endodôntico, as guias 3D devem ser limpas com água e sabão e desinfetadas com hipoclorito de sódio a 1%, álcool a 70% ou outro desinfetante de média capacidade. Para tratamentos cirúrgicos, as guias devem ser esterilizadas em autoclave, conforme as recomendações da literatura, sem alterações dimensionais, como evidenciado pelo estudo de Sharma *et al.*⁽²⁴³⁾. Após avaliar a adaptabilidade da guia na boca do paciente, o operador deve removê-la, realizar a anestesia, recolocar a guia e inserir os pinos de retenção intraóssea, seguindo o planejamento de cada caso^(5,50,86). É crucial posicionar a cabeça da peça de mão próxima à ponta do instrumento de corte, respeitando o comprimento planejado de perfuração e abaixando-a passivamente para evitar rotações que possam comprometer a estabilidade do conjunto formado pela peça de mão, a broca e o guia⁽⁶¹⁾.

Os resultados da revisão sistemática da literatura de Moreno-Rabié *et al.* (50) e dos estudos *in vitro* de Rajnics *et al.*⁽²⁴⁴⁾ recomendam que os acessos endodônticos por técnica guiada sejam realizados após o preparo prévio da cavidade, em vez do preparo coroa-raiz imediato. É essencial selecionar uma velocidade de perfuração de 800 rpm e utilizar líquido de irrigação resfriado, com temperaturas entre 4 e 6°C, para minimizar o aumento térmico^(50,244). A preparação da cavidade deve ser feita com cuidado, evitando interferências entre a broca e as paredes axiais⁽⁶¹⁾. Recomenda-se a remoção frequente das guias endodônticas fechadas para sondar manualmente o canal e verificar sua patência, sempre irrigando para evitar o acúmulo de fragmentos de dentina e o superaquecimento, prevenindo danos térmicos aos tecidos periodontais ao redor da raiz⁽²⁴⁵⁾.

Langaliya *e tal.*⁽¹⁶⁰⁾ sugerem que o uso de um microscópio endodôntico pode ser útil durante o procedimento e que radiografias intraoperatórias podem ser realizadas para assegurar que o tratamento está sendo executado conforme o planejado⁽⁵⁹⁾. Ao finalizar o tratamento, é obrigatória a realização de uma radiografia final para verificar a qualidade do procedimento. O acompanhamento pós-tratamento deve incluir a avaliação da sintomatologia dolorosa e radiografias, pelo menos durante o primeiro ano, com possível extensão, especialmente em casos de lesões periapicais⁽²⁴⁶⁾.

2.3.9 Técnicas Guiadas de Navegação Dinâmica

A introdução do Sistema de Navegação Dinâmica (SND) nos anos 2000 marcou um avanço significativo na precisão da colocação de implantes dentários, oferecendo maior liberdade e controle para os operadores durante os tratamentos. Desde então, o SND foi adotado também na Endodontia^(247,248). O SND é composto por uma estação de trabalho portátil, um monitor e uma interface gráfica com software para planejamento e orientação terapêutica⁽²⁴⁹⁾. O SND utiliza imagens tridimensionais, sistemas de navegação em tempo real e

hardware de rastreamento com marcadores fiduciais para garantir uma orientação precisa durante os procedimentos endodônticos. O funcionamento do sistema é análogo ao GPS, empregando triangulação óptica através de câmeras estereoscópicas adaptadas à peça de mão odontológica^(24,129,131). O software do SND realiza uma comparação contínua entre o caminho planejado e o real, utilizando imagens pré-operatórias de CBCT e varreduras intraorais para guiar a posição da broca. A visualização em tempo real na tela do computador permite observar a posição dos instrumentos em relação à anatomia do dente^(30,232). Isso fornece informações detalhadas sobre desvios espaciais, angulares e a profundidade da perfuração dos canais radiculares, possibilitando ajustes imediatos e garantindo que o tratamento seja executado conforme o planejamento^(30,232).

Atualmente, a navegação dinâmica está em fase de intensa experimentação, com combinações inovadoras de técnicas⁽⁵²⁾. Por exemplo, *Martinho et al.*⁽¹⁷⁰⁾ realizaram cirurgias guiadas por navegação dinâmica utilizando piezoelétricos para criar janelas de acesso ósseo em apicectomias. Tecnologias semelhantes foram aplicadas por *Dean et al.*⁽²⁵⁰⁾ na remoção de tumores nas maxilas e face. Além disso, lasers têm sido integrados ao SND para criar cavidades de acesso ultraconservadoras e auxiliar na desinfecção dos canais radiculares^(112,38).

2.3.10 Sucessos e Insucessos, Vantagens e Desvantagens das Técnicas

Guiadas em Endodontia

A avaliação dos estudos primários incluídos nesta revisão de escopo revelou excelentes índices de sucesso das técnicas de navegação guiadas em procedimentos endodônticos complexos^(51,145), com a taxa de sucesso na localização do ápice radicular com a Técnica Guiada Estática (TGE) alcançando 96,8% (IC: 93,0%-100%), sendo 27 vezes mais eficaz do que os métodos convencionais^(41,51,120). Os guias cirúrgicos personalizados da TGE permitem ao

cirurgião seguir um plano pré-determinado com alta exatidão, reduzindo significativamente o risco de erros e melhorando os resultados clínicos^(24,106). Além disso, a TGE pode reduzir o tempo operatório e o desconforto do paciente, proporcionando uma abordagem mais eficiente e confortável em comparação com a técnica manual tradicional, que depende fortemente da habilidade e experiência do cirurgião, resultando em variações na precisão e nos resultados^(45,46,106).

Apesar de seus excelentes resultados, a TGE pode não ser adequada para todos os casos. Suas limitações incluem dificuldades no tratamento de canais com obstruções abaixo de curvaturas acentuadas e em anatomias complexas, como os canais em forma de “C”^(24,74). Além disso, pacientes com abertura bucal limitada enfrentam desafios, pois o espaço reduzido impede a colocação da guia, da cabeça da peça de mão e da haste da broca. Alterações no plano de tratamento durante o procedimento também são complicadas, muitas vezes exigindo o abandono da abordagem guiada e a continuação com a técnica manual. A TGE também não é recomendada para casos de urgência endodôntica devido ao tempo necessário para o planejamento e preparo da guia⁽²⁴⁾.

A navegação dinâmica foi criada na intenção de ultrapassar as limitações da técnica estática⁽¹⁷⁹⁾. A visualização em tempo real permite ajustes síncronos na trajetória da broca e adaptação a mudanças na anatomia dental, como fraturas de cúspide e coroa. Além disso, a TGD permite o uso de brocas padrão, o que é útil em casos de abertura bucal reduzida^(24,179). A TGD é particularmente eficaz em situações com anatomia dental complexa e curvaturas acentuadas, enquanto a TGE pode apresentar limitações devido ao maior tempo de planejamento e à necessidade de múltiplas guias para tratar o mesmo dente⁽¹²⁰⁾. Alterações no plano de tratamento com a TGE exigem a criação de uma nova guia, cujo processo de planejamento e preparo envolve vários passos clínicos e laboratoriais, aumentando o risco de erros acumulados e iatrogenias^(12,26,74,86).

A TGD é vantajosa em situações de urgência devido ao menor tempo de preparo necessário, embora ainda exija um exame tomográfico prévio da região a ser operada. Por outro lado, a TGE resulta em procedimentos mais longos, se contabilizado o tempo necessário para o planejamento, fabricação e ajustes das guias. Contudo, ao se considerar apenas o tempo clínico, da anestesia até o ato operatório, a TGE apresenta um tempo muito reduzido de operação, podendo levar poucos minutos no procedimento como citado por Santiago *et al.* e Hedge *et al.*, entre outros (21,44,120,153).

A TGD potencializa a precisão e eficácia dos tratamentos endodônticos (14,129,130), sendo utilizada para procedimentos complexos como a remoção de pinos de fibra de vidro (36,77,80,143) e cirurgias periapicais em áreas anatômicas complexas (172,173,175,176). A revisão sistemática da literatura e metanálises liberadas por Vasudevan *et al.* (180) e a revisão sistemática de Jonaityte *et al.* (181) confirmam esses resultados indicando que a TGD pode ser útil no manejo de casos endodônticos complicados após treinamento adequado. Nas avaliações do acesso utilizando a TGD, Torres *et al.* (133) apresentaram valores de desvio ligeiramente superiores em comparação com os guias estáticos. O desvio médio apical foi de 0,63 mm (DP 0,35) sendo menor em dentes anteriores em comparação aos molares, e o desvio angular médio foi de 2,81° ($p < 0,05$). Zehnder *et al.* e Buchgreitz *et al.* apresentaram desvios mesiodistais entre 0,14 mm e 0,46 mm (18,11), desvios bucolinguais de 0,29 mm a 0,47 mm (13), desvio absoluto médio de 0,46 mm, desvio apical entre 0,17 e 0,47 mm, e desvio angular médio de 1,81° (11). Estudos conduzidos por Gambarini *et al.* (131) ainda demonstraram baixos desvios horizontais (0,34 mm) e angulares (4,8°) na criação de acessos ultra conservativos pela TGD. Em procedimentos não-cirúrgicos com a TGD, vários autores indicaram que a experiência dos operadores não foi um fator significativo para a localização de canais calcificados, ao contrário da abordagem manual ($p > 0,05$) (20,133,134). No entanto, em situações específicas, a TGD ainda não supera a eficácia de um especialista, especialmente na remoção de instrumentos separados dentro do canal radicular (137). A trefinação guiada dinamicamente com um extrator, embora útil, é menos eficiente em termos de tempo de tratamento, risco de erros e alteração

de volume, quando comparada à orientação proporcionada pelo microscópio tridimensional⁽¹³⁷⁾. De maneira semelhante, os estudos de Connert *et al.*⁽³⁰⁾ indicaram que, não houve diferença estatisticamente significativa em termos de tempo operatório, entre a TGD e TM, sendo a TM ligeiramente mais rápida (195 s. contra 193 s).

Já na abordagem cirúrgica, Mekhdieva *et al.*⁽¹⁸²⁾ em uma recente revisão sistemática da literatura com metanálises de estudos experimentais, constataram que a TGD é mais precisa e eficiente que a abordagem manual, resultando em menor tempo de operação ($p < 0,00001$) e em menores desvios angular ($p \leq 0,0001$) e linear ($p \leq 0,01$). Em relação à perda de substância, a vantagem da TGD foi significativa apenas para microcirurgias ($p < 0,005$), principalmente quando a cortical óssea for maior que 5mm de espessura; a precisão da cirurgia manual livre foi menor ($p < 0,05$), enquanto a TGD manteve a precisão⁽¹⁶⁹⁾. Ao comparar as técnicas guiadas (TGD e/ou TGE) entre si em relação a precisão na localização de sistemas de canais radiculares, Zubizarreta-Macho *et al.*⁽¹⁴⁵⁾ não encontraram diferenças significativas em relação à acurácia no nível coronário ($p = 0,6542$), apical ($p = 0,9144$) ou angular ($p = 0,0724$); entretanto, foram observadas diferenças estatisticamente significativas entre as duas técnicas de navegação assistida por computador e o grupo TM no nível coronário ($p < 0,0001$), apical ($p < 0,0001$) e angular ($p < 0,0001$), além da TGE apresentando taxas de sucesso ligeiramente superiores à TGD (98,5% contra 94,5%).

Nesta revisão, identificamos poucos estudos que relatam erros no tratamento endodôntico ao utilizar técnicas guiadas, tanto estáticas quanto dinâmicas^(52,181). Os erros observados estão principalmente relacionados ao planejamento do procedimento⁽⁵²⁾ e ao uso da ressonância magnética para o escaneamento interno das estruturas bucais (MRI)⁽³⁷⁾. Foram registrados dois incidentes de perfuração e um caso de escavação inadequada no acesso endodôntico com a Técnica Guiada Dinâmica⁽¹⁸¹⁾. Adicionalmente, a TGD apresentou algumas dificuldades em microcirurgias, como a localização

inadequada de canais em segundos molares superiores e o acesso desalinhado para terceiros canais^(129,130,136).

Esses problemas podem ser atribuídos a falhas no planejamento causadas por imprecisões na aquisição das imagens tomográficas, ou a falhas operacionais e de rastreamento do SND, como ajustes inadequados dos componentes de rastreamento, que levam à perda de estabilidade do rastreador e ao comprometimento do rastreamento em tempo real^(129,232). Outros fatores que podem interferir na estabilidade dos componentes incluem movimentação involuntária e tremores do paciente e do operador, mobilidade dentária e movimento excêntrico da broca em relação ao cabo da peça de mão, resultando em distorção na captura das imagens^(52,129,134). Além disso, erros podem surgir da fadiga mental do operador associada à visualização do procedimento através de um monitor, em comparação com a visão direta ou o uso de um Dispositivo Óptico de Magnificação^(165,232).

Entre os estudos incluídos nessa revisão identificamos diferentes SND como: Navident^(30,133,143,145), X-Guide (Nobel-Biocare)^(29,168,169,170) e os miniaturizados como o DENACAM (Mininavident AG, Liestal, Switzerland)^(30,132), entre outros. Alguns SND são volumosos e pouco práticos de usar, com limitações em áreas bucais restritas, como nos dentes posteriores^(24,129,179). Eles exigem passos adicionais no fluxo de trabalho, como a colocação do marcador maxilar (X-Clip / *Jaw tag*), o registro do paciente e a calibração de cada broca antes do uso. O posicionamento do marcador do tipo X-Clip, por exemplo, pode ser um problema, pois requer imersão em água muito quente, o que pode ser inconveniente se não for aquecido com antecedência. Além disso, o X-Clip precisa de dentes retentivos para ficar seguro, e se ele se mover durante a cirurgia, pode desalinhar o registro do paciente com o CBCT, resultando em imprecisões no procedimento. A precisão do registro do paciente é crucial para a precisão do procedimento, e uma maior "distribuição" dos pontos de registro fiduciais é benéfica, embora nem sempre seja possível devido à localização do marcador e à ausência de dentes^(24,129,179).

Os SND apresentam ainda dificuldades estruturais, incluindo mudanças significativas no ambiente e fluxo de trabalho o que exige abordagens em equipe para aprender a trabalhar juntos e facilitar seu uso⁽²⁵¹⁾. Geralmente os SND exigem uma grande quantidade de espaço no solo, o que pode impedir sua instalação em consultórios com espaço limitado. Além disso, o posicionamento da tela e da unidade suspensa apresenta limitações, podendo interferir com o carrinho da cadeira odontológica, a sucção e a luz. A distância ideal entre as câmeras e os rastreadores cirúrgicos é de 60-80 cm, mas para operadores mais altos, isso pode levar a colisões com a montagem suspensa, especialmente ao realizar a cirurgia em pé⁽²⁵¹⁾.

Dianat *et al.*⁽¹⁴⁴⁾ e Martinho *et al.*⁽¹⁷⁹⁾ enfatizam a importância de um treinamento adequado na Endodontia guiada (TGD) para que o operador desenvolva as competências necessárias para manejar o dispositivo e interpretar corretamente as imagens exibidas no monitor. Esse treinamento é crucial para alinhar com precisão os movimentos da peça de mão e a ponta do instrumento, garantindo a alta confiabilidade dos procedimentos endodônticos. De fato, estudos mostram que a prática em 20 a 40 dentes artificiais ou extraídos antes de realizar procedimentos cirúrgicos em pacientes é um ponto chave para aumentar a segurança tanto para a equipe profissional quanto para o paciente^(134,252,253). A calibração precisa ser realizada antes de cada procedimento de navegação guiada para evitar erros e garantir a precisão do tratamento. Além disso, é altamente recomendável a realização de verificações de precisão e exames radiográficos durante o tratamento para assegurar a exatidão dos procedimentos⁽¹⁸⁰⁾.

Os custos e o tempo associados ao uso dos Sistemas de Navegação Guiados representam um desafio para dentistas e pacientes, particularmente em países em desenvolvimento⁽²⁵⁴⁾. O planejamento do procedimento e a impressão dos guias são geralmente realizados em Centros de Planejamento Digital, em colaboração com o cirurgião-dentista, com um custo médio de 450 reais (cerca de 80 dólares) por guia. Outros custos, como a criação das imagens de CBCT e o escaneamento digital da boca ou dos modelos, podem elevar o custo total de

um procedimento para cerca de 720 reais (aproximadamente 130 dólares americanos USD). Como toda técnica recentemente empregada, espera-se que o aumento de seu uso leve a uma redução dos custos, como ocorreu com as impressões CAD-CAM de restaurações e coroas protéticas. Além disso, os custos laboratoriais podem ser significativamente diminuídos pela formação do cirurgiões-dentistas em planejamento guiado e na obtenção de equipamentos laboratoriais como impressoras digitais que apresentam com o tempo diminuição de seus valores e comprovada eficácia CAD-CAM⁽⁴⁰⁾.

O investimento inicial na aquisição de um Sistema de Navegação Dinâmico, como o X-Guide, gira em torno de 40.000 USD⁽²⁵⁵⁾. A isso somam-se custos variáveis adicionais, como a necessidade de uma segunda imagem de CBCT, o marcador maxilar, o *stent* termoplástico, os marcadores radiográficos e os suportes para maxilar e broca, todos de uso único. Embora a preparação, que inclui a fabricação do *Stent*, o escaneamento por CBCT e o planejamento do procedimento, possa ser realizada no mesmo dia, esse processo pode ser demorado e assim como na TGE resultar em custos mais elevados para o paciente⁽²⁵⁵⁾. Os avanços tecnológicos visam superar essas limitações com uma nova geração de sistemas que não requerem o uso de *Stent* com marcadores radiográficos. Essa abordagem permite a recalibração e o rastreamento em tempo real, eliminando a necessidade de varreduras adicionais de CBCT, o que reduz custos, tempo e exposição à radiação^(130,180). No entanto, a precisão dessa segunda geração de SND ainda não supera a técnica com *Stent*⁽¹⁷⁶⁾. Em relação à TGE, se percebe o aumento do uso da técnica com o crescimento dos Centros Digitais de Planejamento o que deve tornar a tecnologia cada vez mais acessível. A disseminação das práticas guiadas enfrenta obstáculos, como dificuldades econômicas e disparidades entre países⁽⁶⁾. Para contornar esses desafios, o uso de impressoras 3D de mesa tem se mostrado promissor, oferecendo alta exatidão no acesso de dentes artificiais⁽⁶⁾.

Cabe ao profissional avaliar os custos e benefícios das técnicas guiadas em relação à sua prática clínica. Essas técnicas não apenas melhoram a eficácia, rapidez e precisão dos tratamentos complexos por meio de um melhor planejamento e execução das intervenções, mas também aumentam a segurança ao reduzir o risco de iatrogenias e permitem a preservação de dentes em casos muito difíceis, podendo representar uma economia significativa tanto para a clínica quanto para o paciente. Além disso, todas essas vantagens refletem no bem-estar do profissional e sua equipe, proporcionando um período de atendimento mais eficiente e maior satisfação com os resultados obtidos⁽¹²⁹⁾.

2.3.11 Tecnologias Emergentes em Endodontia

As tecnologias emergentes, como a Inteligência Artificial (IA), Realidade Aumentada (RA), Realidade Virtual (RV) e Robótica, estão promovendo uma verdadeira revolução na ciência, criando oportunidades para interações mais eficientes tanto no mundo digital quanto físico⁽²⁵⁶⁾. Kunio⁽²⁵⁷⁾ observa que a IA tem se destacado no desenvolvimento de sistemas autônomos que podem interpretar dados e reconhecer padrões complexos em diversas áreas médicas, incluindo a odontologia. Orhan *et al.*⁽¹⁹³⁾ e Brignardello-Petersen⁽²⁵⁸⁾ mostram que a IA tem um potencial significativo no diagnóstico de patologias periapicais em tomografias, com taxas elevadas de identificação, sendo crucial garantir a eficácia e a confiabilidade desses sistemas através da diversificação⁽⁷⁹⁾ das imagens utilizadas, da participação de múltiplos especialistas no diagnóstico e do detalhamento dos tipos de lesões estudadas para uma avaliação mais abrangente e precisa⁽¹⁹³⁾.

A Realidade Aumentada (RA) e a Realidade Virtual (RV) proporcionam experiências imersivas ao combinar elementos reais com componentes virtuais. A RA sobrepõe imagens digitais ao ambiente físico utilizando dispositivos como *smartphones*, monitores e óculos especiais, aprimorando a visualização do campo cirúrgico⁽²⁵⁹⁾. A RV, por sua vez, cria ambientes tridimensionais imersivos

com óculos de Realidade Virtual ou visores montados na cabeça (*headsets*). Essas duas tecnologias são frequentemente combinadas com as Técnicas de Navegação Guiadas devido à capacidade dessas tecnologias de aprimorar a precisão e a eficácia dos procedimentos. A RA oferece visualizações detalhadas e em tempo real das estruturas dentárias, facilitando a navegação dos canais radiculares. A RV, por sua vez, cria cenários virtuais para simulação e planejamento de procedimentos, permitindo treinamento seguro e repetitivo e preparando os profissionais para situações complexas antes da execução clínica^(206,260,262). Juntas, essas tecnologias melhoram o planejamento cirúrgico, aumentam a acurácia, reduzem a ansiedade dos profissionais e pacientes e possibilitam uma análise e feedback detalhados dos procedimentos⁽²⁵⁹⁾.

Pohlenz *et al.* (194) e Buchanan (263) estudaram a RV como um importante instrumento da educação odontológica. Simuladores virtuais, como o Voxel-Man, oferecem um treinamento seguro e ajustável para diferentes níveis de habilidade. Eles permitem que os estudantes repitam procedimentos, recebam feedback sobre erros e realizem correções sem riscos de iatrogenias, reduzindo o estresse. Além disso, a visualização estereoscópica e o feedback tátil desses simuladores estão fortemente correlacionados com a percepção espacial em 3D, facilitando o treinamento detalhado e a análise dos procedimentos, sendo positivamente avaliado pelos estudantes^(194,263).

A maioria dos estudos sobre tecnologias emergentes abordados nesta revisão de escopo empregou metodologias experimentais laboratoriais⁽²⁶⁴⁾. Faus-Matoses *et al.*⁽¹⁹⁹⁾ compararam a precisão no acesso endodôntico em incisivos inferiores extraídos, utilizando HoloLens & TGE em comparação com a técnica convencional manual (TM). Os resultados mostraram que o grupo HoloLens & TGE teve 100% de sucesso nos acessos, enquanto o grupo TM registrou duas raízes perdidas e uma perfuração⁽¹⁹⁹⁾. O grupo HoloLens & TGE apresentou maior precisão, com desvios menores: coronal de 0,76 mm versus 2,77 mm, apical de 0,79 mm versus 2,98 mm e desvio angular de 3,05 graus versus 5,97 graus em relação à técnica manual. Embora o HoloLens & TGE

tenha superado a TM, ainda apresentou desvios maiores do que a TGE isolada, conforme observado nos estudos de Buckgreitz *et al.*⁽¹¹⁾.

Em experimentos endodônticos cirúrgicos em modelos de arcadas dentadas impressas, Martinho *et al.*⁽²³¹⁾, compararam osteotomias e apicectomias utilizando a Realidade Aumentada montada na cabeça integrada a Sistemas de Navegação Dinâmicos (RA-SND - Microsoft HoloLens 2) com a Técnica Guiada Dinâmica. A RA-SND demonstrou ser mais precisa e eficiente em termos de tempo do que a TGD ($P < 0,05$), sem diferença significativa no número de acidentes entre os grupos ($P > 0,05$). Os autores destacaram desafios na técnica, como a necessidade do operador de desviar o olhar do local cirúrgico para acompanhar a navegação no display, o que pode afetar a concentração do cirurgião⁽²³¹⁾. Song *et al.* (265) conseguiram ultrapassar essa limitação utilizando a tecnologia de RA assistida no visor montado na cabeça (VMC) com fornecimento de avisos audiovisuais e correção *in situ* no VMC óptico transparente para auxiliar os operadores a prepararem cavidades de acesso. A interação do clínico com o sistema ocorreu por meio de comandos de voz, permitindo a operação bimanual. Além disso, o dentista pôde revisar radiografias dentárias durante o procedimento sem a necessidade de desviar a atenção do paciente e olhar para um monitor separado⁽²⁶⁵⁾.

A aplicação das Técnicas de Navegação Guiadas, em combinação com tecnologias emergentes como Inteligência Artificial, Realidade Aumentada, Realidade Virtual e Robótica, deu origem ao conceito de Cirurgia Guiada por Imagem (CGI), ou "*Image-Guided Surgery*" em inglês. Jia *et al.*⁽¹⁹¹⁾ foram pioneiros na combinação de Realidade Aumentada (RA) com a Técnica Guiada Estática (TGE) para aplicações clínicas em Endodontia, especificamente na visualização durante cirurgias endodônticas. Eles utilizaram um dispositivo de RA montado na cabeça (Microsoft HoloLens®), para apresentar os planos terapêuticos de forma interativa aos pacientes antes da cirurgia, o que contribuiu para a redução da ansiedade e o aumento da confiança e cooperação durante o procedimento. Além disso, o modelo cirúrgico foi empregado para definir o centro da abertura da janela cirúrgica, projetando um holograma de RA sobre a lesão e

alinhando-o com o modelo cirúrgico para assegurar a precisão do posicionamento da janela. Como o posicionamento em tempo real ainda não era viável, foi realizada a marcação do ponto de posicionamento para a trefina com auxílio da RA e, em seguida foram conduzidos os procedimentos da cirurgia periapical utilizando a técnica convencional⁽¹⁹¹⁾.

Dolega-Dolegowski *et al.*⁽²⁶⁶⁾, posteriormente, aplicaram a RA com o dispositivo ocular Microsoft HoloLens 2 no tratamento endodôntico de cinco casos complexos. Nesse estudo, foi combinada a imagem, na verdade um holograma 3D, visível nos óculos Microsoft HoloLens 2, com a imagem ampliada obtida em um microscópio cirúrgico. Os planos incluíram conectar a transmissão de vídeo do microscópio com os óculos HoloLens 2, que funcionaram como receptor. Dessa forma, o operador teve a oportunidade de realizar o procedimento e, ao mesmo tempo, analisar o modelo 3D do dente tratado, bem como imagens de raios-X bidimensionais e tomografias computadorizadas. O modelo 3D gerado ajudou na localização dos orifícios dos canais e permitiu a escolha das ferramentas adequadas, além de planejar a inserção correta das limas. A análise dos hologramas 3D foi 52% mais rápida do que a análise das imagens de tomografia computadorizada. A principal vantagem foi a visualização completa da anatomia dental em uma única imagem, ao contrário do CBCT, proporcionando maior segurança na identificação do assoalho da câmara pulpar⁽²⁶⁶⁾.

Chen *et al.*⁽²⁰²⁾ destacam a necessidade de calibrar com precisão os modelos virtuais de Realidade Aumentada (RA) em cirurgias periapicais. Segundo os autores, a RA pode enfrentar várias limitações, incluindo o aumento do tempo de operação, problemas de alinhamento impreciso e latência adicional. Para mitigar essas questões, é imperativo realizar avanços contínuos tanto em hardware quanto em software, com o objetivo de aprimorar a precisão dos procedimentos odontológicos e promover a adoção comercial da RA⁽²⁰²⁾. Em relação à Realidade Virtual (RV), Chen *et al.*⁽¹²⁸⁾ observam que, apesar de os *headsets* de RV proporcionarem uma imersão tridimensional superior, eles apresentam desvantagens significativas, como altos custos e potenciais

desconfortos para os usuários. Em contraste, o uso de monitores pode oferecer uma alternativa mais econômica e confortável, embora com restrições na profundidade da imersão proporcionada⁽²⁰²⁾.

Khanagar *et al.* (185), em uma revisão sistemática recente, destacam os avanços significativos dos Modelos de Inteligência Artificial (IA), como redes neurais convolucionais e redes neurais artificiais, como evidenciado pelo aumento considerável no número de publicações nos últimos cinco anos. A aplicação desses modelos na Endodontia abrange diversas áreas, incluindo o estudo da anatomia dos canais radiculares, segmentação de cavidades pulpares, determinação do comprimento de trabalho e detecção de lesões periapicais, fraturas radiculares verticais, falhas nos canais radiculares, morfologia das raízes, e força e torque durante o preparo dos canais⁽¹⁸⁵⁾. Além disso, os modelos de IA são utilizados para identificar e diagnosticar lesões periapicais, prever dor pós-operatória, avaliar o efeito curativo após o tratamento, estimar a dificuldade dos casos, medir o comprimento de trabalho, prever a viabilidade de células-tronco da polpa dentária e antecipar o sucesso dos procedimentos de retratamento⁽¹⁸⁵⁾.

A revisão sistemática de van Riet *et al.*⁽²⁶⁷⁾ destaca a aplicação dos sistemas robóticos na Endodontia, onde são utilizados para auxiliar ou realizar etapas do tratamento de canal e aprimorar a cirurgia endodôntica. Esses sistemas são projetados para executar movimentos precisos e repetitivos, minimizando erros humanos e melhorando os resultados clínicos⁽²⁶⁷⁾. A Robótica se mostra como um campo interdisciplinar que integra conhecimentos de engenharia mecânica, eletrônica, ciência da computação e Inteligência Artificial (IA) para desenvolver sistemas capazes de interagir com o ambiente físico e executar funções específicas com alta eficiência e precisão. Este campo abrange o design, a construção, a operação e a utilização de robôs—dispositivos programáveis capazes de realizar uma ampla gama de tarefas, desde as mais simples, como movimentar objetos, até as mais complexas, como realizar cirurgias precisas⁽²⁶⁷⁾. Na Endodontia, um grupo de pesquisadores publicou duas vezes, na primeira década dos anos 2000, em Anais de

conferências, sobre o desenvolvimento de um micro robô endodôntico. Este robô foi projetado para realizar desgaste axial do dente, controlar o movimento e possibilitar a troca rápida de instrumentos endodônticos em um processo automatizado. O objetivo era aumentar a precisão dos procedimentos e reduzir o desgaste do operador em atividades repetitivas^(268,269). No entanto, não foram encontrados artigos que demonstrassem a implementação prática desses avanços⁽²⁶⁷⁾.

O artigo de Hwang *et al.*⁽²⁷⁰⁾ explora a utilização de robôs antimicrobianos catalíticos (CARs), que são compostos por nanopartículas de óxido de ferro com propriedades catalíticas e magnéticas. Esses robôs são capazes de gerar radicais livres bactericidas e remover detritos de biofilmes de maneira eficiente. A pesquisa apresenta duas plataformas CAR: o biohíbrido e o moldado em 3D. Ambos demonstram uma eficiência notável na remoção controlada de biomassa de biofilmes. Os CARs moldados em 3D são particularmente versáteis, pois são flexíveis e contêm nanopartículas incorporadas, sendo projetados para realizar tarefas específicas em ambientes confinados⁽²⁷⁰⁾. Por exemplo, os CARs com formato de palheta são eficazes na remoção de biofilmes de superfícies curvas de tubos cilíndricos, enquanto os CARs em forma helicoidal têm a capacidade de perfurar obstruções de biofilme e eliminar bactérias simultaneamente. Controlados por magnetismo, os CARs podem auxiliar dentistas em procedimentos endodônticos, oferecendo uma limpeza e perfuração mais precisas⁽²⁷⁰⁾.

A Cirurgia Guiada por Imagem (CGI), ou "*Image-Guided Surgery*" em inglês, representa um avanço significativo na automação das funções cirúrgicas, sendo cada vez mais utilizada na Medicina e aproximando-se da realidade clínica da Odontologia, especialmente na Endodontia, que é o foco desta revisão de escopo. Para avaliar o impacto da CGI no desempenho cirúrgico e na segurança do paciente, é fundamental considerar os fatores humanos envolvidos. Dietrich *et al.*⁽²⁷¹⁾ conduziram uma pesquisa nacional com cirurgiões alemães para analisar as consequências percebidas do uso da CGI e os problemas relacionados aos fatores humanos, tais como mudanças na conscientização

situacional, desempenho e carga de trabalho. A pesquisa também abordou questões como dependência excessiva, degradação das habilidades e usabilidade do sistema⁽²⁷¹⁾. Os resultados mostraram que, de maneira geral, os cirurgiões relataram melhorias no desempenho e na segurança do paciente com a utilização da CGI. No entanto, os usuários inexperientes observaram um aumento na pressão do tempo e nas demandas mentais. Embora a dependência excessiva da CGI tenha sido identificada apenas em uma minoria dos participantes, representa um risco potencial que não deve ser ignorado. O estudo conclui que, apesar de a CGI ser uma ferramenta valiosa para os cirurgiões, é crucial oferecer tempo e treinamento adequados para a familiarização com o sistema⁽²⁷¹⁾. Além disso, é necessário um acompanhamento mais rigoroso dos profissionais de saúde e dos pacientes para uma avaliação contínua dos efeitos dessas técnicas não apenas nos tratamentos e na saúde dos pacientes, mas também na saúde mental dos operadores.

2.3.12 Limitações da Revisão de Escopo e Recomendações para novos Estudos

Essa estudo apresenta limitações inerentes ao próprio modelo de revisão de escopo. Primeiramente, a revisão de escopo incorre no risco de oferecer uma análise superficial dos estudos incluídos, limitando-se a descrever e categorizar a literatura sem realizar uma avaliação crítica detalhada da qualidade dos estudos. Isso pode resultar na inclusão de pesquisas com metodologias variadas e, às vezes, de baixa qualidade. Além disso, a falta de uniformidade entre os estudos pode dificultar a comparação e síntese das evidências. Embora identifique áreas amplas de pesquisa, a revisão de escopo pode não destacar de maneira detalhada as lacunas existentes ou oferecer recomendações práticas e conclusões acionáveis. A grande quantidade de literatura reunida pode tornar a organização e interpretação dos dados desafiadores e, como a revisão de escopo não se incumba de realizar uma avaliação crítica profunda, não fornece informações conclusivas sobre a eficácia ou impacto das intervenções ou

abordagens estudadas, e suas conclusões são limitadas pela disponibilidade e qualidade dos estudos existentes^(96,97,99,272).

Para mitigar as limitações da revisão de escopo, adotamos uma abordagem sistemática e abrangente na seleção e análise dos estudos. Utilizamos cinco bases de dados científicas e periódicos relevantes, incluindo a ProQuest Dissertations & Theses Global, conhecida por sua vasta coleção de dissertações e teses, uma significativa fonte de conhecimento acadêmico não facilmente acessível por meios convencionais. Além disso, ampliamos o escopo linguístico ao incluir estudos em diversos idiomas, como chinês⁽³²⁾, húngaro⁽¹⁶⁴⁾ e alemão⁽²⁶²⁾ utilizando ferramentas de tradução automática (Google Tradutor) para assegurar a inclusão de informações pertinentes. Finalmente, documentamos de maneira transparente todo o processo de pesquisa e seleção, facilitando a replicação e a avaliação crítica da revisão.

A literatura atual apresenta lacunas importantes que precisam ser abordadas para otimizar o uso das tecnologias guiadas e tecnologias emergentes em Endodontia. Tais investigações são fundamentais para embasar decisões clínicas com base em evidências sólidas, fornecendo informações valiosas para a tomada de decisões informadas e para o desenvolvimento de políticas de saúde mais eficazes e promover um avanço contínuo na Endodontia.

Essa revisão de escopo identifica a necessidade de:

- Estudos que incluam mais bases de dados e incorporem descritores-palavras-chaves sobre às técnicas coadjuvantes no tratamento endodôntico, como a terapia fotodinâmica e as terapias regenerativas endodônticas, em conjunto com as TNG, para estudar mais a fundo seu uso em conjunto;
- Estudos comparativos que avaliem a efetividade dos diferentes tipos de acesso endodôntico em TNG, seja pela incisal ou palatina, bem como comparar os impactos do desgaste da estrutura dentária.
- Estudos que comparem a precisão das guias criadas pelos softwares de planejamento digital em uso em comparação com o Blue Sky Plan.

- Estudos que comparem a precisão dos procedimentos endodônticos guiados em relação ao uso de pinos de fixação.
- Estudos que realizem a análise econômica das TNG estáticas e dinâmicas e das tecnologias emergentes como IA, RA, RV e Robótica na Endodontia.
- Estudos que avaliem a qualidade de vida e saúde mental de profissionais de saúde e pacientes no uso das técnicas guiadas e emergentes em Endodontia.

Para futuras investigações, recomenda-se que pesquisas se concentrem na contínua miniaturização dos Sistemas de Navegação Guiada. A redução do tamanho desses dispositivos não apenas melhoraria a experiência do paciente, tornando-os mais manejáveis e confortáveis, mas também facilitaria sua integração em um maior número de práticas clínicas. Além disso, é essencial avançar no desenvolvimento de sistemas que possibilitem o planejamento digital de marcadores, de modo a evitar a necessidade de novos exames de CBCT quando uma imagem já estiver disponível. Essa abordagem não só otimiza o processo de tratamento, mas também reduz a exposição do paciente à radiação e os custos associados. É importante, incentivar à pesquisa sobre a aplicação das tecnologias guiadas e emergentes na Endodontia. Essas tecnologias têm o potencial de transformar o campo, proporcionando diagnósticos mais precisos, planejamento de tratamentos mais eficazes e execução de procedimentos com maior durabilidade. Por fim, apoiar a democratização dessas tecnologias emergentes é fundamental para garantir que seu acesso e aplicação sejam amplamente disponíveis a todos os profissionais da área. Tal iniciativa contribuirá para a contínua elevação dos padrões de cuidado e para o avanço da Endodontia como um campo cada vez mais inovador e eficaz.

2.4 CONCLUSÕES

Essa revisão de escopo mapeou e explorou a extensão e a natureza da literatura disponível sobre as novas técnicas baseadas em tecnologias computacionais aplicadas aos tratamentos endodônticos, com foco nas Técnicas de Navegação Guiada, tanto Estática quanto Dinâmica, e nas tecnologias emergentes, como Inteligência Artificial, Realidade Aumentada, Realidade Virtual e Robótica. Observou-se que, apesar de seu recente desenvolvimento, as técnicas guiadas em Endodontia já demonstram um avanço significativo, oferecendo níveis de precisão e personalização sem precedentes. Essas técnicas estão em franca expansão, apresentando eficácia e acurácia superiores em comparação com as técnicas convencionais. Elas proporcionam agilidade e segurança aos profissionais e melhoram a qualidade do atendimento ao paciente por meio de abordagens minimamente invasivas.

A Técnica Guiada Dinâmica, embora mais recente, destaca-se por permitir maior flexibilidade na sua operação com mudanças em tempo imediato no planejamento, uma vantagem que a Técnica Guiada Estática não oferece. Custos ainda precisam ser diminuídos para possibilitar um maior alcance das técnicas, principalmente referindo à TGD. A integração de tecnologias guiadas com as tecnologias emergentes, promete uma revolução na prática endodôntica, ampliando os benefícios dessas inovações e transformando significativamente a forma como os procedimentos são realizados. Para maximizar o impacto dessas tecnologias, é crucial promover sua democratização, assegurando que todos os profissionais da área tenham acesso às suas vantagens, o que contribuirá para elevar os padrões de cuidado e impulsionar a inovação contínua na Endodontia.

REFERÊNCIAS

1. Dioguardi M, Spirito F, Quarta C, Sovereto D, Basile E, Ballini A, Caloro GA, Troiano G, Lo Muzio L, Mastrangelo F. Guided Dental Implant Surgery: Systematic Review. *J Clin Med*. 2023 Feb 13;12(4):1490. doi: 10.3390/jcm12041490. PMID: 36836025; PMCID: PMC9967359.
2. Jung RE, Schneider D, Ganeles J, Wismeijer D, Zwahlen M, Hämmerle CH, Tahmaseb A. Computer technology applications in surgical implant dentistry: a systematic review. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 2009;24 Suppl:92-109. PMID: 19885437.
3. Köhl S, Payer M, Zitzmann NU, Lambrecht JT, Filippi A. Technical accuracy of printed surgical templates for guided implant surgery with the coDiagnostiX™ software. *Clin Implant Dent Relat Res*. 2015 Jan;17 Suppl 1: e177-82. doi: 10.1111/cid.12152. Epub 2013 Sep 11. PMID: 24020645.
4. Coachman C, Bohner L, Jreige CS, Sesma N, Calamita M. Interdisciplinary guided dentistry, digital quality control, and the "copy-paste" concepts. *J Esthet Restor Dent*. 2021 Oct;33(7):982-991. doi: 10.1111/jerd.12736. Epub 2021 Apr 26. PMID: 33899323.
5. Alfadda A, Alfadley A, Jamleh A. Fiber Post Removal Using a Conservative Fully Guided Approach: A Dental Technique. *Case Rep Dent*. 2022 Jul 22; 2022:3752466. doi: 10.1155/2022/3752466. PMID: 35909436; PMCID: PMC9337978.
6. Anderson J, Wealleans J, Ray J. Endodontic applications of 3D printing. *Int Endod J*. 2018 Sep;51(9):1005-1018. doi: 10.1111/iej.12917. Epub 2018 Mar 23. PMID: 29486052.

7. Freire BB, Vianna S, Leandro Nascimento EH, Freire M, Chilvarquer I. Guided Endodontic Access in a Calcified Central Incisor: A Conservative Alternative for Endodontic Therapy. *Iran Endod J.* 2021;16(1):56-59. doi: 10.22037/iej.v16i1.27427. PMID: 36704410; PMCID: PMC9709874.
8. Mazzi-Chaves JF, Leoni GB, Oliveira JS, Silva-Sousa YTC, Silva RG, Pauwels R, Sousa-Neto MD. Influence of anatomical features in the endodontic treatment planning of maxillary anterior teeth. *Braz Oral Res.* 2022 Jan 14;36: e005. doi: 10.1590/1807-3107BOR-2022.vol36.0005. PMID: 35081223.
9. Pinsky HM, Champleboux G, Sarment DP. Periapical surgery using CAD/CAM guidance: preclinical results. *J Endod.* 2007 Feb;33(2):148-51. doi: 10.1016/j.joen.2006.10.005. Epub 2006 Dec 13. PMID: 17258633.
10. Kfir A, Telishevsky-Strauss Y, Leitner A, Metzger Z. The diagnosis and conservative treatment of a complex type 3 dens invaginatus using cone beam computed tomography (CBCT) and 3D plastic models. *Int Endod J.* 2013 Mar;46(3):275-88. doi: 10.1111/iej.12013. Epub 2012 Nov 9. PMID: 23137215.
11. Buchgreitz J, Buchgreitz M, Mortensen D, Bjørndal L. Guided access cavity preparation using cone-beam computed tomography and optical surface scans - an ex vivo study. *Int Endod J.* 2016 Aug;49(8):790-5. doi: 10.1111/iej.12516. Epub 2015 Aug 22. PMID: 26201367.
12. Connert T, Zehnder MS, Weiger R, Kühl S, Krastl G. Microguided Endodontics: Accuracy of a Miniaturized Technique for Apically Extended Access Cavity Preparation in Anterior Teeth. *J Endod.* 2017 May;43(5):787-790. doi: 10.1016/j.joen.2016.12.016. Epub 2017 Mar 11. PMID: 28292595.
13. Zehnder MS, Connert T, Weiger R, Krastl G, Kühl S. Guided endodontics: accuracy of a novel method for guided access cavity preparation

and root canal location. *Int Endod J.* 2016 Oct;49(10):966-72. doi: 10.1111/iej.12544. Epub 2015 Oct 3. PMID: 26353942.

14. van der Meer WJ, Vissink A, Ng YL, Gulabivala K. 3D Computer aided treatment planning in endodontics. *J Dent.* 2016 Feb; 45:67-72. doi: 10.1016/j.jdent.2015.11.007. Epub 2015 Nov 25. PMID: 26627596.

15. Zubizarreta Macho Á, Ferreiroa A, Rico-Romano C, Alonso-Ezpeleta LÓ, Mena-Álvarez J. Diagnosis and endodontic treatment of type II dens invaginatus by using cone-beam computed tomography and splint guides for cavity access: a case report. *J Am Dent Assoc.* 2015 Apr;146(4):266-70. doi: 10.1016/j.adaj.2014.11.021. PMID: 25819658.

16. Krastl G, Zehnder MS, Connert T, Weiger R, Kühl S. Guided Endodontics: a novel treatment approach for teeth with pulp canal calcification and apical pathology. *Dent Traumatol.* 2016 Jun;32(3):240-246. doi: 10.1111/edt.12235. Epub 2015 Oct 8. PMID: 26449290.

17. Liu Y, Liao W, Jin G, Yang Q, Peng W. Additive manufacturing and digital design assisted precise apicoectomy: a case study. *Rapid Prototyp J.* 14 Jan 2014, Vol. 20, Issue 1, pages 33 – 40. doi: 10.1108/RPJ-06-2012-0056

18. Connert T, Zehnder MS, Amato M, Weiger R, Kühl S, Krastl G. 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.* 2018 Feb;51(2):247-255. doi: 10.1111/iej.12809. Epub 2017 Aug 3. PMID: 28665514.

19. Loureiro MAZ, Elias MRA, Capeletti LR, Silva JA, Siqueira PC, Chaves GS, Decurcio DA. Guided Endodontics: Volume of Dental Tissue Removed by Guided Access Cavity Preparation-An Ex Vivo Study. *J Endod.*

2020 Dec;46(12):1907-1912. doi: 10.1016/j.joen.2020.09.008. Epub 2020 Sep 16. PMID: 32949558.

20. Connert T, Krug R, Eggmann F, Emsermann I, ElAyouti A, Weiger R, Kühl S, Krastl G. Guided Endodontics versus Conventional Access Cavity Preparation: A Comparative Study on Substance Loss Using 3-dimensional-printed Teeth. *J Endod*. 2019 Mar;45(3):327-331. doi: 10.1016/j.joen.2018.11.006. PMID: 30803541.

21. Maia LM, Bambirra Júnior W, Toubes KM, Moreira Júnior G, de Carvalho Machado V, Parpinelli BC, Ribeiro Sobrinho AP. Endodontic guide for the conservative removal of a fiber-reinforced composite resin post. *J Prosthet Dent*. 2022 Jul;128(1):4-7. doi: 10.1016/j.prosdent.2020.11.044. Epub 2021 Feb 25. PMID: 33640086.

22. 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*. 2021 Apr;25(4):1989-1995. doi: 10.1007/s00784-020-03507-x. Epub 2020 Aug 10. PMID: 32779012.

23. Stueland H, Ørstavik D, Handal T. Treatment outcome of surgical and non-surgical endodontic retreatment of teeth with apical periodontitis. *Int Endod J*. 2023 Jun;56(6):686-696. doi: 10.1111/iej.13914. Epub 2023 Mar 29. PMID: 36938637.

24. Connert T, Weiger R, Krastl G. Present status and future directions - Guided endodontics. *Int Endod J*. 2022 Oct;55 Suppl 4(Suppl 4):995-1002. doi: 10.1111/iej.13687. Epub 2022 Feb 4. PMID: 35075661; PMCID: PMC9790195.

25. Fonseca Tavares WL, de Carvalho Machado V, Oliveira Fonseca F, Canal Vasconcellos B, Cruz Guimarães L, Diniz Viana AC, Feitosa Henriques LC. Guided Endodontics in Complex Scenarios of Calcified Molars.

Iran Endod J. 2020 Winter;15(1):50-56. doi: 10.22037/iej. v15i1.26709. PMID: 36704320; PMCID: PMC9723215.

26. Ackerman S, Aguilera FC, Buie JM, Glickman GN, Umorin M, Wang Q, Jalali P. Accuracy of 3-dimensional-printed Endodontic Surgical Guide: A Human Cadaver Study. *J Endod.* 2019 May;45(5):615-618. doi: 10.1016/j.joen.2019.02.005. Epub 2019 Mar 29. PMID: 30930013.

27. Bittar E, Binvignat P, Villat C, Maurin JC, Ducret M, Richert R. Assessment of guide fitting using an intra-oral scanner: An in vitro study. *J Dent.* 2023 Aug; 135:104590. doi: 10.1016/j.jdent.2023.104590. Epub 2023 Jun 14. PMID: 37327983.

28. Decurcio DA, Bueno MR, Silva JA, Loureiro MAZ, Damião Sousa-Neto M, Estrela C. Digital Planning on Guided Endodontics Technology. *Braz Dent J.* 2021 Sep-Dec;32(5):23-33. doi: 10.1590/0103-6440202104740. PMID: 34877975.

29. Martinho FC, Rollor C, Westbrook K, Aldahmash SA, Fay GG, Rivera E, Parsa A, Price JB, Tordik PA. A Cadaver-based Comparison of Sleeve-guided Implant-drill and Dynamic Navigation Osteotomy and Root-end Resections. *J Endod.* 2023 Aug;49(8):1004-1011. doi: 10.1016/j.joen.2023.05.015. Epub 2023 May 31. PMID: 37263496.

30. Connert T, Leontiev W, Dagassan-Berndt D, Kühl S, ElAyouti A, Krug R, Krastl G, Weiger R. Real-Time Guided Endodontics with a Miniaturized Dynamic Navigation System Versus Conventional Freehand Endodontic Access Cavity Preparation: Substance Loss and Procedure Time. *J Endod.* 2021 Oct;47(10):1651-1656. doi: 10.1016/j.joen.2021.07.012. Epub 2021 Jul 24. PMID: 34310979.

31. Nayak A, Jain PK, Kankar PK, Jain N. Computer-aided design-based guided endodontic: A novel approach for root canal access cavity

preparation. *Proc Inst Mech Eng H*. 2018 Aug;232(8):787-795. doi: 10.1177/0954411918788104. Epub 2018 Jul 17. PMID: 30014778.

32. Chen C, Wang FS, Zhang R, Bian Z, Meng LY. [An in vitro model study of computer-guided endodontic microsurgery]. *Zhonghua Kou Qiang Yi Xue Za Zhi*. 2022 Jan 9;57(1):44-51. Chinese. doi: 10.3760/cma.j.cn112144-20210928-00443. PMID: 35012251.

33. Chen H, Li H, Lin F, Zhao YJ, Guo YJ, Zhang Xy, et al. 3D printing of drill guide template for access cavity preparation in human molars: a preliminary study. *Rapid Protot J*. 2018 Aug 20: p. 914-919. doi: : 10.1108/RPJ-05-2017-0081.

34. Krug R, Reich S, Connert T, Kess S, Soliman S, Reymus M, Krastl G. Guided endodontics: a comparative in vitro study on the accuracy and effort of two different planning workflows. *Int J Comput Dent*. 2020;23(2):119-128. PMID: 32555765.

35. Su Y, Chen C, Lin C, Lee H, Chen K, Lin Y, et al. Guided endodontics: accuracy of access cavity preparation and discrimination of angular and linear deviation on canal accessing ability—an ex vivo study. *BMC Oral Health*. 2021 Nov 23: p. 606.

36. Perez C, Sayeh A, Etienne O, Gros CI, Mark A, Couvrechel C, Meyer F. Microguided endodontics: Accuracy evaluation for access through intraroot fibre-post. *Aust Endod J*. 2021 Dec;47(3):592-598. doi: 10.1111/aej.12524. Epub 2021 Apr 29. PMID: 33913573.

37. Leontiev W, Bieri O, Madörin P, Dagassan-Berndt D, Kühl S, Krastl G, Krug R, Weiger R, Connert T. Suitability of Magnetic Resonance Imaging for Guided Endodontics: Proof of Principle. *J Endod*. 2021 Jun;47(6):954-960. doi: 10.1016/j.joen.2021.03.011. Epub 2021 Mar 26. PMID: 33774047.

38. Simon JC, Kwok JW, Vinculado F, Fried D. Computer-Controlled CO2 Laser Ablation System for Cone-beam Computed Tomography and Digital Image Guided Endodontic Access: A Pilot Study. *J Endod.* 2021 Sep;47(9):1445-1452. doi: 10.1016/j.joen.2021.06.004. Epub 2021 Jun 10. PMID: 34119563; PMCID: PMC8867881.'

39. Kostunov J, Rammelsberg P, Klotz AL, Zenthöfer A, Schwindling FS. Minimization of Tooth Substance Removal in Normally Calcified Teeth Using Guided Endodontics: An In Vitro Pilot Study. *J Endod.* 2021 Feb;47(2):286-290. doi: 10.1016/j.joen.2020.10.025. Epub 2020 Nov 24. PMID: 33245970.

40. Koch GK, Gharib H, Liao P, Liu H. Guided Access Cavity Preparation Using Cost-Effective 3D Printers. *J Endod.* 2022 Jul;48(7):909-913. doi: 10.1016/j.joen.2022.04.005. Epub 2022 Apr 11. PMID: 35421408.

41. Zhang C, Zhao X, Chen C, Wang J, Gu P, Ma J, Wu D, Li J. The accuracy of using guided endodontics in access cavity preparation and the temperature changes of root surface: An in vitro study. *BMC Oral Health.* 2022 Nov 16;22(1):504. doi: 10.1186/s12903-022-02548-w. PMID: 36384556; PMCID: PMC9670633.

42. Kamburoğlu K, Sönmez G, Koç C, Yılmaz F, Tunç O, Isayev A. Access Cavity Preparation and Localization of Root Canals Using Guides in 3D-Printed Teeth with Calcified Root Canals: An In Vitro CBCT Study. *Diagnostics (Basel).* 2023 Jun 29;13(13):2215. doi: 10.3390/diagnostics13132215. PMID: 37443609; PMCID: PMC10340585.

43. Pires CRF, Souza-Gabriel AE, Pelozo LL, Cruz-Filho AM, Sousa-Neto MD, Silva RG. Guided endodontics of calcified canals: The drilling path of rotary systems and intracanal dentin wear. *Aust Endod J.* 2023 Sep;49 Suppl 1:64-70. doi: 10.1111/aej.12684. Epub 2022 Sep 15. PMID: 36106713.

44. Haarmann B, Leontiev W, Magni E, Kühl S, Dagassan-Berndt D, Weiger R, et al. Accuracy of Guided Endodontics in Posterior Teeth. *Appl. Sci.* 2023 Feb; 13(4): 2321. doi: 10.3390/app13042321.
45. Vasudevan A, Sundar S, Surendran S, Natanasabapathy V. Tooth substance loss after incisal endodontic access and novel single-tooth template-guided endodontic access in three-dimensional printed resin incisors with simulated pulp canal calcification: A comparative in vitro study. *J Conserv Dent.* 2023 May-Jun;26(3):258-264. doi: 10.4103/jcd.jcd_3_23. Epub 2023 May 16. PMID: 37398863; PMCID: PMC10309124.
46. Rohra MR, Shah PB, Arora AV, Kapoor SV, Rana HB. Evaluation of volumetric substance loss and precision in targeted endodontic re-treatment with guided versus conventional access cavity preparations: An in vitro study. *J Conserv Dent.* 2023 Mar-Apr;26(2):221-225. doi: 10.4103/jcd.jcd_618_22. Epub 2023 Mar 16. PMID: 37205887; PMCID: PMC10190081.
47. Fachin GF, Dinato TR, Prates FB, Connert T., Pelegrine RA, Bueno CE d S. Guided Access through Ceramic Crowns with Fiberglass Post Removal in Lower Molars: An In Vitro Study. *App. Sci.* 2023 Apr 28; 13(9): 5516. doi: <https://doi.org/10.3390/app13095516>.
48. Torres A, Dierickx M, Coucke W, Pedano MS, Lambrechts P, Jacobs R. Ex-vivo and in-vivo validation of a novel measuring protocol for guided endodontics. *J Dent.* 2023 Aug; 135:104566. doi: 10.1016/j.jdent.2023.104566. Epub 2023 May 31. PMID: 37263407.
49. Elhakim A, Hwang J, Kim S, Kim E, Kang S. Three-dimensional accuracy of endodontic access preparations using novel nonrestrictive static guides: A laboratory study. *Aust Endod J.* 2023 Dec;49(3):631-640. doi: 10.1111/aej.12792. Epub 2023 Sep 12. PMID: 37697890.

50. Moreno-Rabié C, Torres A, Lambrechts P, Jacobs R. Clinical applications, accuracy and limitations of guided endodontics: a systematic review. *Int Endod J.* 2020 Feb;53(2):214-231. doi: 10.1111/iej.13216. Epub 2019 Oct 23. PMID: 31520416.
51. Zubizarreta-Macho Á, Castillo-Amature C, Montiel-Company JM, Mena-Álvarez J. Efficacy of Computer-Aided Static Navigation Technique on the Accuracy of Endodontic Microsurgery. A Systematic Review and Meta-Analysis. *J Clin Med.* 2021 Jan 15;10(2):313. doi: 10.3390/jcm10020313. PMID: 33467707; PMCID: PMC7830386.
52. Peña-Bengoá F, Valenzuela M, Flores MJ, Dufey N, Pinto KP, Silva EJNL. Effectiveness of guided endodontics in locating calcified root canals: a systematic review. *Clin Oral Investig.* 2023 May;27(5):2359-2374. doi: 10.1007/s00784-023-04863-0. Epub 2023 Jan 14. PMID: 36640178.
53. Lima TO, Rocha AO, Dos Anjos LM, Meneses Júnior NS, Hungaro Duarte MA, Alcalde MP, Cardoso M, Vivan RR. A Global Overview of Guided Endodontics: A Bibliometric Analysis. *J Endod.* 2024 Jan;50(1):10-16. doi: 10.1016/j.joen.2023.10.002. Epub 2023 Oct 12. PMID: 37838017.
54. Afzal A, Aasima I, Payal J, Sajid A. Management of pulp canal obliteration using static-guided endodontic technique: Case series. *Saudi Endod J.* 2022 Jan; no.1: 120-128. doi: https://doi.org/10.4103/sej.sej_142_21.
55. Shi X, Zhao S, Wang W, Jiang Q, Yang X. Novel navigation technique for the endodontic treatment of a molar with pulp canal calcification and apical pathology. *Aust Endod J.* 2018 Apr;44(1):66-70. doi: 10.1111/aej.12207. Epub 2017 Jun 23. PMID: 28643401.
56. Tchorz JP, Wrbas KT, Hellwig E. Guided endodontic access of a calcified mandibular central incisor using a software-based three-dimensional treatment plan. *Int J Comput Dent.* 2019;22(3):273-281. PMID: 31463491.

57. Hegde SG, Tawani G, Warhadpande M, Raut A, Dakshindas D, Wankhade S. Guided endodontic therapy: Management of pulp canal obliteration in the maxillary central incisor. *J Conserv Dent*. 2019 Nov-Dec;22(6):607-611. doi: 10.4103/JCD.JCD_21_20. Epub 2020 Aug 20. PMID: 33088075; PMCID: PMC7542072.
58. Maia LM, de Carvalho Machado V, da Silva NRFA, Brito Júnior M, da Silveira RR, Moreira Júnior G, Ribeiro Sobrinho AP. Case Reports in Maxillary Posterior Teeth by Guided Endodontic Access. *J Endod*. 2019 Feb;45(2):214-218. doi: 10.1016/j.joen.2018.11.008. Erratum in: *J Endod*. 2019 May;45(5):659. doi: 10.1016/j.joen.2019.03.005. PMID: 30711181.
59. Ishak G, Habib M, Tohme H, Patel S, Bordone A, Perez C, Zogheib C. Guided Endodontic Treatment of Calcified Lower Incisors: A Case Report. *Dent J (Basel)*. 2020 Jul 8;8(3):74. doi: 10.3390/dj8030074. PMID: 32650552; PMCID: PMC7558261.
60. Doranala S, Vemisetty H, Punna R, Alwala AM. Endodontic management of canal calcification in maxillary central incisor using 3D prototyping technique: a case report. *J Adv Oral Res*. 2020;11(1):93-6. doi:10.1177/2320206820901651.
61. Bordone A, Couvrechel C. Treatment of obliterated root canals using various guided endodontic techniques: A case series. *Giornale Italiano di Endodonzia*. 2020;34(1):23-34. doi: 10.32067/GIE.2020.34.01.06.
62. Kaur G, Venkatesh KV, Sihivahanan D. Microguided endodontics: A case report of conservative approach for the management of calcified maxillary lateral incisors. *Saudi End J*. 2021 Jan;11(2): May-Aug: 266 - 270. doi: 10.4103/sej.sej_102_20.
63. Ali A, Arslan H, Jethani B. Conservative management of Type II dens invaginatus with guided endodontic approach: A case series. *J Conserv*

Dent. 2019 Sep-Oct;22(5):503-508. doi: 10.4103/JCD.JCD_30_20. Epub 2020 Aug 4. PMID: 33082671; PMCID: PMC7537742.

64. Ali A, Arslan H. Guided endodontics: a case report of maxillary lateral incisors with multiple dens invaginatus. *Restor Dent Endod.* 2019 Oct 21;44(4): e38. doi: 10.5395/rde.2019.44. e38. PMID: 31799166; PMCID: PMC6875541.

65. Mena-Álvarez J, Rico-Romano C, Lobo-Galindo AB, Zubizarreta-Macho Á. Endodontic treatment of dens evaginatus by performing a splint guided access cavity. *J Esthet Restor Dent.* 2017 Nov 12;29(6):396-402. doi: 10.1111/jerd.12314. Epub 2017 Jul 6. PMID: 28681488.

66. Zubizarreta-Macho Á, Ferreiroa A, Agustín-Panadero R, Rico-Romano C, Lobo-Galindo AB, Mena-Álvarez J. Endodontic re-treatment and restorative treatment of a dens invaginatus type II through new technologies. *J Clin Exp Dent.* 2019 Jun 1;11(6):e570-e576. doi: 10.4317/jced.55840. PMID: 31346380; PMCID: PMC6645261.

67. Byun C, Kim C, Cho S, Baek SH, Kim G, Kim SG, Kim SY. Endodontic Treatment of an Anomalous Anterior Tooth with the Aid of a 3-dimensional Printed Physical Tooth Model. *J Endod.* 2015 Jun;41(6):961-5. doi: 10.1016/j.joen.2015.01.016. Epub 2015 Feb 27. PMID: 25732403.

68. Strbac GD, Schnappauf A, Giannis K, Bertl MH, Moritz A, Ulm C. Guided Autotransplantation of Teeth: A Novel Method Using Virtually Planned 3-dimensional Templates. *J Endod.* 2016 Dec;42(12):1844-1850. doi: 10.1016/j.joen.2016.08.021. Epub 2016 Oct 21. PMID: 27776880.

69. Mena-Álvarez J, Riad-Deglow E, Quispe-López N, Rico-Romano C, Zubizarreta-Macho A. Technology at the service of surgery in a new technique of autotransplantation by guided surgery: a case report. *BMC Oral*

Health. 2020 Apr 7;20(1):99. doi: 10.1186/s12903-020-01095-6. PMID: 32264867; PMCID: PMC7140495..

70. Buchgreitz J, Buchgreitz M, Bjørndal L. Guided Endodontics Modified for Treating Molars by Using an Intracoronar Guide Technique. *J Endod*. 2019 Jun;45(6):818-823. doi: 10.1016/j.joen.2019.03.010. Epub 2019 May 3. PMID: 31056301.

71. Casadei BA, Lara-Mendes STO, Barbosa CFM, Araújo CV, de Freitas CA, Machado VC, Santa-Rosa CC. Access to original canal trajectory after deviation and perforation with guided endodontic assistance. *Aust Endod J*. 2020 Apr;46(1):101-106. doi: 10.1111/aej.12360. Epub 2019 Jul 2. PMID: 31267636.

72. Loureiro MAZ, Silva JA, Chaves GS, Capeletti LR, Estrela C, Decurcio DA. Guided endodontics: The impact of new technologies on complex case solution. *Aust Endod J*. 2021 Dec;47(3):664-671. doi: 10.1111/aej.12498. Epub 2021 Mar 3. PMID: 33660403.

73. Braga Diniz JM, Diniz Oliveira HF, Pinto Coelho RC, Manzi F, Silva FE, Carvalho Machado V, Ribeiro Sobrinho AP, Fonseca Tavares WL. Guided Endodontic Approach in Teeth with Pulp Canal Obliteration and Previous Iatrogenic Deviation: A Case Series. *Iran Endod J*. 2022 Spring;17(2):78-84. doi: 10.22037/iej.v17i2.36830. PMID: 36704016; PMCID: PMC9868979.

74. Fonseca Tavares WL, de Oliveira Murta Pedrosa N, Moreira RA, Braga T, de Carvalho Machado V, Ribeiro Sobrinho AP, Amaral RR. Limitations and Management of Static-guided Endodontics Failure. *J Endod*. 2022 Feb;48(2):273-279. doi: 10.1016/j.joen.2021.11.004. Epub 2021 Nov 18. PMID: 34801590.

75. Shaban A, Elsewify TM, Hassaneina EE. Multiple Endodontic Guides for Root Canal Localization and Preparation in Furcation Perforations: A Report of Two Cases. *Iran Endod J.* 2023;18(1):65-70. doi: 10.22037/iej.v18i1.39498. PMID: 36751413; PMCID: PMC9900149.

76. Bordone A, Ciaschetti M, Perez C, Couvrechel C. Guided Endodontics in the Management of Intracanal Separated Instruments: A Case Report. *J Contemp Dent Pract.* 2022 Aug 1;23(8):853-856. doi: 10.5005/jp-journals-10024-3395. PMID: 37283022.

77. Maia LM, Moreira Júnior G, Albuquerque RC, de Carvalho Machado V, da Silva NRFA, Hauss DD, da Silveira RR. Three-dimensional endodontic guide for adhesive fiber post removal: A dental technique. *J Prosthet Dent.* 2019 Mar;121(3):387-390. doi: 10.1016/j.prosdent.2018.07.011. Epub 2018 Nov 23. PMID: 30477921.

78. Perez C, Finelle G, Couvrechel C. Optimisation of a guided endodontics protocol for removal of fibre-reinforced posts. *Aust Endod J.* 2020 Apr;46(1):107-114. doi: 10.1111/aej.12379. Epub 2019 Oct 11. PMID: 31603599.

79. Silva AS, Carvalho Santos AC, de Sousa Caneschi C, Machado VC, Moreira AN, Dos Santos Alves Morgan LF, Tavares WLF. Adaptable fiberglass post after 3D guided endodontic treatment: Novel approaches in restorative dentistry. *J Esthet Restor Dent.* 2020 Jun;32(4):364-370. doi: 10.1111/jerd.12589. Epub 2020 May 6. PMID: 32378339.

80. Gonçalves WF, Garcia LDFR, Vieira-Schuldt DP, Bortoluzzi EA, Dias-Júnior LCL, Teixeira CDS. Guided Endodontics in Root Canals with Complex Access: Two Case Reports. *Braz Dent J.* 2021 Nov-Dec;32(6):115-123. doi: 10.1590/0103-6440202104537. PMID: 35019015.

81. Farajollahi M, Dianat O, Gholami S, Saber Tahan S. Application of an Endodontic Static Guide in Fiber Post Removal from a Compromised Tooth. *Case Rep Dent*. 2023 Sep 15;2023:7982368. doi: 10.1155/2023/7982368. PMID: 37745692; PMCID: PMC10516697.

82. Lara-Mendes STO, Barbosa CFM, Machado VC, Santa-Rosa CC. A New Approach for Minimally Invasive Access to Severely Calcified Anterior Teeth Using the Guided Endodontics Technique. *J Endod*. 2018 Oct;44(10):1578-1582. doi: 10.1016/j.joen.2018.07.006. Epub 2018 Aug 25. PMID: 30154005.

83. Ye S, Zhao S, Wang W, Jiang Q, Yang X. A novel method for periapical microsurgery with the aid of 3D technology: a case report. *BMC Oral Health*. 2018 May 10;18(1):85. doi: 10.1186/s12903-018-0546-y. PMID: 29747636; PMCID: PMC5946433.

84. Giacomino CM, Ray JJ, Wealleans JA. Targeted Endodontic Microsurgery: A Novel Approach to Anatomically Challenging Scenarios Using 3-dimensional-printed Guides and Trepine Burs-A Report of 3 Cases. *J Endod*. 2018 Apr;44(4):671-677. doi: 10.1016/j.joen.2017.12.019. Epub 2018 Feb 14. PMID: 29426644.

85. Ahn SY, Kim NH, Kim S, Karabucak B, Kim E. Computer-aided Design/Computer-aided Manufacturing-guided Endodontic Surgery: Guided Osteotomy and Apex Localization in a Mandibular Molar with a Thick Buccal Bone Plate. *J Endod*. 2018 Apr;44(4):665-670. doi: 10.1016/j.joen.2017.12.009. Epub 2018 Jan 19. PMID: 29358006.

86. Antal M, Nagy E, Braunitzer G, Fráter M, Piffkó J. Accuracy and clinical safety of guided root end resection with a trephine: a case series. *Head Face Med*. 2019 Dec 21;15(1):30. doi: 10.1186/s13005-019-0214-8. PMID: 31861995; PMCID: PMC6925511.

87. Lai PT, Yang SF, Lin YM, Ho YC. Computer-aided design-guided endodontic microsurgery for a mandibular molar with hypercementosis. *J Formos Med Assoc.* 2019 Oct;118(10):1471-1472. doi: 10.1016/j.jfma.2019.06.007. Epub 2019 Jul 3. PMID: 31277917.
88. Popowicz W, Palatyńska-Ulatowska A, Kohli MR. Targeted Endodontic Microsurgery: Computed Tomography-based Guided Stent Approach with Platelet-rich Fibrin Graft: A Report of 2 Cases. *J Endod.* 2019 Dec;45(12):1535-1542. doi: 10.1016/j.joen.2019.08.012. Epub 2019 Oct 9. PMID: 31606146.
89. Kim D, Ku H, Nam T, Yoon TC, Lee CY, Kim E. Influence of Size and Volume of Periapical Lesions on the Outcome of Endodontic Microsurgery: 3-Dimensional Analysis Using Cone-beam Computed Tomography. *J Endod.* 2016 Aug;42(8):1196-201. doi: 10.1016/j.joen.2016.05.006. Epub 2016 Jun 20. PMID: 27339630.
90. Kim D, Ku H, Nam T, Yoon TC, Lee CY, Kim E. Influence of Size and Volume of Periapical Lesions on the Outcome of Endodontic Microsurgery: 3-Dimensional Analysis Using Cone-beam Computed Tomography. *J Endod.* 2016 Aug;42(8):1196-201. doi: 10.1016/j.joen.2016.05.006. Epub 2016 Jun 20. PMID: 27339630.
91. Sutter E, Lotz M, Rechenberg DK, Stadlinger B, Rucker M, Valdec S. Guided apicoectomy using a CAD/CAM drilling template. *Int J Comput Dent.* 2019;22(4):363-369. PMID: 31840144.
92. Tavares WLF, Fonseca FO, Maia LM, de Carvalho Machado V, França Alves Silva NR, Junior GM, Ribeiro Sobrinho AP. 3D Apicoectomy Guidance: Optimizing Access for Apicoectomies. *J Oral Maxillofac Surg.* 2020 Mar;78(3):357.e1-357.e8. doi: 10.1016/j.joms.2019.10.009. Epub 2019 Oct 25. PMID: 31743656.

93. Mahendran K, Mohamed Hussain MA, Maloor SA, Saminathan K. Guided endodontic surgery - Case series. *Indian J Dent Res.* 2023 Jan-Mar;34(1):94-97. doi: 10.4103/ijdr.IJDR_462_20. PMID: 37417066.
94. Aromataris E, Munn Z. Joanna Briggs Institute Reviewer's Manual. [Online]; 2017 [cited 2023 Sep. 12. Available from: <https://reviewersmanual.joannabriggs.org/>.
95. Levac D, Colquhoun H, O'Brien KK. Scoping studies: advancing the methodology. *Implement Sci.* 2010 Sep 20;5:69. doi: 10.1186/1748-5908-5-69. PMID: 20854677; PMCID: PMC2954944.
96. Colquhoun HL, Levac D, O'Brien KK, Straus S, Tricco AC, Perrier L, Kastner M, Moher D. Scoping reviews: time for clarity in definition, methods, and reporting. *J Clin Epidemiol.* 2014 Dec;67(12):1291-4. doi: 10.1016/j.jclinepi.2014.03.013. Epub 2014 Jul 14. PMID: 25034198.
97. Tricco AC, Antony J, Soobiah C, Kastner M, Cogo E, MacDonald H, D'Souza J, Hui W, Straus SE. Knowledge synthesis methods for generating or refining theory: a scoping review reveals that little guidance is available. *J Clin Epidemiol.* 2016 May;73:36-42. doi: 10.1016/j.jclinepi.2015.11.021. Epub 2016 Feb 15. PMID: 26891951.
98. Westphaln KK, Regoeczi W, Masotya M, Vazquez-Westphaln B, Lounsbury K, McDavid L, Lee H, Johnson J, Ronis SD. From Arksey and O'Malley and Beyond: Customizations to enhance a team-based, mixed approach to scoping review methodology. *MethodsX.* 2021 May 7;8:101375. doi: 10.1016/j.mex.2021.101375. PMID: 34430271; PMCID: PMC8374523.
99. Peters MD, Godfrey CM, Khalil H, McInerney P, Parker D, Soares CB. Guidance for conducting systematic scoping reviews. *Int J Evid Based Healthc.* 2015 Sep;13(3):141-6. doi: 10.1097/XEB.000000000000050. PMID: 26134548.

100. Tricco AC, Lillie E, Zarin W, O'Brien KK, Colquhoun H, Levac D, Moher D, Peters MDJ, Horsley T, Weeks L, Hempel S, Akl EA, Chang C, McGowan J, Stewart L, Hartling L, Aldcroft A, Wilson MG, Garritty C, Lewin S, Godfrey CM, Macdonald MT, Langlois EV, Soares-Weiser K, Moriarty J, Clifford T, Tunçalp Ö, Straus SE. PRISMA Extension for Scoping Reviews (PRISMA-ScR): Checklist and Explanation. *Ann Intern Med.* 2018 Oct 2;169(7):467-473. doi: 10.7326/M18-0850. Epub 2018 Sep 4. PMID: 30178033.

101. Ouzzani M, Hammady H, Fedorowicz Z, Elmagarmid A. Rayyan-a web and mobile app for systematic reviews. *Syst Rev.* 2016 Dec 5;5(1):210. doi: 10.1186/s13643-016-0384-4. PMID: 27919275; PMCID: PMC5139140.

102. Page MJ, McKenzie JE, Bossuyt PM, Boutron I, Hoffmann TC, Mulrow CD, Shamseer L, Tetzlaff JM, Akl EA, Brennan SE, Chou R, Glanville J, Grimshaw JM, Hróbjartsson A, Lalu MM, Li T, Loder EW, Mayo-Wilson E, McDonald S, McGuinness LA, Stewart LA, Thomas J, Tricco AC, Welch VA, Whiting P, Moher D. The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. *BMJ.* 2021 Mar 29;372:n71. doi: 10.1136/bmj.n71. PMID: 33782057; PMCID: PMC8005924.

103. Ropovik I, Adamkovic M, Greger D. Neglect of publication bias compromises meta-analyses of educational research. *PLoS One.* 2021 Jun 3;16(6):e0252415. doi: 10.1371/journal.pone.0252415. PMID: 34081730; PMCID: PMC8174709.

104. Chaves GS, Silva JA, Capeletti LR, Silva EJNL, Estrela C, Decurcio DA. Guided Access Cavity Preparation Using a New Simplified Digital Workflow. *J Endod.* 2023 Jan;49(1):89-95. doi: 10.1016/j.joen.2022.11.004. Epub 2022 Nov 12. PMID: 36375649.

105. Torres A, Dierickx M, Coucke W, Pedano MS, Lambrechts P, Jacobs R. In vitro study on the accuracy of sleeveless guided endodontics and

treatment of a complex upper lateral incisor. *J Dent.* 2023 Apr;131:104466. doi: 10.1016/j.jdent.2023.104466. Epub 2023 Feb 18. PMID: 36804580.

106. Hildebrand H, Leontiev W, Krastl G, Weiger R, Dagassan-Berndt D, Bürklein S, Connert T. Guided endodontics versus conventional access cavity preparation: an ex vivo comparative study of substance loss. *BMC Oral Health.* 2023 Oct 4;23(1):713. doi: 10.1186/s12903-023-03436-7. PMID: 37794361; PMCID: PMC10552426.

107. Fonseca Tavares WL, Diniz Viana AC, de Carvalho Machado V, Feitosa Henriques LC, Ribeiro Sobrinho AP. Guided Endodontic Access of Calcified Anterior Teeth. *J Endod.* 2018 Jul;44(7):1195-1199. doi: 10.1016/j.joen.2018.04.014. PMID: 29941111.

108. Lara-Mendes STO, Barbosa CFM, Santa-Rosa CC, Machado VC. Guided Endodontic Access in Maxillary Molars Using Cone-beam Computed Tomography and Computer-aided Design/Computer-aided Manufacturing System: A Case Report. *J Endod.* 2018 May;44(5):875-879. doi: 10.1016/j.joen.2018.02.009. Epub 2018 Mar 20. PMID: 29571910.

109. Torres A, Shaheen E, Lambrechts P, Politis C, Jacobs R. Microguided Endodontics: a case report of a maxillary lateral incisor with pulp canal obliteration and apical periodontitis. *Int Endod J.* 2019 Apr;52(4):540-549. doi: 10.1111/iej.13031. Epub 2018 Nov 8. PMID: 30341776.

110. 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.* 2019 May;52(5):559-568. doi: 10.1111/iej.13038. Epub 2018 Nov 26. PMID: 30406949.

111. Moreira Maia L, Maria Toubes K, Moreira Júnior G, Quadros Tonelli S, de Carvalho Machado V, Ferreira Silveira F, Nunes E. Guided

Endodontics in Nonsurgical Retreatment of a Mandibular First Molar: A New Approach and Case Report. *Iran Endod J.* 2020 Spring;15(2):111-116. doi: 10.22037/iej.v15i2.27183. PMID: 36704445; PMCID: PMC9709843.

112. Tavares WLF, Ferreira MVL, de Carvalho Machado V, Braga T, Amaral RR, Cohen S. Antimicrobial photodynamic therapy and guided endodontics: A case report. *Photodiagnosis Photodyn Ther.* 2020 Sep;31:101935. doi: 10.1016/j.pdpdt.2020.101935. Epub 2020 Aug 8. PMID: 32781260.

113. Torres A, Lerut K, Lambrechts P, Jacobs R. Guided Endodontics: Use of a Sleeveless Guide System on an Upper Premolar with Pulp Canal Obliteration and Apical Periodontitis. *J Endod.* 2021 Jan;47(1):133-139. doi: 10.1016/j.joen.2020.09.016. Epub 2020 Oct 9. PMID: 33045264.

114. Zhang T, Chen D, Miao LY, Xie SJ, Tang XN. [Guided endodontic access of calcified root canal by laser melting templates]. *Hua Xi Kou Qiang Yi Xue Za Zhi.* 2020 Oct 1;38(5):525-531. Chinese. doi: 10.7518/hxkq.2020.05.009. PMID: 33085236; PMCID: PMC7573769.

115. Yan YQ, Wang HL, Liu Y, Zheng TJ, Tang YP, Liu R. Three-dimensional inlay-guided endodontics applied in variant root canals: A case report and review of literature. *World J Clin Cases.* 2021 Dec 26;9(36):11425-11436. doi: 10.12998/wjcc.v9.i36.11425. PMID: 35071574; PMCID: PMC8717512.

116. Todd R, Resnick S, Zicarelli T, Linenberg C, Donelson J, Boyd C. Template-guided endodontic access. *J Am Dent Assoc.* 2021 Jan;152(1):65-70. doi: 10.1016/j.adaj.2020.07.025. Epub 2020 Nov 6. PMID: 33168140.

117. Llaquet Pujol M, Vidal C, Mercadé M, Muñoz M, Ortolani-Seltenerich S. Guided Endodontics for Managing Severely Calcified Canals. *J*

Endod. 2021 Feb;47(2):315-321. doi: 10.1016/j.joen.2020.11.026. Epub 2020 Dec 2. PMID: 33278454.

118. Shabaan A, Hassanien E, Elsewify T. Endodontic guides and ultrasonic tips for management of calcifications. *G Ital Endodon* [Internet]. 2021 Jul. 5 [cited 2024 Aug. 10];35(2). Available from: <https://www.giornaleitalianoendonzia.it/gie/article/view/233>.

119. Nabavi S, Navabi S, Mohammadi SM. Management of Pulp Canal Obliteration in Mandibular Incisors with Guided Endodontic Treatment: A Case Report. *Iran Endod J.* 2022;17(4):216-219. doi: 10.22037/iej.v17i4.38381. PMID: 36703694; PMCID: PMC9868992.

120. Santiago MC, Altoe MM, de Azevedo Mohamed CP, de Oliveira LA, Salles LP. 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.* 2022 Feb 11;22(1):37. doi: 10.1186/s12903-022-02067-8. PMID: 35148745; PMCID: PMC8832717.

121. Orozco EIF, Hasna AA, Andrade GSd, Machado VdC, Junior LRCM, Saavedra GdSFA. Guided endodontic access of severe calcified tooth without incisal edge – case report. *Brazilian Dental Science.* 2022 Jul – Sep;25(3). doi: <https://doi.org/10.4322/bds.2022.e3145>.

122. Dąbrowski W, Puchalska W, Ziemiański A, Ordyniec-Kwaśnica I. Guided Endodontics as a Personalized Tool for Complicated Clinical Cases. *Int J Environ Res Public Health.* 2022 Aug 12;19(16):9958. doi: 10.3390/ijerph19169958. PMID: 36011600; PMCID: PMC9408804.

123. Nazar AM, George L, Mathew J. Guided endodontics: Management of calcified tooth with a large periapical lesion using cone beam computed tomography and three-dimensional printed guide. *Endodontology.* 2022 Apr–Jun;34(2): 131-136. doi: 10.4103/endo.endo_84_21.

124. Hernández-Vigueras Scarlette, Rosas-Mendez Cristián, Aravena Pedro Christian, Barría-Rojas Eduardo, Maldonado-Uribe Jorge. Endodoncia Guiada Estática, Una Opción para Obliteración del Canal Pulpar. Serie de Casos. *Int. J. Morphol.* [Internet]. 2022 Dic [citado 2024 Ago 10]; 40(6): 1504-1510. Disponible en:
http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0717-95022022000601504&lng=es. <http://dx.doi.org/10.4067/S0717-95022022000601504>.
125. Lewis NV, Aggarwal S. Static Guided Endodontic Approach for Pulp Canal Obliteration: A Case Report. *Cureus*. 2023 Jul 24;15(7):e42379. doi: 10.7759/cureus.42379. PMID: 37621785; PMCID: PMC10445664.
126. Zargar N, Amiri M. Guided Endodontic Treatment for Calcified Central Incisor with Discoloration, a Conservative Approach Preserving Incisal Edge: A Case Report. *Iran Endod J.* 2023;18(4):259-263. doi: 10.22037/iej.v18i4.42119. PMID: 37829836; PMCID: PMC10566003.
127. Lara-Mendes ST de O, Gonzaga LF de C, Costa ML de G, Dominguet PG, Mendes SR, Machado VC de C, Silva NRFA. A computer-assisted endodontic access technique to remove fiber posts. *J Prosthet Dent.* 2023; [Epub ahead of print]. doi: 10.1016/j.prosdent.2023.08.037.
128. Ambu E, Gori B, Marruganti C, Malvicini G, Bordone A, Giberti L, Grandini S, Gaeta C. Influence of Calcified Canals Localization on the Accuracy of Guided Endodontic Therapy: A Case Series Study. *Dent J (Basel).* 2023 Jul 28;11(8):183. doi: 10.3390/dj11080183. PMID: 37623279; PMCID: PMC10453682.
129. Chong BS, Dhesi M, Makdissi J. Computer-aided dynamic navigation: a novel method for guided endodontics. *Quintessence Int.* 2019;50(3):196-202. doi: 10.3290/j.qi.a41921. PMID: 30773571.

130. Jain SD, Carrico CK, Bermanis I. 3-Dimensional Accuracy of Dynamic Navigation Technology in Locating Calcified Canals. *J Endod.* 2020 Jun;46(6):839-845. doi: 10.1016/j.joen.2020.03.014. Epub 2020 Apr 25. PMID: 32340763.

131. Gambarini G, Galli M, Morese A, Stefanelli LV, Abduljabbar F, Giovarruscio M, Di Nardo D, Seracchiani M, Testarelli L. Precision of Dynamic Navigation to Perform Endodontic Ultraconservative Access Cavities: A Preliminary In Vitro Analysis. *J Endod.* 2020 Sep;46(9):1286-1290. doi: 10.1016/j.joen.2020.05.022. Epub 2020 Jun 15. PMID: 32553875.

132. Leontiev W, Connert T, Weiger R, Krastl G, Magni E. Dynamic Navigation in Endodontics: Guided Access Cavity Preparation by Means of a Miniaturized Navigation System. *J Vis Exp.* 2022 May 5;(183). doi: 10.3791/63687. PMID: 35604155.

133. Torres A, Boelen GJ, Lambrechts P, Pedano MS, Jacobs R. Dynamic navigation: a laboratory study on the accuracy and potential use of guided root canal treatment. *Int Endod J.* 2021 Sep;54(9):1659-1667. doi: 10.1111/iej.13563. Epub 2021 Jun 12. PMID: 33991122.

134. Dianat O, Nosrat A, Tordik PA, Aldahmash SA, Romberg E, Price JB, Mostoufi B. Accuracy and Efficiency of a Dynamic Navigation System for Locating Calcified Canals. *J Endod.* 2020 Nov;46(11):1719-1725. doi: 10.1016/j.joen.2020.07.014. Epub 2020 Jul 18. PMID: 32692993.

135. Gambarini G, Galli M, Morese A, Abduljabbar F, Seracchiani M, Stefanelli LV, et al. Digital Design of Minimally Invasive Endodontic Access Cavity. *Appl. Sci.* 2020, 10(10), 3513; <https://doi.org/10.3390/app10103513>.

136. Jain SD, Saunders MW, Carrico CK, Jadhav A, Deeb JG, Myers GL. Dynamically Navigated versus Freehand Access Cavity Preparation: A Comparative Study on Substance Loss Using Simulated Calcified Canals. *J*

Endod. 2020 Nov;46(11):1745-1751. doi: 10.1016/j.joen.2020.07.032. Epub 2020 Aug 11. PMID: 32795551.

137. Karim MH, Faraj BM. Comparative Evaluation of a Dynamic Navigation System versus a Three-dimensional Microscope in Retrieving Separated Endodontic Files: An In Vitro Study. *J Endod.* 2023 Sep;49(9):1191-1198. doi: 10.1016/j.joen.2023.06.014. Epub 2023 Jun 30. PMID: 37393950.

138. Janabi A, Tordik PA, Griffin IL, Mostoufi B, Price JB, Chand P, Martinho FC. Accuracy and Efficiency of 3-dimensional Dynamic Navigation System for Removal of Fiber Post from Root Canal-Treated Teeth. *J Endod.* 2021 Sep;47(9):1453-1460. doi: 10.1016/j.joen.2021.07.002. Epub 2021 Jul 13. PMID: 34265326.

139. Wu M, Liu M, Cheng Y, Tang W, Yan P, Jiang H. Treatment of Pulp Canal Obliteration Using a Dynamic Navigation System: Two Case Reports. *J Endod.* 2022 Nov;48(11):1441-1446. doi: 10.1016/j.joen.2022.07.014. Epub 2022 Aug 10. PMID: 35963323.

140. Panithini DB, Sajjan GS, Kinariwala N, Medicharla UD, Varma KM, Kallepalli M. Real-time guided endodontics: A case report of maxillary central incisor with calcific metamorphosis. *J Conserv Dent.* 2023 Jan-Feb;26(1):113-117. doi: 10.4103/jcd.jcd_506_22. Epub 2022 Dec 8. PMID: 36908734; PMCID: PMC10003280.

141. Yang X, Zhang Y, Chen X, Huang L, Qiu X. Limitations and Management of Dynamic Navigation System for Locating Calcified Canals Failure. *J Endod.* 2024 Jan;50(1):96-105. doi: 10.1016/j.joen.2023.10.010. Epub 2023 Oct 27. PMID: 37890613.

142. Villa-Machado PA, Restrepo-Restrepo FA, Sousa-Dias H, Tobón-Arroyave SI. Application of computer-assisted dynamic navigation in complex root canal treatments: Report of two cases of calcified canals. *Aust Endod J.*

2022 Apr;48(1):187-196. doi: 10.1111/aej.12614. Epub 2022 Mar 7. PMID: 35255155.

143. Bardales-Alcocer J, Ramírez-Salomón M, Vega-Lizama E, López-Villanueva M, Alvarado-Cárdenas G, Serota KS, Ramírez-Wong J. Endodontic Retreatment Using Dynamic Navigation: A Case Report. *J Endod.* 2021 Jun;47(6):1007-1013. doi: 10.1016/j.joen.2021.03.005. Epub 2021 Mar 18. PMID: 33745944.

144. Dianat O, Gupta S, Price JB, Mostoufi B. Guided Endodontic Access in a Maxillary Molar Using a Dynamic Navigation System. *J Endod.* 2021 Apr;47(4):658-662. doi: 10.1016/j.joen.2020.09.019. Epub 2020 Oct 9. PMID: 33045269.

145. Zubizarreta-Macho Á, Muñoz AP, Deglow ER, Agustín-Panadero R, Álvarez JM. Accuracy of Computer-Aided Dynamic Navigation Compared to Computer-Aided Static Procedure for Endodontic Access Cavities: An in Vitro Study. *J Clin Med.* 2020 Jan 2;9(1):129. doi: 10.3390/jcm9010129. PMID: 31906598; PMCID: PMC7019931.

146. Peng L, Zhao J, Wang ZH, Sun YC, Liang YH. Accuracy of root-end resection using a digital guide in endodontic surgery: An in vitro study. *J Dent Sci.* 2021 Jan;16(1):45-50. doi: 10.1016/j.jds.2020.06.024. Epub 2020 Aug 16. PMID: 33384777; PMCID: PMC7770308.

147. Hawkins TK, Wealleans JA, Pratt AM, Ray JJ. Targeted endodontic microsurgery and endodontic microsurgery: a surgical simulation comparison. *Int Endod J.* 2020 May;53(5):715-722. doi: 10.1111/iej.13243. Epub 2019 Nov 20. PMID: 31674678.

148. Gaffuri S, Audino E, Salvadori M, Garo ML, Salgarello S. Accuracy of a minimally invasive surgical guide in microsurgical endodontics: A human

cadaver study. *G. Ital. Endod.* 2021 Oct; 35(2). doi: 10.32067/GIE.2021.35.02.36.

149. Nagy E, Braunitzer G, Gryschka DG, Barrak I, Antal MA. Accuracy of digitally planned, guided apicoectomy with a conventional trephine and a custom-made endodontic trephine: An in vitro comparative study. *J Stomatol Oral Maxillofac Surg.* 2022 Sep;123(4):388-394. doi: 10.1016/j.jormas.2021.09.014. Epub 2021 Sep 30. PMID: 34601166.

150. Cabezon C, Aubeux D, Pérez F, Gaudin A. 3D-Printed Metal Surgical Guide for Endodontic Microsurgery (a Proof of Concept). *Appl. Sci.* 2023 Jan 12;13(2):1031. doi: 10.3390/app13021031.

151. Kiscsatári R, Nagy E, Szabó M, Braunitzer G, Piffkó J, Fráter M, et al. Comparison of the Three-Dimensional Accuracy of Guided Apicoectomy Performed with a Drill or a Trephine: An In Vitro Study. *Appl. Sci.* 2023 Aug 25;13(17): 9642. doi: 10.3390/app13179642.

152. Fan Y, Glickman GN, Umorin M, Nair MK, Jalali P. A Novel Prefabricated Grid for Guided Endodontic Microsurgery. *J Endod.* 2019 May;45(5):606-610. doi: 10.1016/j.joen.2019.01.015. Epub 2019 Mar 12. PMID: 30876703.

153. Zhao D, Xie W, Li T, Wang A, Wu L, Kang W, Wang L, Guo S, Tang X, Xie S. New-designed 3D printed surgical guide promotes the accuracy of endodontic microsurgery: a study of 14 upper anterior teeth. *Sci Rep.* 2023 Sep 19;13(1):15512. doi: 10.1038/s41598-023-42767-x. PMID: 37726360; PMCID: PMC10509208.

154. Westbrook K, Rollor C, Aldahmash SA, Fay GG, Rivera E, Price JB, Griffin I, Tordik PA, Martinho FC. Comparison of a Novel Static Computer-aided Surgical and Freehand Techniques for Osteotomy and Root-end

Resection. *J Endod.* 2023 May;49(5):528-535.e1. doi: 10.1016/j.joen.2023.02.008. Epub 2023 Feb 22. PMID: 36828284.

155. Lai PT, Yang SF, Lin YM, Ho YC. Computer-aided design-guided endodontic microsurgery for a mandibular molar with hypercementosis. *J Formos Med Assoc.* 2019 Oct;118(10):1471-1472. doi: 10.1016/j.jfma.2019.06.007. Epub 2019 Jul 3. PMID: 31277917.

156. Dedania MS, Shah NC, Arora A, Pisal N. Three-dimensional printing: A revealing pathway to an unpredictable maze. *J Conserv Dent.* 2020 Sep-Oct;23(5):533-537. doi: 10.4103/JCD.JCD_190_19. Epub 2021 Feb 10. PMID: 33911366; PMCID: PMC8066681.

157. Buniag AG, Pratt AM, Ray JJ. Targeted Endodontic Microsurgery: A Retrospective Outcomes Assessment of 24 Cases. *J Endod.* 2021 May;47(5):762-769. doi: 10.1016/j.joen.2021.01.007. Epub 2021 Feb 4. PMID: 33548331.

158. Tavares WLF, Fonseca FO, Maia LM, de Carvalho Machado V, França Alves Silva NR, Junior GM, Ribeiro Sobrinho AP. 3D Apicoectomy Guidance: Optimizing Access for Apicoectomies. *J Oral Maxillofac Surg.* 2020 Mar;78(3):357.e1-357.e8. doi: 10.1016/j.joms.2019.10.009. Epub 2019 Oct 25. PMID: 31743656.

159. Benjamin G, Ather A, Bueno MR, Estrela C, Diogenes A. Preserving the Neurovascular Bundle in Targeted Endodontic Microsurgery: A Case Series. *J Endod.* 2021 Mar;47(3):509-519. doi: 10.1016/j.joen.2020.10.008. Epub 2020 Oct 20. PMID: 33096194.

160. Langaliya A, Chaudhari E, Patel A, Shah J. Computer-aided design-CAM-guided endodontic microsurgical localization and retrieval of two separated instruments from the periapical area of a mandibular second molar. *Endodontology.* 2021 Apr-Jun;33(2):112-117. doi: 10.4103/endo.endo_60_20.

161. Schmid C, Lotz M, Pieralli S, Valdec S. Guided flapless apicoectomy of the palatal root of a maxillary molar: a case presentation. *Quintessence Int.* 2022 Jun 20;53(7):608-614. doi: 10.3290/j.qi.b2793271. PMID: 35274517.
162. Sudha A, Krishnan A, Samant PS, Dubey S. Guidodontics: A global positioning system (GPS) to surgical Endodontics - A case series. *J Conserv Dent.* 2023 Mar-Apr;26(2):241-245. doi: 10.4103/jcd.jcd_614_22. Epub 2023 Mar 16. PMID: 37205886; PMCID: PMC10190080.
163. Antal M, Nagy E, Sanyó L, Braunitzer G. Digitally planned root end surgery with static guide and custom trephine burs: A case report. *Int J Med Robot.* 2020 Aug;16(4):e2115. doi: 10.1002/rcs.2115. Epub 2020 Jun 3. PMID: 32304137.
164. Nagy E, Fráter M, Antal M. Gyökércsúcs rezekciója navigált Endodontiai mikrosebészeti technikával [Guided modern endodontic microsurgery by use of a trephine bur]. *Orv Hetil.* 2020 Jul;161(30):1260-1265. Hungarian. doi: 10.1556/650.2020.31778. PMID: 32653869.
165. Chaves GS, Capeletti LR, Miguel JG, Loureiro MAZ, Silva EJNL, Decurcio DA. A Novel Simplified Workflow for Guided Endodontic Surgery in Mandibular Molars with a Thick Buccal Bone Plate: A Case Report. *J Endod.* 2022 Jul;48(7):930-935. doi: 10.1016/j.joen.2022.04.001. Epub 2022 Apr 9. PMID: 35405156.
166. Tavares WLF, De Carvalho Machado V, Fonseca FO, M, M. L, Alves Silva NRF, Sobrinho , et al. Multiple Microsurgery Intervention with Apicoectomy Guidance in Single Session: A Case Report. *Iran Endod J.* 2021 Summer;16(3):193-197. doi: 10.22037/iej.v16i3.30842. PMID: 36704394; PMCID: PMC9735248.

167. Wang Z, Guo X, Chen C, Qin L, Meng L. Effect of Field of View and Voxel Size on CBCT-Based Accuracy of Dynamic Navigation in Endodontic Microsurgery: An In Vitro Study. *J Endod.* 2023 Aug;49(8):1012-1019. doi: 10.1016/j.joen.2023.05.018. Epub 2023 Jun 1. PMID: 37269977.

168. Aldahmash SA, Price JB, Mostoufi B, Griffin IL, Dianat O, Tordik PA, Martinho FC. Real-time 3-dimensional Dynamic Navigation System in Endodontic Microsurgery: A Cadaver Study. *J Endod.* 2022 Jul;48(7):922-929. doi: 10.1016/j.joen.2022.04.012. Epub 2022 Apr 28. PMID: 35489425.

169. Dianat O, Nosrat A, Mostoufi B, Price JB, Gupta S, Martinho FC. Accuracy and efficiency of guided root-end resection using a dynamic navigation system: a human cadaver study. *Int Endod J.* 2021 May;54(5):793-801. doi: 10.1111/iej.13466. PMID: 33368371.

170. Martinho FC, Griffin IL, Tordik PA. Piezoelectric Device and Dynamic Navigation System Integration for Bone Window-Guided Surgery. *J Endod.* 2023 Dec;49(12):1698-1705. doi: 10.1016/j.joen.2023.09.013. Epub 2023 Oct 5. PMID: 37804944.

171. Wang Z, Chen C, Qin L, Li F, Chen Y, Meng L. Accuracy and Efficiency of Endodontic Microsurgery Assisted by Dynamic Navigation Based on Two Different Registration Methods: An In Vitro Study. *J Endod.* 2023 Sep;49(9):1199-1206. doi: 10.1016/j.joen.2023.06.012. Epub 2023 Jun 24. PMID: 37356477.

172. Gambarini G, Galli M, Stefanelli LV, Di Nardo D, Morese A, Seracchiani M, De Angelis F, Di Carlo S, Testarelli L. Endodontic Microsurgery Using Dynamic Navigation System: A Case Report. *J Endod.* 2019 Nov;45(11):1397-1402.e6. doi: 10.1016/j.joen.2019.07.010. Epub 2019 Sep 10. PMID: 31515047.

173. Lu YJ, Chiu LH, Tsai LY, Fang CY. Dynamic navigation optimizes endodontic microsurgery in an anatomically challenging area. *J Dent Sci.* 2022 Jan;17(1):580-582. doi: 10.1016/j.jds.2021.07.002. Epub 2021 Jul 20. PMID: 35028089; PMCID: PMC8739741.

174. Fu W, Chen C, Bian Z, Meng L. Endodontic Microsurgery of Posterior Teeth with the Assistance of Dynamic Navigation Technology: A Report of Three Cases. *J Endod.* 2022 Jul;48(7):943-950. doi: 10.1016/j.joen.2022.03.010. Epub 2022 Apr 6. PMID: 35398147.

175. Gibello U, Cemenasco A, Giordano L, Alovise M, Cortese L, Balocco A, et al. Combined orthograde 3D navigation microsurgical endodontic retreatment for the management of persistent apical periodontitis in a mandibular molar. *G Ital Endod.* 2023 Jun 27;37(1). doi: 10.32067/GIE.2023.37.01.07. Available online at www.giornaleitalianoendodonzia.it

176. Chen C, Zhang R, Zhang W, Wang F, Wang Z, Qin L, Bian Z, Meng L. Analysis of the accuracy of a dynamic navigation system in endodontic microsurgery: A prospective case series study. *J Dent.* 2023 Jul; 134:104534. doi: 10.1016/j.jdent.2023.104534. Epub 2023 May 4. PMID: 37149255.

177. Chen C, Zhang R, Zhang W, Li F, Wang Z, Qin L, Chen Y, Bian Z, Meng L. Clinical and radiological outcomes of dynamic navigation in endodontic microsurgery: a prospective study. *Clin Oral Investig.* 2023 Sep;27(9):5317-5329. doi: 10.1007/s00784-023-05152-6. Epub 2023 Aug 2. PMID: 37530891; PMCID: PMC10492757.

178. Tang W, Jiang H. Comparison of Static and Dynamic Navigation in Root End Resection Performed by Experienced and Inexperienced Operators: An In Vitro Study. *J Endod.* 2023 Mar;49(3):294-300. doi: 10.1016/j.joen.2022.11.016. Epub 2022 Dec 15. PMID: 36528176.

179. Martinho FC, Griffin IL, Corazza BJM. Current Applications of Dynamic Navigation System in Endodontics: A Scoping Review. *Eur J Dent.* 2023 Jul;17(3):569-586. doi: 10.1055/s-0042-1749361. Epub 2022 Aug 31. PMID: 36044911; PMCID: PMC10569848.

180. Vasudevan A, Santosh SS, Selvakumar RJ, Sampath DT, Natanasabapathy V. Dynamic Navigation in Guided Endodontics - A Systematic Review. *Eur Endod J.* 2022 Jun;7(2):81-91. doi: 10.14744/eej.2022.96168. PMID: 35786584; PMCID: PMC9285996.

181. Jonaityte EM, Bilvinaite G, Drukteinis S, Torres A. Accuracy of Dynamic Navigation for Non-Surgical Endodontic Treatment: A Systematic Review. *J Clin Med.* 2022 Jun 15;11(12):3441. doi: 10.3390/jcm11123441. PMID: 35743515; PMCID: PMC9225421.

182. Mekhdieva E, Del Fabbro M, Alovizi M, Scotti N, Comba A, Berutti E, Pasqualini D. Dynamic Navigation System vs. Free-Hand Approach in Microsurgical and Non-Surgical Endodontics: A Systematic Review and Meta-Analysis of Experimental Studies. *J Clin Med.* 2023 Sep 8;12(18):5845. doi: 10.3390/jcm12185845. PMID: 37762786; PMCID: PMC10531643.

183. Umer F, Habib S. Critical Analysis of Artificial Intelligence in Endodontics: A Scoping Review. *J Endod.* 2022 Feb;48(2):152-160. doi: 10.1016/j.joen.2021.11.007. Epub 2021 Nov 25. PMID: 34838523.

184. Ramezanzade S, Laurentiu T, Bakhshandah A, Ibragimov B, Kvist T, Bjørndal L. The efficiency of artificial intelligence methods for finding radiographic features in different endodontic treatments - a systematic review. *Acta Odontol Scand.* 2023 Aug;81(6):422-435. doi: 10.1080/00016357.2022.2158929. Epub 2022 Dec 22. PMID: 36548872.

185. Khanagar SB, Alfadley A, Alfouzan K, Awawdeh M, Alaqla A, Jamleh A. Developments and Performance of Artificial Intelligence Models

Designed for Application in Endodontics: A Systematic Review. *Diagnostics (Basel)*. 2023 Jan 23;13(3):414. doi: 10.3390/diagnostics13030414. PMID: 36766519; PMCID: PMC9913920.

186. Meghil MM, Rajpurohit P, Awad ME, McKee J, Shahoumi LA, Ghaly M. Artificial intelligence in dentistry. *Dent Rev*. 2022 Mar;2(1):100009. doi: 10.1016/j.dentre.2021.100009.

187. Thurzo A, Urbanová W, Novák B, Czako L, Siebert T, Stano P, Mareková S, Fountoulaki G, Kosnáčová H, Varga I. Where Is the Artificial Intelligence Applied in Dentistry? Systematic Review and Literature Analysis. *Healthcare (Basel)*. 2022 Jul 8;10(7):1269. doi: 10.3390/healthcare10071269. PMID: 35885796; PMCID: PMC9320442.

188. Karobari MI, Adil AH, Basheer SN, Murugesan S, Savadamoorthi KS, Mustafa M, Abdulwahed A, Almokhatieb AA. Evaluation of the Diagnostic and Prognostic Accuracy of Artificial Intelligence in Endodontic Dentistry: A Comprehensive Review of Literature. *Comput Math Methods Med*. 2023 Jan 31; 2023:7049360. doi: 10.1155/2023/7049360. PMID: 36761829; PMCID: PMC9904932.

189. Fatima A, Shafi I, Afzal H, Díez IT, Lourdes DRM, Breñosa J, Espinosa JCM, Ashraf I. Advancements in Dentistry with Artificial Intelligence: Current Clinical Applications and Future Perspectives. *Healthcare (Basel)*. 2022 Oct 31;10(11):2188. doi: 10.3390/healthcare10112188. PMID: 36360529; PMCID: PMC9690084.

190. Li Y, Inamochi Y, Wang Z, Fueki K. Clinical application of robots in dentistry: A scoping review. *J Prosthodont Res*. 2024 Apr 8;68(2):193-205. doi: 10.2186/jpr.JPR_D_23_00027. Epub 2023 Jun 10. PMID: 37302842.

191. Jia T, Qiao B, Ren Y, Xing L, Ding B, Yuan F, Luo Q, Li H. Case Report: Application of Mixed Reality Combined with A Surgical Template for

Precise Periapical Surgery. *Front Surg*. 2022 Jun 10; 9:923299. doi: 10.3389/fsurg.2022.923299. PMID: 36034400; PMCID: PMC9407037.

192. Martinho FC, Griffin IL, Price JB, Tordik PA. Augmented Reality and 3-Dimensional Dynamic Navigation System Integration for Osteotomy and Root-end Resection. *J Endod*. 2023 Oct;49(10):1362-1368. doi: 10.1016/j.joen.2023.07.007. Epub 2023 Jul 13. PMID: 37453501.

193. Orhan K, Bayrakdar IS, Ezhov M, Kravtsov A, Özyürek T. Evaluation of artificial intelligence for detecting periapical pathosis on cone-beam computed tomography scans. *Int Endod J*. 2020 May;53(5):680-689. doi: 10.1111/iej.13265. Epub 2020 Feb 3. PMID: 31922612.

194. Pohlenz P, Gröbe A, Petersik A, von Sternberg N, Pflesser B, Pommert A, Höhne KH, Tiede U, Springer I, Heiland M. Virtual dental surgery as a new educational tool in dental school. *J Craniomaxillofac Surg*. 2010 Dec;38(8):560-4. doi: 10.1016/j.jcms.2010.02.011. Epub 2010 Mar 29. PMID: 20303282.

195. Bruellmann DD, Tjaden H, Schwanecke U, Barth P. An optimized video system for augmented reality in endodontics: a feasibility study. *Clin Oral Investig*. 2013 Mar;17(2):441-8. doi: 10.1007/s00784-012-0718-0. Epub 2012 Mar 31. PMID: 22460401.

196. Jiang T, Zhu M, Chai G, Li Q. Precision of a Novel Craniofacial Surgical Navigation System Based on Augmented Reality Using an Occlusal Splint as a Registration Strategy. *Sci Rep*. 2019 Jan 24;9(1):501. doi: 10.1038/s41598-018-36457-2. PMID: 30679507; PMCID: PMC6345963.

197. Lin X, Fu Y, Ren G, Yang X, Duan W, Chen Y, Zhang Q. Micro-Computed Tomography-Guided Artificial Intelligence for Pulp Cavity and Tooth Segmentation on Cone-beam Computed Tomography. *J Endod*. 2021

Dec;47(12):1933-1941. doi: 10.1016/j.joen.2021.09.001. Epub 2021 Sep 11. PMID: 34520812.

198. Xu T, Zhu Y, Peng L, Cao Y, Zhao X, Meng F, et al. Artificial intelligence assisted identification of therapy history from periapical films for dental root canal. *Displays*. 2022 Jan; 71:102119. doi: <https://doi.org/10.1016/j.displa.2021.102119>

199. Faus-Matoses V, Faus-Llácer V, Moradian T, Deglow ER, Ruiz-Sánchez C, Hamoud-Kharrat N, et al. Accuracy of Endodontic Access Cavities Performed Using an Augmented Reality Appliance: An In Vitro Study. *Int J Environ Res Public Health*. 2022;19(18):11167. doi: 10.3390/ijerph191811167.

200. Albitar L, Zhao T, Huang C, Mahdian M. Artificial Intelligence (AI) for Detection and Localization of Unobturator Second Mesial Buccal (MB2) Canals in Cone-Beam Computed Tomography (CBCT). *Diagnostics (Basel)*. 2022 Dec 18;12(12):3214. doi: 10.3390/diagnostics12123214. PMID: 36553221; PMCID: PMC9777585.

201. Farronato M, Torres A, Pedano MS, Jacobs R. Novel method for augmented reality guided endodontics: An in vitro study. *J Dent*. 2023 May; 132:104476. doi: 10.1016/j.jdent.2023.104476. Epub 2023 Mar 9. PMID: 36905949.

202. Chen Y, Liu L, Qiu S, Hu C, Wang L, Li Y, Tan X, Gao Y, Huang D. Application of Real-time Augmented Reality-guided Osteotomy and Apex Location in Endodontic Microsurgery: A Surgical Simulation Study Based on 3D-printed Alveolar Bone Model. *J Endod*. 2023 Jul;49(7):880-888. doi: 10.1016/j.joen.2023.05.011. Epub 2023 May 19. PMID: 37211311.

203. Hiraiwa T, Arijji Y, Fukuda M, Kise Y, Nakata K, Katsumata A, Fujita H, Arijji E. A deep-learning artificial intelligence system for assessment of root morphology of the mandibular first molar on panoramic radiography.

Dentomaxillofac Radiol. 2019 Mar;48(3):20180218. doi: 10.1259/dmfr.20180218. Epub 2018 Nov 9. PMID: 30379570; PMCID: PMC6476355.

204. Altukroni A, Alsaedi A, Gonzalez-Losada C, Lee JH, Alabudh M, Mirah M, El-Amri S, Ezz El-Deen O. Detection of the pathological exposure of pulp using an artificial intelligence tool: a multicentric study over periapical radiographs. BMC Oral Health. 2023 Aug 11;23(1):553. doi: 10.1186/s12903-023-03251-0. PMID: 37563659; PMCID: PMC10416487.

205. Renschmidt B, Rieder M, Gsaxner C, Gaessler J, Payer M, Wallner J. Augmented Reality-Guided Apicoectomy Based on Maxillofacial CBCT Scans. Diagnostics (Basel). 2023 Sep 25;13(19):3037. doi: 10.3390/diagnostics13193037. PMID: 37835780; PMCID: PMC10572956.

206. Bosshard FA, Valdec S, Dehghani N, Wiedemeier D, Fürnstahl P, Stadlinger B. Accuracy of augmented reality-assisted vs template-guided apicoectomy - an ex vivo comparative study. Int J Comput Dent. 2023 Feb 24;26(1):11-18. doi: 10.3290/j.ijcd.b2599279. PMID: 35072426.

207. Patel S. New dimensions in endodontic imaging: Part 2. Cone beam computed tomography. Int Endod J. 2009 Jun;42(6):463-75. doi: 10.1111/j.1365-2591.2008.01531.x. Epub 2009 Mar 2. PMID: 19298576.

208. Special Committee to Revise the Joint AAE/AAOMR Position Statement on use of CBCT in Endodontics. AAE and AAOMR Joint Position Statement: Use of Cone Beam Computed Tomography in Endodontics 2015 Update. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol. 2015 Oct;120(4):508-12. doi: 10.1016/j.oooo.2015.07.033. Epub 2015 Aug 3. PMID: 26346911.

209. Rosen E, Goldberger T, Beitlitum I, Littner D, Tsisis I. Diagnosis Efficacy of Cone-Beam Computed Tomography in Endodontics—A Systematic

Review of High-Level-Evidence Studies. *Appl. Sci.* 2022 Jan 18;12(3): 938. doi: 10.3390/app12030938.

210. European Society of Endodontology. Quality guidelines for endodontic treatment: consensus report of the European Society of Endodontology. *Int Endod J.* 2006 Dec;39(12):921-30. doi: 10.1111/j.1365-2591.2006.01180.x. PMID: 17180780.

211. Bueno MR, Estrela C, Azevedo BC, Diogenes A. Development of a New Cone-Beam Computed Tomography Software for Endodontic Diagnosis. *Braz Dent J.* 2018 Nov-Dec;29(6):517-529. doi: 10.1590/0103-6440201802455. PMID: 30517473.

212. Olczak K, Pawlicka H, Szymański W. Root form and canal anatomy of maxillary first premolars: a cone-beam computed tomography study. *Odontology.* 2022 Apr;110(2):365-375. doi: 10.1007/s10266-021-00670-9. Epub 2021 Oct 29. PMID: 34714481; PMCID: PMC8930800.

213. Keleş A, Keskin C, Versiani MA. Micro-CT assessment of radicular pulp calcifications in extracted maxillary first molar teeth. *Clin Oral Investig.* 2022 Feb;26(2):1353-1360. doi: 10.1007/s00784-021-04109-x. Epub 2021 Aug 10. PMID: 34373955.

214. Abd El Fatah YAM, Khattab NMA, Gomaa YF, Elheeny AAH. Cone-beam computed tomography analysis of primary root canals transportation and dentin loss after instrumentation with two-pediatric rotary files. *BMC Oral Health.* 2022 May 31;22(1):214. doi: 10.1186/s12903-022-02245-8. PMID: 35641977; PMCID: PMC9153195.

215. Iglesia TBdl, Yañez-Vico RM, Iglesias-Linares A. Diagnostic Performance of Cone-Beam Computed Tomography to Diagnose in vivo/ in vitro Root Resorption: A Systematic Review and Meta-Analysis. *J Evid Based*

Dent Pract. 2023 Mar;23(1):101803. doi: 10.1016/j.jebdp.2022.101803. Epub 2022 Nov 8. PMID: 36914301.

216. Shokri A, Eskandarloo A, Noruzi-Gangachin M, Khajeh S. Detection of root perforations using conventional and digital intraoral radiography, multidetector computed tomography and cone beam computed tomography. Restor Dent Endod. 2015 Feb;40(1):58-67. doi: 10.5395/rde.2015.40.1.58. Epub 2014 Nov 13. PMID: 25671214; PMCID: PMC4320278.

217. Habibzadeh S, Ghoncheh Z, Kabiri P, Mosaddad SA. Diagnostic efficacy of cone-beam computed tomography for detection of vertical root fractures in endodontically treated teeth: a systematic review. BMC Med Imaging. 2023 Jun 1;23(1):68. doi: 10.1186/s12880-023-01024-3. PMID: 37264339; PMCID: PMC10236739.

218. Kalogeropoulos K, Xiropotamou A, Koletsi D, Tzanetakis GN. The Effect of Cone-Beam Computed Tomography (CBCT) Evaluation on Treatment Planning after Endodontic Instrument Fracture. Int J Environ Res Public Health. 2022 Mar 30;19(7):4088. doi: 10.3390/ijerph19074088. PMID: 35409771; PMCID: PMC8998552.

219. Tay KX, Lim LZ, Goh BKC, Yu VSH. Influence of cone beam computed tomography on endodontic treatment planning: A systematic review. J Dent. 2022 Dec;127:104353. doi: 10.1016/j.jdent.2022.104353. Epub 2022 Oct 30. PMID: 36349644.

220. Chiu A, Chen YW, Hayashi J, Sadr A. Accuracy of CAD/CAM Digital Impressions with Different Intraoral Scanner Parameters. Sensors (Basel). 2020 Feb 20;20(4):1157. doi: 10.3390/s20041157. PMID: 32093174; PMCID: PMC7071446.

221. Aminoshariae A, Kulild JC, Syed A. Cone-beam Computed Tomography Compared with Intraoral Radiographic Lesions in Endodontic Outcome Studies: A Systematic Review. *J Endod*. 2018 Nov;44(11):1626-1631. doi: 10.1016/j.joen.2018.08.006. PMID: 30409446.

222. Distefano S, Cannarozzo MG, Spagnuolo G, Bucci MB, Lo Giudice R. The "Dedicated" C.B.C.T. in Dentistry. *Int J Environ Res Public Health*. 2023 May 25;20(11):5954. doi: 10.3390/ijerph20115954. PMID: 37297558; PMCID: PMC10252385.

223. Manicone PF, De Angelis P, Rella E, Damis G, D'addona A. Patient preference and clinical working time between digital scanning and conventional impression making for implant-supported prostheses: A systematic review and meta-analysis. *J Prosthet Dent*. 2022 Oct;128(4):589-596. doi: 10.1016/j.prosdent.2020.11.042. Epub 2021 Mar 5. PMID: 33678434.

224. Bandiaky ON, Le Bars P, Gaudin A, Hardouin JB, Cheraud-Carpentier M, Mbodj EB, Soueidan A. Comparative assessment of complete-coverage, fixed tooth-supported prostheses fabricated from digital scans or conventional impressions: A systematic review and meta-analysis. *J Prosthet Dent*. 2022 Jan;127(1):71-79. doi: 10.1016/j.prosdent.2020.09.017. Epub 2020 Nov 2. PMID: 33143901.

225. Róth I, Hermann P, Vitai V, Joós-Kovács GL, Géczi Z, Borbély J. Comparison of the learning curve of intraoral scanning with two different intraoral scanners based on scanning time. *BMC Oral Health*. 2023 May 9;23(1):267. doi: 10.1186/s12903-023-02963-7. PMID: 37161444; PMCID: PMC10170701.

226. Arijji Y, Arijji E, Nakashima M, Iohara K. Magnetic resonance imaging in endodontics: a literature review. *Oral Radiol*. 2018 Jan;34(1):10-16. doi: 10.1007/s11282-017-0301-0. Epub 2017 Aug 18. PMID: 30484095.

227. Hövener JB, Zwick S, Leupold J, Eisenbeiß AK, Scheifele C, Schellenberger F, Hennig J, Elverfeldt DV, Ludwig U. Dental MRI: imaging of soft and solid components without ionizing radiation. *J Magn Reson Imaging*. 2012 Oct;36(4):841-6. doi: 10.1002/jmri.23712. Epub 2012 Jun 15. PMID: 22707436.
228. Ender A, Attin T, Mehl A. In vivo precision of conventional and digital methods of obtaining complete-arch dental impressions. *J Prosthet Dent*. 2016 Mar;115(3):313-20. doi: 10.1016/j.prosdent.2015.09.011. Epub 2015 Nov 6. PMID: 26548890.
229. Al-Ekrish AA. Comparative study of the accuracy of CBCT implant site measurements using different software programs. *Saudi Dent J*. 2021 Sep;33(6):355-361. doi: 10.1016/j.sdentj.2020.07.003. Epub 2020 Aug 6. PMID: 34434039; PMCID: PMC8376669.
230. Goriuc A, Jităreanu A, Mârțu I, Dascălu CG, Kappenberg-Nițescu DC, Solomon SM, Mârțu A, Foia L, Țapu I, Istrate B, Tatarciuc M, Luchian I. Experimental EDX analysis of different periodontal splinting systems. *Exp Ther Med*. 2021 Dec;22(6):1384. doi: 10.3892/etm.2021.10820. Epub 2021 Sep 29. PMID: 34650632; PMCID: PMC8506950.
231. Martinho FC, Griffin IL, Price JB, Tordik PA. Augmented Reality and 3-Dimensional Dynamic Navigation System Integration for Osteotomy and Root-end Resection. *J Endod*. 2023 Oct;49(10):1362-1368. doi: 10.1016/j.joen.2023.07.007. Epub 2023 Jul 13. PMID: 37453501.
232. D GT, Saxena P, Gupta S. Static vs. dynamic navigation for endodontic microsurgery - A comparative review. *J Oral Biol Craniofac Res*. 2022 Jul-Aug;12(4):410-412. doi: 10.1016/j.jobcr.2022.04.010. Epub 2022 May 17. Erratum in: *J Oral Biol Craniofac Res*. 2024 Jul-Aug;14(4):358-359. doi: 10.1016/j.jobcr.2024.05.010. PMID: 35646551; PMCID: PMC9136095.

233. Alshamrani A, Alhotan A, Kelly E, Ellakwa A. Mechanical and Biocompatibility Properties of 3D-Printed Dental Resin Reinforced with Glass Silica and Zirconia Nanoparticles: In Vitro Study. *Polymers (Basel)*. 2023 May 30;15(11):2523. doi: 10.3390/polym15112523. PMID: 37299322; PMCID: PMC10255304.
234. Mo S, Xu Y, Zhang L, Cao Y, Zhou Y, Xu X. Accuracy of a 3D printed sleeveless guide system used for fiber post removal: An in vitro study. *J Dent*. 2023 Jan; 128:104367. doi: 10.1016/j.jdent.2022.104367. Epub 2022 Nov 17. PMID: 36402258.
235. Velmurugan N, Sundar S, Saumya-Rajesh P, Kasabwala K, Shilpa-Jain DP, Sarathy S, Prabakaran K, Haritha JS, Bjørndal L. Endodontic management of pulp canal obliteration using a new single-tooth template: A case series. *Indian J Dent Res*. 2021 Oct-Dec;32(4):528-532. doi: 10.4103/ijdr.IJDR_485_20. PMID: 35645083.
236. Wu J, Heng M, Bai Y. A novel dice-inspired multifunctional 3D printing guided splint for minimally invasive access cavity preparation and canal orifice identification. *Technol Health Care*. 2023;31(6):2381-2387. doi: 10.3233/THC-230002. PMID: 37302052.
237. Lieblisch SE. Current Concepts of Periapical Surgery: 2020 Update. *Oral Maxillofac Surg Clin North Am*. 2020 Nov;32(4):571-582. doi: 10.1016/j.coms.2020.07.007. Epub 2020 Sep 7. PMID: 32912776.
238. Setzer FC, Kratchman SI. Present status and future directions: Surgical endodontics. *Int Endod J*. 2022 Oct;55 Suppl 4:1020-1058. doi: 10.1111/iej.13783. Epub 2022 Jul 4. PMID: 35670053.
239. Adams CR, Ammoun R, Deeb GR, Bencharit S. Influence of Metal Guide Sleeves on the Accuracy and Precision of Dental Implant Placement Using Guided Implant Surgery: An In Vitro Study. *J Prosthodont*. 2023

Jan;32(1):62-70. doi: 10.1111/jopr.13503. Epub 2022 Mar 22. PMID: 35257456; PMCID: PMC10078659.

240. Chen X, Yang Z, Wang Y, Fu G. Fixation Pins Increase the Accuracy of Implant Surgery in Free-End Models: An In Vitro Study. *J Oral Maxillofac Surg.* 2023 May;81(5):593-601. doi: 10.1016/j.joms.2022.12.017. Epub 2023 Jan 28. PMID: 36716792.

241. Tong A, Pham QL, Abatemarco P, Mathew A, Gupta D, Iyer S, Voronov R. Review of Low-Cost 3D Bioprinters: State of the Market and Observed Future Trends. *SLAS Technol.* 2021 Aug;26(4):333-366. doi: 10.1177/24726303211020297. Epub 2021 Jun 17. PMID: 34137286.

242. Naderi A, Bhattacharjee N, Folch A. Digital Manufacturing for Microfluidics. *Annu Rev Biomed Eng.* 2019 Jun 4; 21:325-364. doi: 10.1146/annurev-bioeng-092618-020341. PMID: 31167099; PMCID: PMC7679200.

243. Sharma N, Cao S, Msallem B, Kunz C, Brantner P, Honigmann P, Thieringer FM. Effects of Steam Sterilization on 3D Printed Biocompatible Resin Materials for Surgical Guides-An Accuracy Assessment Study. *J Clin Med.* 2020 May 17;9(5):1506. doi: 10.3390/jcm9051506. PMID: 32429549; PMCID: PMC7291001.

244. Rajnics Z, Mandel I, Nagy Á, Turzó K, Mühl A, Marada G. Effect of different parameters utilized for image guided endodontic root canal preparation on temperature changes: an in vitro study. *BMC Oral Health.* 2024 Jan 13;24(1):76. doi: 10.1186/s12903-023-03799-x. PMID: 38218822; PMCID: PMC10787981.

245. Amade ES, Novais VR, Roscoe MG, Azevedo FM, Bicalho AA, Soares CJ. Root dentin strain and temperature rise during endodontic treatment

and post rehabilitation. *Braz Dent J.* 2013 Nov-Dec;24(6):591-8. doi: 10.1590/0103-6440201302268. PMID: 24474355.

246. Burns LE, Kim J, Wu Y, Alzwaideh R, McGowan R, Sigurdsson A. Outcomes of primary root canal therapy: An updated systematic review of longitudinal clinical studies published between 2003 and 2020. *Int Endod J.* 2022 Jul;55(7):714-731. doi: 10.1111/iej.13736. Epub 2022 May 4. PMID: 35334111; PMCID: PMC9322405.

247. Marquardt P, Witkowski S, Strub J. Three-dimensional navigation in implant dentistry. *Eur J Esthet Dent.* 2007 Spring;2(1):80-98. PMID: 19655496.

248. Ribeiro D, Reis E, Marques JA, Falacho RI, Palma PJ. Guided Endodontics: Static vs. Dynamic Computer-Aided Techniques-A Literature Review. *J Pers Med.* 2022 Sep 15;12(9):1516. doi: 10.3390/jpm12091516. PMID: 36143301; PMCID: PMC9501573.

249. Dhesi M, Chong BS. Dynamic navigation for guided endodontics: a case report. *ENDO.* 2020 Apr;14(4): 327-333. ISSN: 1753-2809.

250. Dean A, Heredero-Jung S, Solivera J, Sanjuan A, Alamillos-Granados FJ. Computer-assisted and navigated piezoelectric surgery: A new technology to improve precision and surgical safety in craniomaxillofacial surgery. *Laryngoscope Investig Otolaryngol.* 2022 Apr 5;7(3):684-691. doi: 10.1002/liv.2.786. PMID: 35734050; PMCID: PMC9195016.

251. Block MS, Emery RW. Static or Dynamic Navigation for Implant Placement-Choosing the Method of Guidance. *J Oral Maxillofac Surg.* 2016 Feb;74(2):269-77. doi: 10.1016/j.joms.2015.09.022. Epub 2015 Sep 30. PMID: 26452429.

252. Stefanelli LV, DeGroot BS, Lipton DI, Mandelaris GA. Accuracy of a Dynamic Dental Implant Navigation System in a Private Practice. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 2019 January/February;34(1):205–213. doi: 10.11607/jomi.6966. Epub 2018 Dec 5. PMID: 30521660.

253. Emery RW, Merritt SA, Lank K, Gibbs JD. Accuracy of Dynamic Navigation for Dental Implant Placement-Model-Based Evaluation. *J Oral Implantol*. 2016 Oct;42(5):399-405. doi: 10.1563/aaid-joi-D-16-00025. Epub 2016 Jun 6. PMID: 27267658.

254. Suganna M, Kausher H, Tarek Ahmed S, Sultan Alharbi H, Faraj Alsubaie B, Ds A, Haleem S, Meer Rownaq Ali AB. Contemporary Evidence of CAD-CAM in Dentistry: A Systematic Review. *Cureus*. 2022 Nov 20;14(11):e31687. doi: 10.7759/cureus.31687. PMID: 36561580; PMCID: PMC9767654.

255. Park B. IDD. [Online].; 2023 [cited 2024 Jul 18. Available from: <https://instituteofdigitaldentistry.com/news/x-guide-review-is-dynamic-navigation-the-next-big-thing-in-implantology/>.

256. Agrawal P, Nikhade P. Artificial Intelligence in Dentistry: Past, Present, and Future. *Cureus*. 2022 Jul 28;14(7): e27405. doi: 10.7759/cureus.27405. PMID: 36046326; PMCID: PMC9418762.

257. Doi K. Computer-aided diagnosis in medical imaging: historical review, current status and future potential. *Comput Med Imaging Graph*. 2007 Jun-Jul;31(4-5):198-211. doi: 10.1016/j.compmedimag.2007.02.002. Epub 2007 Mar 8. PMID: 17349778; PMCID: PMC1955762.

258. Brignardello-Petersen R. Artificial intelligence system seems to be able to detect a high proportion of periapical lesions in cone-beam computed

tomographic images. J Am Dent Assoc. 2020 Sep;151(9): e83. doi: 10.1016/j.adaj.2020.04.006. Epub 2020 Jul 14. PMID: 32680587.

259. Al-Khaled I, Al-Khaled A, Abutayyem H. Augmented Reality in Dentistry: Uses and Applications in the Digital Era. Edelweiss Applied Science and Technology. 2021 Mar 29;25-32. doi: 10.33805/2576-8484.191.Corporus ID: 233641751.

260. Johnson L, Thomas G, Dow S, Stanford C. An initial evaluation of the Iowa Dental Surgical Simulator. J Dent Educ. 2000 Dec;64(12):847-53. PMID: 11197946.

261. Moussa R, Alghazaly A, Althagafi N, Eshky R, Borzangy S. Effectiveness of Virtual Reality and Interactive Simulators on Dental Education Outcomes: Systematic Review. Eur J Dent. 2022 Feb;16(1):14-31. doi: 10.1055/s-0041-1731837. Epub 2021 Aug 24. PMID: 34428851; PMCID: PMC8890935.

262. Heiland M, Von Sternberg-Gospos N, Pflesser B, Schulze D, Höhne KH, Schmelzle R, Petersik A. Virtuelle Simulation dentoalveolärer Eingriffe in einem dreidimensionalen Computermodell mit Krafterückkopplungssystem [Virtual simulation of dental surgery using a three-dimensional computer model with a force feedback system]. Mund Kiefer Gesichtschir. 2004 May;8(3):163-6. German. doi: 10.1007/s10006-004-0534-z. Epub 2004 Feb 26. PMID: 15138853.

263. Buchanan JA. Use of simulation technology in dental education. J Dent Educ. 2001 Nov;65(11):1225-31. PMID: 11765868.

264. Farronato M, Maspero C, Lanteri V, Fama A, Ferrati F, Pettenuzzo A, Farronato D. Current state of the art in the use of augmented reality in dentistry: a systematic review of the literature. BMC Oral Health. 2019 Jul

8;19(1):135. doi: 10.1186/s12903-019-0808-3. PMID: 31286904; PMCID: PMC6613250.

265. Song T, Yang C, Dianat O, Azimi E. Endodontic guided treatment using augmented reality on a head-mounted display system. *Healthcare Technology Letters*. 2018 Oct 29;8(5):201-207. doi: 10.1049/htl.2018.5062.

266. Dolega-Dolegowski D, Dolega-Dolegowska M, Pregowska A, Malinowski K, Proniewska K. The Application of Mixed Reality in Root Canal Treatment. *Appl. Sci*. 2023 Mar 23;13(7):4078. doi: 10.3390/app13074078.

267. van Riet TCT, Chin Jen Sem KTH, Ho JTF, Spijker R, Kober J, de Lange J. Robot technology in dentistry, part one of a systematic review: literature characteristics. *Dent Mater*. 2021 Aug;37(8):1217-1226. doi: 10.1016/j.dental.2021.06.001. Epub 2021 Jun 20. PMID: 34158195.

268. Dong J, Hong SY. Design of Z axis actuator and quick tool change assembly for an endodontic micro robot. In: *Proceedings of the ASME 2010 International Mechanical Engineering Congress and Exposition; November 12–18, 2010; Vancouver, British Columbia, Canada*. New York: ASME; 2012. p. 507-11. doi: 10.1115/IMECE2010-40816.

269. Dong J, Everett H. The development of endodontic micro robot. In: *Proceedings of the ASME 2007 International Mechanical Engineering Congress and Exposition; May 22, 2009; Washington, DC, USA*. New York: ASME; 2009. p. 201-4. doi: 10.1115/IMECE2007-41562.

270. Hwang G, Paula AJ, Hunter EE, Liu Y, Babeer A, Karabucak B, Stebe K, Kumar V, Steager E, Koo H. Catalytic antimicrobial robots for biofilm eradication. *Sci Robot*. 2019 Apr 24;4(29):eaaw2388. doi: 10.1126/scirobotics.aaw2388. PMID: 31531409; PMCID: PMC6748647.

271. Manzey D, Röttger S, Bahner-Heyne JE, Schulze-Kissing D, Dietz A, Meixensberger J, Strauss G. Image-guided navigation: the surgeon's perspective on performance consequences and human factors issues. *Int J Med Robot.* 2009 Sep;5(3):297-308. doi: 10.1002/rcs.261. PMID: 19455544.

272. Arksey H, O'Malley L. Scoping studies: towards a methodological framework. *Int J Soc Res Methodol.* 2005;8(1):19-32. doi: 10.1080/1364557032000119616.

CAPÍTULO 3

**REMOÇÃO DE PINO E CIRURGIA GUIADA EM UM MOLAR INFERIOR COM
LESÃO PRÓXIMA AO CANAL MANDIBULAR E AO FORAME MENTUAL:UM
RELATO DE CASO.**

*Manuscrito segundo as normas da revista BMC Oral Health

RESUMO

Introdução: Técnicas convencionais de cirurgia apical têm risco aumentado de comprometimentos dos nervos alveolares inferior, lingual e mental. Este artigo tem como objetivo apresentar uma abordagem inovadora para superar esses desafios por meio de microcirurgia endodôntica guiada. **Apresentação do Caso:** Um paciente do sexo masculino, 37 anos, ASA I, buscou tratamento devido à dor pós-operatória após uma tentativa sem sucesso de retratamento de seu primeiro molar inferior direito. A tomografia computadorizada de feixe cônico (CBCT) revelou uma lesão considerável na raiz mesial, próxima ao canal mandibular e ao forame mental. Utilizamos um único modelo impresso em 3D para orientar a remoção do pino de fibra de vidro no canal distal e uma osteotomia/apicectomia em um único passo da raiz mesial, seguindo o fluxo de trabalho de design e fabricação assistidos por computador (CAD-CAM). **Conclusões:** A cirurgia guiada por um *template 3D-printed* mostrou-se precisa, econômica em tempo e permitiu uma osteotomia mais conservadora, evitando lesões nos feixes neurovasculares. O paciente relatou melhora na qualidade de vida e ausência de sensações alteradas pós-operatórias. Um acompanhamento de 24 meses demonstrou excelente cicatrização da lesão óssea.

Palavras-chave: Endodontia; Retratamento; Endodontia Guiada; Impressão Tridimensional; Remoção de Pino de Fibra de Vidro; Cirurgia Assistida por Computador.

ABSTRACT

Introduction: Conventional apical surgery techniques carry an increased risk of damage to the inferior alveolar, lingual, and mental nerves. This article aims to present an innovative approach to overcoming these challenges through guided endodontic microsurgery. **Case Presentation:** A 37-year-old male patient, ASA I, sought treatment due to postoperative pain following an unsuccessful attempt to retreat his lower right first molar. Cone-beam computed tomography (CBCT) revealed a significant lesion in the mesial root, near the mandibular canal and mental foramen. We used a single 3D-printed model to guide the removal of the fiber post from the distal canal and a one-step osteotomy/apicoectomy of the mesial root, following a computer-aided design and manufacturing (CAD-CAM) workflow. **Conclusions:** The surgery guided by a 3D-printed template proved precise, time-efficient, and allowed for a more conservative osteotomy, avoiding damage to neurovascular bundles. The patient reported improved quality of life and no altered sensations postoperatively. A 24-month follow-up demonstrated excellent healing of the bone lesion.

Key-Words: Endodontics; Retreatment; Guided Endodontics; Printing, Three-Dimensional; FiberGlass post; Surgery, Computer-Assisted.

3.1 INTRODUÇÃO

A microcirurgia apical (MA) é uma opção terapêutica para casos de insucesso e impossibilidade de realização de tratamentos endodônticos convencionais. No entanto, a MA pode representar um risco aumentado de lesões em estruturas anatômicas e neurovasculares próximas à estrutura dentária envolvida [1,2]. Apicectomias convencionais em molares inferiores estão associadas a comprometimentos dos nervos alveolar inferior, lingual e mental, resultando em comprometimento neurosensorial duradouro [3,4]. A causa mais frequente de lesão é o trauma direto ao feixe nervoso durante a cirurgia, o que pode resultar em incapacidade de longo prazo e prejuízo à qualidade de vida do paciente [3]. Estudos retrospectivos de Mainkar et al. e Arx et al. [5,6] revelaram uma incidência relativamente alta de sensação alterada em cirurgias apicais de dentes posteriores mandibulares, com uma taxa geral entre 12,9% e 14,3%.

Na maioria dos casos afetados (56,3%), os distúrbios neurosensoriais ocorreram na área total de fornecimento do nervo mental, que inclui o lábio inferior, o canto da boca e o mento. A incidência de tais distúrbios foi maior em pré-molares (22,6% nos segundos pré-molares operados) do que em molares (11,2% a 13,0% nos molares) [5,6]. Wesson et al. [7] relataram uma taxa significativamente mais alta (20% a 21%) de alterações de sensação após apicectomias de molares inferiores. Isso pode se dar devido ao acesso cirúrgico aos ápices dos molares inferiores que é mais complexo, frequentemente resultando em um retalho maior e uma duração mais longa da cirurgia, o que aumenta o risco de acidentes e lesões nervosas [6]. Os canais mandibular e mental possuem uma variedade de configurações anatômicas que exigem análise tridimensional durante as cirurgias apicais, considerando a relação com os ápices dos dentes posteriores, as corticais vestibular e lingual, e as lesões

periapicais existentes. O canal mental frequentemente apresenta um "loop" direcionado superoposteriormente, colocando o feixe neurovascular do forame mental muito próximo à janela de acesso em apicectomias de pré-molares mandibulares [6]. As distâncias mínimas do forame mental ao ápice radicular mais próximo variam de 0,0 a 2,1 mm, aumentando significativamente o risco de acidentes durante esses procedimentos [6,8].

A técnica guiada tem demonstrado uma precisão notável no tratamento endodôntico não cirúrgico, especialmente no acesso a canais calcificados [9,10]. Ela proporciona uma precisão cirúrgica aprimorada e permite uma osteotomia conservadora, graças à análise e planejamento detalhados por tomografia computadorizada de feixe cônico (CBCT) no fluxo de trabalho assistido por computador (CAD-CAM). Essa abordagem oferece um direcionamento preciso dos instrumentos de corte e o alcance exato das profundidades de incisão, além de facilitar a localização tridimensional de estruturas anatômicas importantes, como o forame mental, o canal mandibular e possíveis ramificações. Isso reduz o risco de danos a estruturas críticas, como nervos e vasos sanguíneos, e minimiza a probabilidade de eventos adversos pós-cirúrgicos [11,12]. Além disso, a técnica guiada contribui para a redução do tempo de cirurgia e melhora a previsibilidade dos resultados, proporcionando um controle mais rigoroso sobre a manipulação dos tecidos e preservando estruturas adjacentes. Isso torna as intervenções mais seguras e eficazes e acelera a recuperação dos pacientes.

Pioneiros na odontologia digital, como Pinsky et al. [13], introduziram o conceito de cirurgia guiada periapical em 2007. Em seu estudo, compararam a precisão da apicectomia utilizando guias endodônticos e métodos convencionais em dentes posteriores de mandíbulas de cadáveres dessecados, encontrando um desvio médio ao ápice de 0,79 mm ($\pm 0,33$ DP) com a técnica guiada, em contraste com 2,27 mm ($\pm 1,46$ DP) com o método manual. A dificuldade e o risco associados à cirurgia apical convencional na região dos molares inferiores, especialmente na mandíbula, são bem documentados. Os molares inferiores frequentemente apresentam uma anatomia complexa, com estruturas críticas, como o canal mandibular e o feixe neurovascular, localizadas próximas aos ápices radiculares. Isso pode resultar em acesso complicado, aumentando o

risco de danos a essas estruturas e a ocorrência de complicações como hemorragias e lesões neurais. como a apicectomia de um primeiro molar inferior (dente 36), onde o feixe neurovascular do nervo mental passava por dois forames separados próximos à raiz mesial. A técnica guiada possibilitou um planejamento e uma execução mais precisos, ajudando a evitar complicações graves. Além disso, Chaves et al. [15] relataram um caso desafiador em um primeiro molar inferior (dente 36) devido à espessa placa cortical bucal, que poderia resultar em erros de acesso, danos aos dentes adjacentes e lesões ao tecido saudável. A combinação da técnica guiada com pontas piezoelétricas permitiu uma incisão precisa, osteotomia, apicectomia, retroobturação e fechamento conservador da janela óssea excisada.

Dada a complexidade dos procedimentos apicais em molares inferiores e os riscos associados, é essencial utilizar técnicas que aumentem a precisão e a segurança. Este estudo apresenta um caso clínico em que uma abordagem personalizada de Endodontia guiada foi aplicada com sucesso. O paciente apresentava um molar inferior com uma lesão no ápice da raiz mesial, próxima ao canal mandibular e estendendo-se até o forame mental. Para enfrentar esse desafio, foi criado e impresso em 3D um *template* único que orientou a remoção do pino de fibra de vidro, bem como a realização da osteotomia e da apicectomia em uma única etapa.

3.2 APRESENTAÇÃO DO CASO

Este estudo segue estritamente os princípios éticos da Declaração de Helsinki da Associação Médica Mundial (2008). Todos os procedimentos foram realizados de maneira ética, com consentimento escrito explícito obtido do participante. O relato de caso recebeu aprovação independente do Comitê de Ética da Universidade de Brasília (ID de aprovação: 5432.180) dentro da estrutura da Plataforma Brasil.

Em maio de 2022, um paciente do sexo masculino, com 37 anos de idade e sem histórico médico relevante (ASA I), procurou atendimento na clínica odontológica de uma faculdade de odontologia. Ele relatou dor pós-operatória após uma tentativa anterior malsucedida de desobstruir o canal radicular mesial-lingual durante o retratamento de seu primeiro molar inferior direito (dente 46). O exame clínico revelou a coroa temporariamente restaurada com cimento de ionômero de vidro e sensibilidade do dente em testes de percussão e palpação. O exame radiográfico mostrou um tratamento endodôntico com sub-obturação, um pino de fibra de vidro na raiz distal, uma dilaceração anatômica apical na raiz mesial e uma lesão estendendo-se do dente 46 ao dente 45 (Fig. 1a). Apesar da presença da lesão periapical, o dente 45 respondeu normalmente aos testes de sensibilidade térmica, sugerindo vitalidade pulpar.

O risco potencial de lesão aos nervos alveolar inferior ou mental era uma preocupação significativa com a cirurgia convencional, assim como a quantidade de estrutura dentária remanescente após a remoção do pino de fibra de vidro da delicada raiz distal. Portanto, optou-se por uma abordagem mais segura, que envolveu planejamento digital e tratamento endodôntico guiado para a remoção do pino e a realização da cirurgia apical em um único procedimento combinado. O principal objetivo dessa abordagem foi evitar a perfuração inadvertida do canal

radicular distal, ao mesmo tempo em que se protegem os nervos alveolar inferior e mental.

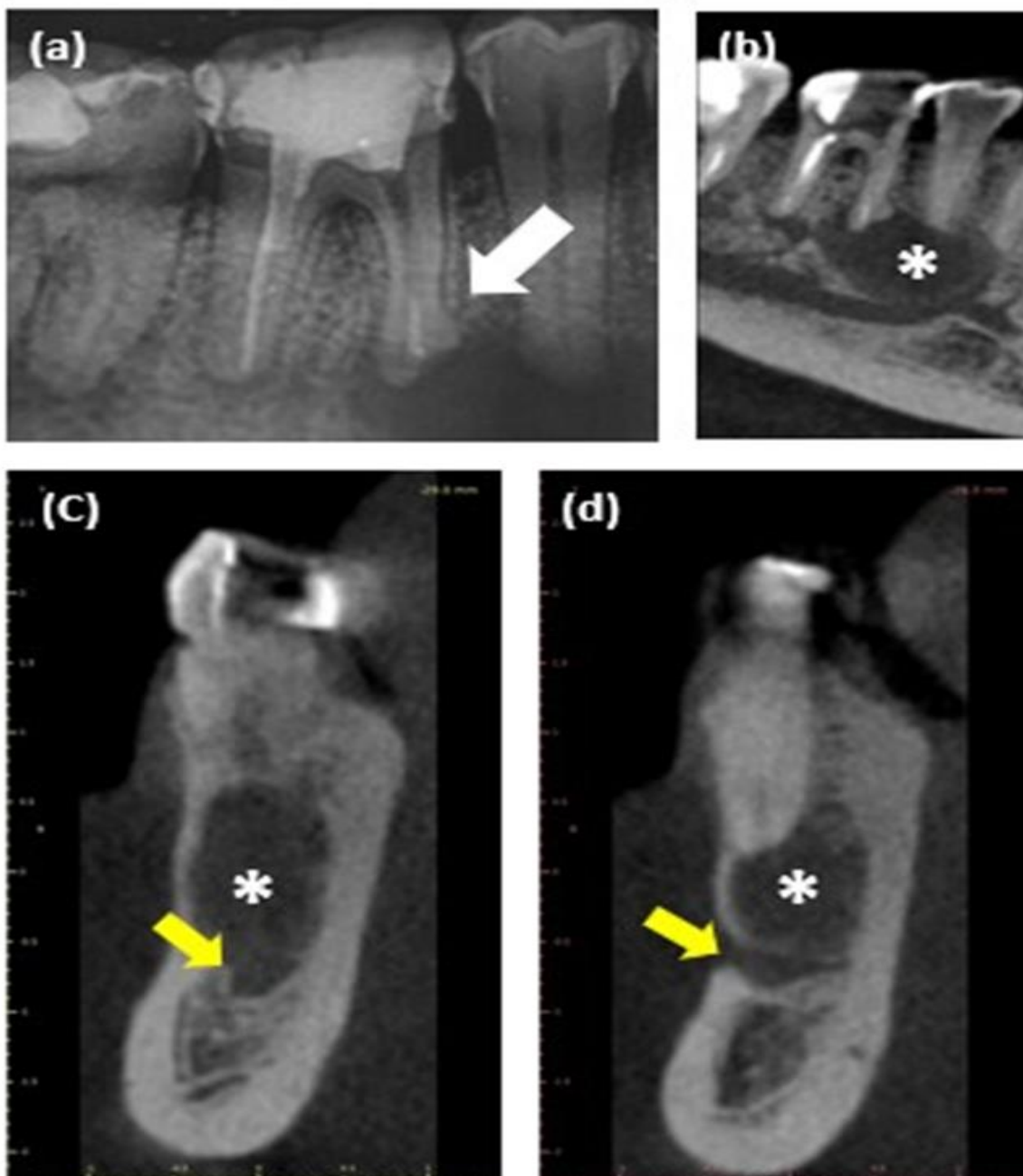


Fig. 1. Imagens radiográficas periapicais e de tomografia computadorizada de feixe cônico (CBCT) do dente 46. **(a)** A dilaceração radicular apical (seta branca) e material de obturação residual na raiz mesial. **(b)** Imagem de CBCT da lesão estendendo-se dos ápices radiculares mesiovestibulares do dente 46 até o ápice do dente 45 (asterisco branco). **(c)** Secção transversal do dente 46 indicando a lesão e a proximidade ao canal mandibular (seta amarela) **(d)**. Secção transversal do dente 45 e a proximidade da lesão ao forame mental (seta amarela).

Seguindo as diretrizes da American Association of Endodontists e da American Academy of Oral and Maxillofacial Radiology [16], o paciente foi submetido a uma tomografia computadorizada de feixe cônico (CBCT) (i-CAT, Xoran Technologies Inc., Hatfield, EUA) com as seguintes especificações: campo de visão (FOV) de 160 × 160 × 64 mm, voxel de 0,2 × 0,2 × 0,2 mm, 120 kV e 5 mA. A CBCT revelou a presença de um terceiro canal mesio-medial e uma imagem hipodensa bem definida de uma lesão apical, originada do ápice da raiz mesial do dente 46 e estendendo-se em direção ao dente 45. A lesão apresentava dimensões aproximadas de 14,07 × 10,0 × 7,6 mm e um volume estimado de 656,27 mm³ (asterisco branco, Figura 1b). Ela estava próxima ao canal mandibular (Figura 1c, seta amarela) e ao forame mental (Figura 1d, seta amarela), com expansão da cortical bucal (ver vídeo suplementar 1). A apresentação clínica e radiográfica sugere o diagnóstico de cisto radicular.

O planejamento 3D envolveu a criação de um modelo único para acesso guiado ao canal radicular distal, osteotomia e apicectomia. Os dados do Digital Imaging and Communication in Medicine (DICOM) e do escaneamento intraoral foram processados em um software gratuito de planejamento digital, BlueSkyPlan (BlueSkyBio, Illinois, EUA), para gerar um arquivo no formato Standard Tessellation Language (STL). A primeira etapa da fase CAD consistiu no posicionamento virtual da broca 1.3 (Straumann, Basel, Suíça) e do trepano 5.0 (Straumann) para a remoção do pino e a realização da apicectomia (Figura 2a). A profundidade estimada da perfuração virtual com a broca 1.3 foi de 6,8 mm dentro da raiz distal (Figura 2b), enquanto a apicectomia da raiz mesial foi planejada para remover aproximadamente 3,37 mm do ápice (Figura 2c). Para assegurar a adaptação do modelo, foi planejado um pino de ancoragem entre as raízes dos pré-molares (Figura 2d). Em seguida, alinhamos as imagens tomográficas da região de interesse (ROI) com as imagens do escaneamento intraoral (equipamento Trios 3 Basic, 3Shape A/S, Copenhague, Dinamarca). O arquivo STL resultante foi exportado para o software Blender for Dental (Gold Coast, Austrália) para personalização do corpo do modelo. Os braços de retenção foram projetados para ancorar o modelo nos dentes adjacentes, com um alívio de 0,05 mm para considerar a espessura do tecido mole (Figura 3a).

Os orifícios de inserção da broca e do trepano receberam um alívio de 0,1 mm para acomodar os instrumentos dentro do modelo (Figura 3b).

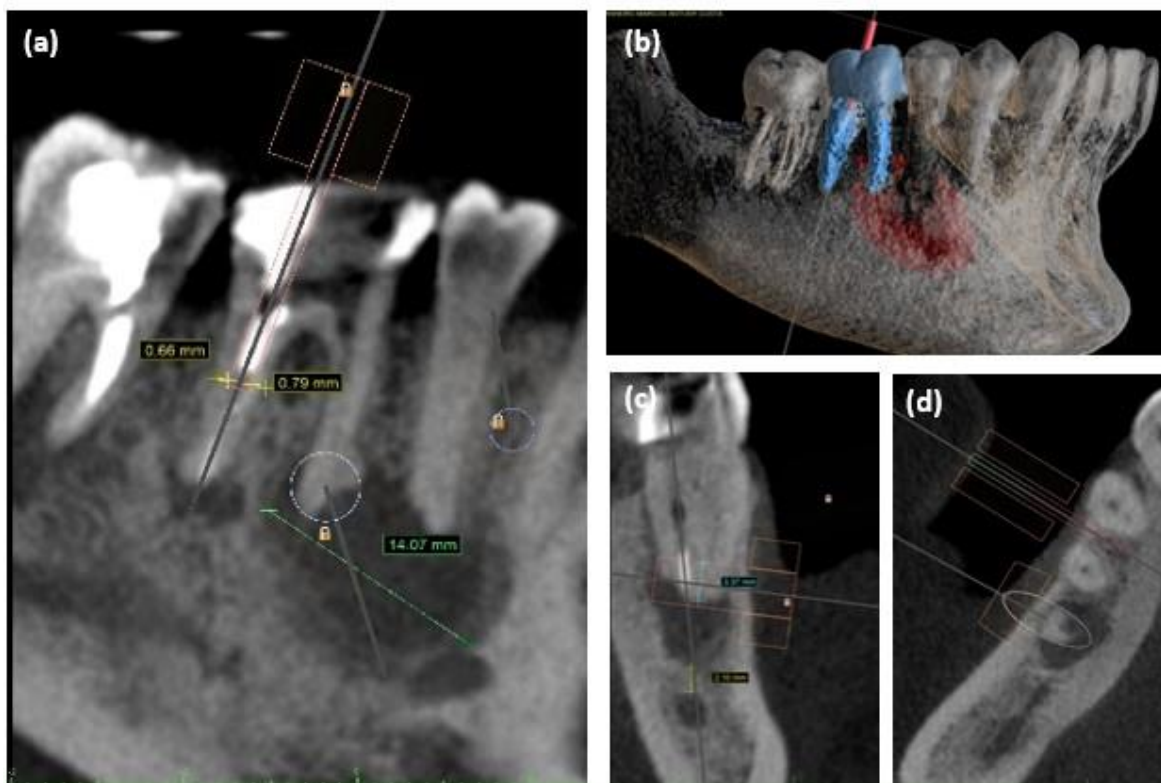


Fig. 2. Imagens pré-operatórias de tomografia computadorizada de feixe cônico (CBCT) da fase de design assistido por computador (CAD). **(a)** A visão panorâmica do CBCT exibe o planejamento CAD para a remoção do pino, bem como a largura das paredes distal e mesial da raiz distal (0,66 mm e 0,79 mm, respectivamente). Um círculo branco na raiz mesial representa a área para a apicectomia, e a linha verde indica a largura da lesão (14,7 mm) e a proximidade ao forame mental (asterisco branco). **(b)** A reconstrução 3D da mandíbula com a broca virtual para a remoção do pino de fibra de vidro na raiz distal e a lesão (área vermelha). **(c)** A luva virtual, a medida apical (3,37 mm) e a distância da lesão ao canal mandibular (2,1 mm) na área escolhida para osteotomia/apicectomia. **(d)** vista axial mostra luvas virtuais para a trepanação osteotomia/apicectomia e a broca virtual para o pino de ancoragem.

Durante a fase de CAM, os arquivos STL foram exportados para o software Photon S Workshop e o modelo foi impresso em 3D usando a impressora Anycubic Photon S (Anycubic, Shenzhen, China) e a resina Clear Guide (Smart Dent, São Paulo, SP, Brazil) (Figura 3c). O modelo impresso passou por uma lavagem ultrassônica de 20 minutos com ~99% de álcool isopropílico e foi pós-curado por 30 minutos no Form Cure (Anycubic) com

exposição à luz UV e calor a 60°C. Em seguida, fixamos as ameias metálicas no modelo e o esterilizamos. Também planejamos e imprimimos em 3D um modelo translúcido da mandíbula do paciente para estudo e treinamento pré-cirúrgico (Figura 3d) (ver vídeo suplementar 2).

O procedimento clínico foi realizado por um endodontista com mais de 8 anos de experiência em Endodontia guiada. O guia foi adaptado e testado nos dentes antes do procedimento (Figura 4a). O paciente recebeu anestesia adequada nos nervos alveolar inferior, bucal e mental (articaina 4% com epinefrina 1:100.000) antes da remoção do pino de fibra de vidro. Utilizou-se uma broca 1.3 (Neodent Straumann, Suíça), acoplada ao motor endodôntico X-Smart-Plus (Dentsply Sirona, Ballaigues, Suíça), calibrado a 1200 RPM e 4 N, para acessar o canal distal e remover o pino de fibra de vidro, sob copiosa irrigação com solução salina a 0,9% e seguindo o comprimento de trabalho estimado (Figura 4b). Em seguida, o modelo adaptado aos dentes vizinhos foi removido e o dente 46 foi isolado com um dique de borracha e grampo 206. Acesso ao terço apical do canal distal foi feito usando uma lima Kerr #10 (Dentsply Sirona) (Figura 4c), sob microscopia com ampliação de 16X (Alliance, Alliance Optik, São Paulo, Brasil). Preparou-se então os canais radiculares com o instrumento recíprocante #25.06 (Wave One Gold, Dentsply Sirona) como lima mestra. Os canais foram obturados com guta-percha e cimento AH Plus (Dentsply Sirona). Finalmente, o dente foi temporariamente restaurado com resina composta e radiografado (Figura 4d).

Na consulta subsequente, sob o efeito da anestesia do bloqueio dos nervos alveolar inferior, bucal e mental (articaina 4% com epinefrina 1:100.000), o mesmo endodontista realizou um retalho em envelope usando uma lâmina #15. Uma incisão relaxante distal ao dente 44 ajudou a evitar o nervo mental. Após o deslocamento do retalho e exposição do osso bucal, foi realizada a perfuração para fixação do pino de ancoragem usando a broca de 1,3 mm (Straumann, Suíça). Com o modelo estéril posicionado novamente, foi realizada a osteotomia e apicectomia em um único passo usando a broca trefina de 5 mm (Straumann) a 1200 RPM e 4N com irrigação salina até a marca de trepanação de 14 mm (Figura 4e). Dois fragmentos foram removidos da trepanação, um cilíndrico com

4 mm de diâmetro compreendendo osso e outro do ápice radicular carregando parte da lesão (Figura 4f). As etapas subsequentes incluíram o alisamento das bordas apicais usando uma broca de carbide 702 (FKG, La Chaux-de-Fonds, Suíça).

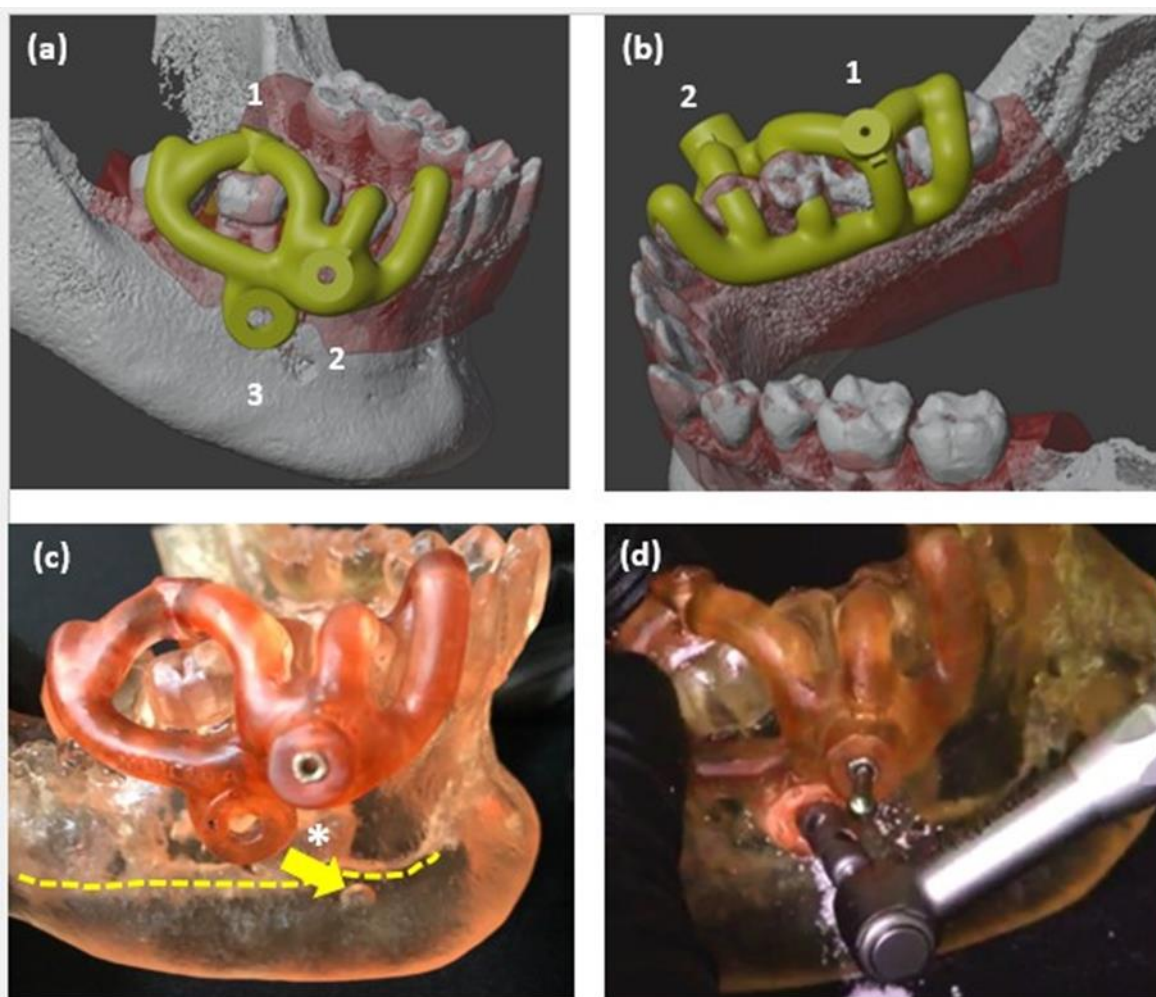


Fig. 3. Planejamento virtual do modelo aberto para remoção do pino e osteotomia/apicectomia. **(a)** Vista bucal. A área escaneada da mandíbula do paciente é destacada em vermelho, com o modelo virtual representado em amarelo. A base para a luva da broca 1.3 **(1)**, pino de ancoragem óssea **(2)** e luva do trepano **(3)**. **(b)** Vista oclusal. O modelo virtual em amarelo, a base para a luva da broca 1.3 **(1)** e a luva do trepano para a osteotomia/apicectomia **(2)**. **(c)** Um modelo impresso em 3D de resina e o modelo, a lesão (asterisco branco) perto do Forame Mental (seta amarela) e o canal mandibular (linha amarela pontilhada), indicando a proximidade da lesão a estruturas anatômicas críticas. **(d)** Treinamento de osteotomia/apicectomia (vídeo suplementar 2).

A lesão residual e o tecido de granulação inflamatório foram meticulosamente removidos (Figura 4g). Foi realizada uma preparação retrógrada apical de 4 mm na raiz mesial usando uma ponta ultrassônica P1 (Helse, Santa Rosa de Viterbo, SP, Brasil), seguida de retroobturação com cimento de silicato de cálcio Cimmo (CIMMO, Pouso Alegre, MG, Brazil). Após irrigar o alvéolo ósseo com uma solução salina, preenchemos o espaço com um enxerto ósseo bovino Lumina Bone, (Criteria, São Paulo, Brasil) grânulos médios: 425 a 600 μ - 0,6cm³ (Figura 4h), cobrimos com uma membrana de colágeno bovina tipo I Lumina-Coat (Figura 4i), reposicionamos o retalho e suturamos com fios monofilamentos Ethicon 5 0 (Johnson & Johnson) (Figura 4j). O paciente recebeu uma prescrição pós-operatória, incluindo analgésicos (Paracetamol 750 mg por cinco dias), medicamento anti-inflamatório esteroide (Dexametasona 5 mg por dois dias), antibióticos (Amoxicilina 500 mg a cada 8 horas por sete dias) e enxaguante bucal de clorexidina após o terceiro dia por sete dias. Ao longo do período de acompanhamento, o dente foi temporariamente restaurado com uma coroa de resina acrílica, e a condição do paciente melhorou significativamente. Houve uma notável cicatrização óssea próxima aos dentes 46 e 45 no acompanhamento de 1 ano (Figura 4k). Além disso, o dente 45 apresentou respostas normais nos testes de sensibilidade térmica, percussão e palpação. O dente 46 estava assintomático. A tomografia computadorizada de feixe cônico (CBCT) de 12 meses revelou cicatrização óssea quase completa na área afetada, com preservação do canal mandibular (Figura 4l) e forame mental (Figura 4m).

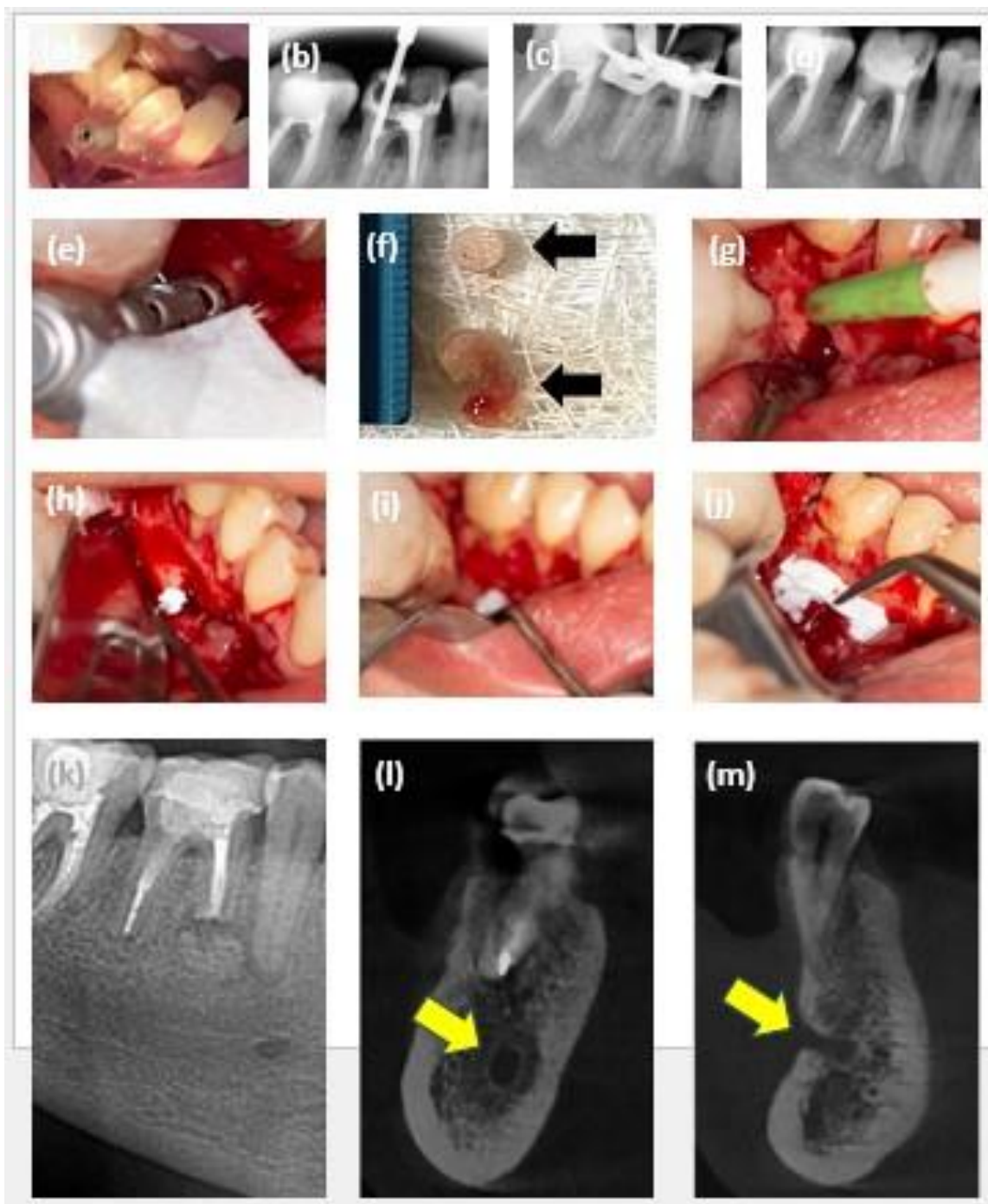


Fig. 4. Remoção guiada do pino de fibra de vidro em 3D e osteotomia/apicectomia do dente 46. **(a)** O modelo na mandíbula do paciente. **(b)** Imagem de raios X (RX) da broca 1.3 dentro do canal distal. **(c)** Imagem de RX do caminho de deslizamento dentro do canal distal após a remoção do pino de fibra de vidro. **(d)** Imagem de RX do preenchimento do canal radicular distal. **(e)** Osteotomia/apicectomia guiada usando a broca trefina de 5.0 adaptada no modelo. **(f)** O fragmento ósseo, ápice radicular mesial e parte da lesão (setas pretas). **(g)** Curetagem e inspeção da lesão. **(h)** Preenchimento com enxerto ósseo. **(i)** Membrana de colágeno sobre o enxerto ósseo. **(j)** Posicionamento do retalho e sutura. **(k)** Imagem tomográfica coronal no acompanhamento de 12 meses. **(l)** Imagem sagital do dente 46 mostrando o processo de cicatrização e o canal mandibular (seta amarela). **(m)** Imagem sagital do dente 45 mostrando o processo de cicatrização e o forame mental (seta amarela).

3.3 DISCUSSÃO E CONCLUSÕES

Este caso exemplifica a eficácia da tecnologia de ponta na otimização de procedimentos endodônticos complexos, destacando como a personalização do planejamento cirúrgico pode não apenas melhorar substancialmente os resultados, mas também minimizar os riscos associados. A vasta gama de recursos tecnológicos proporcionados pelo fluxo de trabalho CAD-CAM oferece oportunidades praticamente ilimitadas para personalizações e designs inovadores de modelos. Além disso, essa tecnologia abre novas fronteiras no planejamento endodôntico digital e em intervenções terapêuticas guiadas, especialmente em dentes molares, revelando um potencial ainda inexplorado e promissor para a prática odontológica.

Nesse contexto, a Endodontia guiada desempenha um papel crucial na prevenção de riscos, como lesões nos nervos alveolar inferior e mental durante cirurgias apicais e tratamentos endodônticos. Essas lesões podem resultar em alterações sensoriais adversas, incluindo disestesia (sensações desagradáveis), parestesia (sensação de "alfinetes e agulhas", queimação ou dormência) e anestesia (perda de sensação)[5,6]. Quando essas alterações persistem por longos períodos ou se tornam permanentes, impactam significativamente a qualidade de vida do paciente e podem acarretar consequências médico-legais [4]. Neste estudo, apresentamos um caso bem-sucedido de Endodontia guiada em um molar inferior com dilaceração apical na raiz mesial e uma lesão apical muito próxima ao feixe dos nervos alveolar inferior e mental, ressaltando como a tecnologia contribuiu para a minimização desses riscos durante o procedimento.

Inúmeros fatores podem influenciar os resultados de microcirurgias endodônticas, incluindo parâmetros demográficos como sexo, idade, status socioeconômico, restaurações de coroas, tipo de dente, localização e tamanho da lesão [14]. Neste estudo, a lesão apical apresentou um volume considerável,

de aproximadamente 656,27 mm³. Pesquisas recentes de Bieszcza *et al.* [14] demonstraram que lesões grandes em molares estão fortemente associadas à falha da microcirurgia endodôntica. De fato, Bieszcza *et al.* [14] consideraram o volume da lesão um preditor negativo significativo, impactando tanto na recuperação a longo prazo quanto no sucesso do procedimento. Dentes anteriores e pré-molares mostraram taxas de sucesso superiores a 90% em cirurgias periapicais, enquanto molares apresentaram uma taxa de sucesso inferior, em torno de 60% [14]. Von Arx *et al.* [15] relataram resultados aprimorados para lesões com volumes inferiores a 395 mm³. Da mesma forma, Kreisler *et al.* [16] e Kim *et al.* [17] documentaram melhor cicatrização para lesões com volumes inferiores a 60 mm³ e 50 mm³, respectivamente. Embora o volume inicial da lesão óssea não tenha influenciado diretamente o resultado, Pallarés-Serrano *et al.* [18] sugerem que o tipo de dente pode afetar a redução do volume, com dentes posteriores apresentando uma diminuição menor, devido à remoção extensiva de osso durante a cirurgia do molar [18]. Nesse contexto, a personalização do guia dentro do fluxo de trabalho CAD-CAM foi crucial, pois permitiu lidar com a espessura do tecido ósseo, alcançar uma perfuração óssea conservadora e evitar a proximidade com estruturas anatômicas vitais.

Ao contrário dos designs compactos utilizados por Pinsky *et al.* [13], Ahn *et al.* [19] e Dabrovski *et al.* [20], nossa abordagem digital empregou um design 3D aberto para melhorar a visibilidade e aprimorar a irrigação e remoção de detritos. Essa abordagem está alinhada com a pesquisa de Zhang *et al.* [21], que concluiu que as brocas guiadas em 3D causam aumentos mínimos de temperatura nas superfícies radiculares, em comparação com instrumentos endodônticos rotativos e pontas ultrassônicas. As velocidades de rotação mais rápidas e o uso de brocas de maior diâmetro, juntamente com irrigação adequada, geram menos calor por atrito, reduzindo o tempo de contato com o osso [21, 22]. No nosso caso, configuramos a velocidade de rotação para 1200 RPM, adequando-se ao torque máximo do motor endodôntico de 4 N. Na personalização do guia, incorporamos braços de apoio ao redor dos dentes adjacentes e um pino de ancoragem óssea ao design, visando aprimorar a estabilidade do guia durante a perfuração [10]. A angulação de 30° do pino de

ancoragem intraósseo foi estrategicamente projetada para acomodar os movimentos dos lábios e bochechas, garantindo uma melhor adaptação do guia e maior conforto para o paciente [23]. Esses pinos são fundamentais para evitar a movimentação do guia e desvios dos instrumentos durante a cirurgia.

Para a remoção de osso e extremidade da raiz, utilizamos a broca trefina, comumente empregada em enxertia ósseas e implantologia [24]. O diâmetro da broca trefina foi determinado com base nas dimensões da raiz, na proximidade com a anatomia vizinha e na necessidade de visibilidade ideal durante a osteotomia [10]. Uma ameia de resina assegurou o posicionamento preciso da broca trefina [23], resultando em um corte de 5 mm de diâmetro no tecido ósseo, ligeiramente maior que o comprimento de ressecção apical de 3 mm. Manter um alívio de apenas 0,1 mm na ameia do guia é crucial para evitar desvios potenciais do curso planejado dos instrumentos; esse leve alívio contribui para aumentar a precisão do procedimento.

Além disso, imprimimos em 3D um modelo translúcido da mandíbula do paciente para estudar os limites da lesão e sua relação com os tecidos circundantes, além de permitir a prática de procedimentos clínicos antes da cirurgia. Essa estratégia se mostrou inestimável e a recomendamos efetivamente para casos semelhantes. O modelo impresso em 3D da mandíbula também auxiliou na compreensão do paciente sobre sua condição clínica e o procedimento iminente. Após a cirurgia, nosso paciente relatou não sentir dor nem desconforto pós-operatório, indicando que a abordagem microinvasiva guiada proporciona um impacto imediato mais suave em comparação com a abordagem convencional [25]. Além disso, a cirurgia guiada reduziu a necessidade de osteotomia, resultando em uma cicatrização mais rápida.

Após um ano de acompanhamento, não foram observados efeitos adversos, e o paciente relatou uma significativa melhoria em sua qualidade de vida. Esse resultado destaca a eficácia da preservação das estruturas neurais e radiculares adjacentes, consequência do planejamento virtual, que reduz significativamente o tempo na cadeira e aprimora o conforto tanto do paciente quanto do profissional [25-28].

Apesar dos benefícios promissores, a microcirurgia endodôntica guiada enfrenta desafios consideráveis. Esses desafios incluem os custos associados aos equipamentos e softwares, além da necessidade de treinamento especializado, o que pode resultar em barreiras financeiras e logísticas. No entanto, a colaboração com centros de planejamento digital pode ser uma estratégia eficaz para superar tais dificuldades tecnológicas. Outra limitação significativa é a aplicabilidade da técnica apenas em porções retas do canal radicular. A presença de restaurações metálicas nos dentes adjacentes também pode complicar o planejamento digital devido aos artefatos provenientes da tomografia computadorizada de feixe cônico (CBCT) [29]. Embora o investimento de tempo no planejamento seja uma consideração importante, a redução substancial no tempo de tratamento e no estresse profissional compensa esse desafio [30]. Portanto, uma avaliação abrangente dos benefícios e limitações do planejamento virtual é crucial para tomadas de decisão bem fundamentadas. Embora muitos instrumentos sejam adaptados da tecnologia de implantes, o desenvolvimento de brocas e trefinas específicas para a Endodontia guiada pode abordar as limitações atuais e ampliar suas aplicações.

Em conclusão, o tratamento endodôntico guiado, inserido em contextos de intervenções múltiplas, aprimora a previsibilidade clínica e os cuidados personalizados. Essa abordagem transformadora não apenas melhora a precisão procedimental, mas também acelera a recuperação do paciente por meio de sua natureza minimamente invasiva. Ao empregar a técnica guiada para o retratamento endodôntico, conseguimos um controle meticuloso sobre a profundidade, orientação e espessura do pino, minimizando assim os danos às estruturas radiculares circundantes. A abordagem cirúrgica guiada proporcionou precisão e segurança excepcionais durante a osteotomia e apicectomia no dente 46. Ao navegar pelas complexidades do planejamento digital inovador e das técnicas guiadas, este estudo contribui significativamente para a Endodontia, apontando o caminho para melhorias nos resultados dos pacientes e para uma elevada qualidade de vida.

REFERÊNCIAS

1. Karamifar K, Tondari A, Saghiri MA. Endodontic Periapical Lesion: An Overview on the Etiology, Diagnosis and Current Treatment Modalities. *Eur Endod J*. 2020 Jul 14;5(2):54-67. doi: 10.14744/eej.2020.42714. PMID: 32766513; PMCID: PMC7398993.
2. European Society of Endodontology. Quality guidelines for endodontic treatment: consensus report of the European Society of Endodontology. *Int Endod J* 2006 Dec; 39 (12): 921-30. doi: 10.1111/j.1365-2591.2006.01180.x. PMID: 17180780.
3. Pogrel MA. Nerve damage in dentistry. *Gen Dent*. 2017 Mar- Apr; 65(2):34-41. PMID: 28253180.
4. Romsa B, Ruggiero SL. Diagnosis and Management of Lingual Nerve Injuries. *Oral Maxillofac Surg Clin North Am*. 2021 May; 33(2):239-48. doi: 10.1016/j.coms.2020.12.006. Epub 2021 Jan 29. PMID: 33526318.
5. Mainkar A, Zhu Q, Safavi K. Incidence of Altered Sensation after Mandibular Premolar and Molar Periapical Surgery. *J Endod*. 2020 Jan;4 (1): 29-33. doi: 10.1016/j.joen.2019.10.008. Epub 2019 Nov 14. PMID: 31735361.
6. von Arx T, Bolt S, Bornstein MM. Neurosensory Disturbances After Apical Surgery of Mandibular Premolars and Molars: A Retrospective Analysis and Case-Control Study. *Eur Endod J*. 2021 Dec;6(3):247-253. doi: 10.14744/eej.2021.64326. PMID: 34967339; PMCID: PMC8842425.
7. Wesson CM, Gale TM. Molar apicectomy with amalgam root-end filling: results of a prospective study in two district general hospitals. *Br Dent J*. 2003

Dec 20;195(12):707-14; discussion 698. doi: 10.1038/sj.bdj.4810834. PMID: 14718966.

8. Weyh A, Pucci R, Valentini V, Fernandes R, Salman S. Injuries of the Peripheral Mandibular Nerve, Evaluation of Interventions and Outcomes: A Systematic Review. *Craniofac Trauma Reconstr.* 2021 Dec;14(4):337-48. doi: 10.1177/19433875211002049. Epub 2021 Mar 16. PMID: 34707795; PMCID: PMC8543599.
9. Su Y, Chen C, Lin C, Lee H, Chen K, Lin Y, Chuang F. Guided endodontics: accuracy of access cavity preparation and discrimination of angular and linear deviation on canal accessing ability-an ex vivo study. *BMC Oral Health.* 2021 Nov 23; 21(1):606. doi: 10.1186/s12903-021-01936-y. PMID: 34814892; PMCID: PMC8609758.
10. Santiago MC, Altoe MM, de Azevedo Mohamed CP, de Oliveira LA, Salles LP. 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.* 2022 Feb 11; 22(1):37. doi: 10.1186/s12903-022-02067-8. PMID: 35148745; PMCID: PMC8832717.
11. Antal M, Nagy E, Braunitzer G, Fráter M, Piffkó J. Accuracy and clinical safety of guided root end resection with a trephine: a case series. *Head Face Med.* 2019 Dec 21; 15(1):30. doi: 10.1186/s13005-019-0214-8. PMID: 31861995; PMCID: PMC6925511.
12. Zubizarreta-Macho Á, Castillo-Amature C, Montiel-Company JM, Mena-Álvarez J. Efficacy of Computer-Aided Static Navigation Technique on the Accuracy of Endodontic Microsurgery. A Systematic Review and Meta-Analysis. *J Clin Med.* 2021 Jan 15;10(2):313. doi: 10.3390/jcm10020313. PMID: 33467707; PMCID: PMC7830386.
13. Pinsky HM, Champleboux G, Sarment DP. Periapical Surgery Using CAD/CAM Guidance: Preclinical Results. *Journal of Endodontics.* 2007 Feb;

33(2):148-51. doi: 10.1016/j.joen.2006.10.005. Epub 2006 Dec 13. PMID: 17258633.

14. Benjamin G, Ather A, Bueno MR, Estrela C, Diogenes A. Preserving the Neurovascular Bundle in Targeted Endodontic Microsurgery: A Case Series. *J Endod.* 2021 Mar;47(3):509-519. doi: 10.1016/j.joen.2020.10.008. Epub 2020 Oct 20. PMID: 33096194.

15. Chaves GS, Capeletti LR, Miguel JG, Loureiro MAZ, Silva EJNL, Decurcio DA. A Novel Simplified Workflow for Guided Endodontic Surgery in Mandibular Molars with a Thick Buccal Bone Plate: A Case Report. *J Endod.* 2022 Jul;48(7):930-935. doi: 10.1016/j.joen.2022.04.001. Epub 2022 Apr 9. PMID: 35405156.

16. Special Committee to Revise the Joint AAE/AAOMR Position Statement on use of CBCT in Endodontics. AAE and AAOMR Joint Position Statement: Use of Cone Beam Computed Tomography in Endodontics 2015 Update. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol.* 2015 Oct;120(4):508-12. doi: 10.1016/j.oooo.2015.07.033. Epub 2015 Aug 3. PMID: 26346911.

14. Bieszczad D, Wichlinski J, Kaczmarzyk T. Factors Affecting the Success of Endodontic Microsurgery: A Cone-Beam Computed Tomography Study. *J Clin Med.* 2022 Jul 10; 11 (14):3991. doi: 10.3390/jcm11143991. PMID: 35887756; PMCID: PMC9323724.

15. von Arx T, Hänni S, Jensen SS. Correlation of bone defect dimensions with healing outcome one year after apical surgery. *J Endod.* 2007 Sep; 33(9):1044-8. doi: 10.1016/j.joen.2007.06.010. Epub 2007 Jul 20. PMID: 17931929.

16. Kreisler M, Gockel R, Aubell-Falkenberg S, Kreisler T, Weihe C, Filippi A, Kuhl S, Schutz S, d'Hoedt B. Clinical outcome in periradicular surgery: effect of patient- and tooth-related factors--a multicenter study. *Quintessence Int.* 2013 Jan;44(1):53-60. doi: 10.3290/j.qi.a28742. PMID: 23444162.

17. Kim D, Ku H, Nam T, Yoon TC, Lee CY, Kim E. Influence of Size and Volume of Periapical Lesions on the Outcome of Endodontic Microsurgery: 3-Dimensional Analysis Using Cone-beam Computed Tomography. *J Endod.* 2016 Aug;42(8):1196-201. doi: 10.1016/j.joen.2016.05.006. Epub 2016 Jun 20. PMID: 27339630.
18. Pallarés-Serrano A, Glera-Suarez P, Tarazona-Alvarez B, Peñarrocha-Oltra D, Peñarrocha-Diago M. Healing of 295 Endodontic Microsurgery Cases After Long-Term (5-9 Years) Versus Middle-Term (1-4 Years) Follow-up. *J Endod.* 2022 Jun;48(6):714-21. doi: 10.1016/j.joen.2022.03.001. Epub 2022 Mar 12. PMID: 35292312.
19. Ahn SY, Kim NH, Kim S, Karabucak B, Kim E. Computer-aided Design/Computer-aided Manufacturing-guided Endodontic Surgery: Guided Osteotomy and Apex Localization in a Mandibular Molar with a Thick Buccal Bone Plate. *J Endod.* 2018 Apr;44(4):665-70. doi: 10.1016/j.joen.2017.12.009. Epub 2018 Jan 19. PMID: 29358006.
20. Dąbrowski W, Puchalska W, Ziemlewski A, Ordyniec-Kwaśnica I. Guided Endodontics as a Personalized Tool for Complicated Clinical Cases. *Int J Environ Res Public Health.* 2022 Aug 12; 19(16):9958. doi: 10.3390/ijerph19169958. PMID: 36011600; PMCID: PMC9408804.
21. Zhang C, Zhao X, Chen C, Wang J, Gu P, Ma J, Wu D, Li J. The accuracy of using guided endodontics in access cavity preparation and the temperature changes of root surface: An in vitro study. *BMC Oral Health.* 2022 Nov 16;22(1):504. doi: 10.1186/s12903-022-02548-w. PMID: 36384556; PMCID: PMC9670633.
22. Strbac GD, Giannis K, Unger E, Mittlböck M, Vasak C, Watzek G, Zechner W. Drilling-and withdrawing-related thermal changes during implant site osteotomies. *Clin Implant Dent Relat Res.* 2015 Feb;17(1):32-43. doi: 10.1111/cid.12091. Epub 2013 May 28. PMID: 23714272.

23. Chen X, Yang Z, Wang Y, Fu G. Fixation Pins Increase the Accuracy of Implant Surgery in Free-End Models: An In Vitro Study. *J Oral Maxillofac Surg.* 2023 May;81(5):593-601. doi: 10.1016/j.joms.2022.12.017. Epub 2023 Jan 28. PMID: 36716792.
24. Roy M, Loutan L, Garavaglia G, Hashim D. Removal of osseointegrated dental implants: a systematic review of explantation techniques. *Clin Oral Investig.* 2020;24(1):47-60. doi: 10.1007/s00784-019-03127-0. Epub 2019 Nov 15. PMID: 31729576.
25. Kulinkovych-Levchuk K, Pecci-Lloret MP, Castelo-Baz P, Pecci-Lloret MR, Oñate-Sánchez RE. Guided Endodontics: A Literature Review. *Int J Environ Res Public Health.* 2022 Oct 26; 19(21): 13900. doi: 10.3390/ijerph192113900. PMID: 36360780; PMCID: PMC9657991.
26. Pallarés-Serrano A, Glera-Suarez P, Tarazona-Alvarez B, Peñarrocha-Diago M, Peñarrocha-Diago M, Peñarrocha-Oltra D. Prognostic Factors after Endodontic Microsurgery: A Retrospective Study of 111 Cases with 5 to 9 Years of Follow-up. *J Endod.* 2021 Mar;47(3):397-403. doi: 10.1016/j.joen.2020.11.022. Epub 2020 Dec 1. PMID: 33271177.
27. Strbac GD, Schnappauf A, Giannis K, Moritz A, Ulm C. Guided Modern Endodontic Surgery: A Novel Approach for Guided Osteotomy and Root Resection. *J Endod.* 2017 Mar;43(3):496-501. doi: 10.1016/j.joen.2016.11.001. Epub 2017 Jan 28. PMID: 28139285.
28. Moreno-Rabié C, Torres A, Lambrechts P, Jacobs R. Clinical applications, accuracy and limitations of guided endodontics: a systematic review. *Int Endod J.* 2020 Feb;53(2):214–31. doi: 10.1111/iej.13216. Epub 2019 Oct 23. PMID: 31520416.
29. Bueno MR, Estrela C, Azevedo BC, Diogenes A. Development of a New Cone-Beam Computed Tomography Software for Endodontic Diagnosis. *Braz Dent J.* 2018 Nov-Dec;29(6):517-29. doi: 10.1590/0103-6440201802455. PMID: 30517473.

30. Jorge É G, Tamaru-Filho M, Guerreiro-Tanomaru JM, Reis JM, Spin-Neto R, Gonçalves M. Periapical repair following endodontic surgery: two- and three-dimensional imaging evaluation methods. *Braz Dent J.* 2015 Jan-Feb;26(1):69-74. doi: 10.1590/0103-6440201300252. PMID: 25672388.

CAPÍTULO 4

TRATAMENTO ENDODÔNTICO GUIADO EM REGIÃO DE ABERTURA BUCAL RESTRITA: RELATO DE CASO DOS CANAIS RADICULARES MESIAIS DE UM MOLAR MANDIBULAR COM CALCIFICAÇÃO DISTRÓFICA

Artigo publicado na Revista BMC Oral Health

Santiago MC, Altoe MM, de Azevedo Mohamed CP, de Oliveira LA, Salles LP. 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. 2022 Feb 11;22(1):37. doi: 10.1186/s12903-022-02067-8. PMID: 35148745; PMCID: PMC8832717.

RESUMO

Introdução: O tratamento endodôntico de canais radiculares calcificados em molares é um procedimento desafiador e demorado. Mesmo com o auxílio de um microscópio cirúrgico, o risco de perfuração radicular é elevado, especialmente na área de furca. O objetivo deste estudo é relatar o fluxo de trabalho de Projeto e Manufatura Assistidos por Computador (CAD-CAM), as estratégias inovadoras para a idealização de modelos e o tratamento endodôntico guiado de um molar mandibular com calcificação distrófica nos canais radiculares mesiais. **Apresentação do caso:** Uma paciente do sexo feminino, de 58 anos, ASA I, foi encaminhada para tratamento endodôntico no primeiro molar inferior direito por razões protéticas. Os canais mesiobucal e mesiolingual pareciam obliterados nas imagens radiográficas. A ausência de coroa dental, inclinação do dente e a abertura bucal limitada da região contribuíram para uma referência visual inadequada do dente no arco dental e na direção dos lúmens remanescentes dos canais. Apesar do uso de microscopia cirúrgica, a técnica convencional levou ao desvio do canal mesiobucal em direção à área de furca. A obliteração de ambos os canais radiculares mesiais foi confirmada usando a Tomografia Computadorizada Cone Beam. A história clínica associada ao diagnóstico tomográfico era compatível com calcificações distróficas nos canais pulpares. A paciente também foi submetida a um escaneamento intraoral. Os dados do *Digital Imaging and Communications in Medicine* (DICOM) foram segmentados. Os arquivos no formato *Standard Tessellation Language* (STL) foram processados seguindo o fluxo de trabalho CAD-CAM, com o objetivo de criar dois modelos diferentes de guias endodônticos com um novo conceito de design aberto. Os guias com design aberto permitiram a visualização direta do campo operatório, a irrigação e a remoção de detritos dentinários. A estratégia de criação de ameias nas guias, configuradas como semicilindros, permitiu a inserção da broca em uma região de abertura bucal limitada. **Conclusões:** O planejamento digital e o acesso guiado permitiram superar as limitações do caso e, assim, restabelecer o caminho de deslizamento seguindo a anatomia original dos canais radiculares. O tratamento endodôntico guiado representa uma técnica personalizada que proporciona segurança, redução dos riscos de perfuração radicular e uma significativa diminuição do tempo de trabalho para acessar canais radiculares obliterados, mesmo na região mesial de molares mandibulares com abertura bucal limitada.

Palavras-chave: Endodontia guiada; Guia; Calcificação distrófica; Tratamento de canal radicular

ABSTRACT

Introduction: The endodontic treatment of calcified root canals in molars is a challenging and time-consuming procedure. Even with the aid of a surgical microscope, the risk of root perforation is high, particularly in the furcation area. This study aims to report the workflow of Computer-Aided Design and Manufacturing (CAD-CAM), innovative strategies for model conceptualization, and the guided endodontic treatment of a mandibular molar with dystrophic calcification in the mesial root canals. **Case Presentation:** A 58-year-old female patient, classified as ASA I, was referred for endodontic treatment of the right mandibular first molar for prosthetic reasons. The mesiobuccal and mesiolingual canals appeared obliterated in radiographic images. The absence of a dental crown, tooth inclination, and the limited mouth opening in the region contributed to an inadequate visual reference of the tooth within the dental arch and the direction of the remaining canal lumens. Despite the use of surgical microscopy, the conventional technique resulted in the deviation of the mesiobuccal canal towards the furcation area. The obliteration of both mesial root canals was confirmed using Cone Beam Computed Tomography (CBCT). The clinical history combined with the tomographic diagnosis was consistent with dystrophic calcifications in the pulp canals. The patient also underwent intraoral scanning. Digital Imaging and Communications in Medicine (DICOM) data were segmented, and Standard Tessellation Language (STL) files were processed following the CAD-CAM workflow, with the goal of creating two different models of endodontic guides with a new open design concept. The open design guides allowed direct visualization of the operative field, irrigation, and removal of dentin debris. The strategy of creating crenellations in the guides, configured as semicylinders, facilitated the insertion of the drill in a region with limited mouth opening. **Conclusions:** Digital planning and guided access overcame the case's limitations, thereby reestablishing the glide path following the original anatomy of the root canals. Guided endodontic treatment represents a personalized technique that provides safety, reduces the risk of root perforation, and significantly decreases the working time required to access obliterated root canals, even in the mesial region of mandibular molars with limited mouth opening.

Key- Words:

Guided Endodontics; Surgical Guide; Dystrophic Calcification; Root Canal Therapy.

4.1 INTRODUÇÃO

A Endodontia guiada é uma técnica inovadora baseada no fluxo de trabalho de Projeto e Manufatura Assistidos por Computador (CAD-CAM) para planejar e criar modelos impressos em que orientam o acesso a canais pulpare com anatomia patológica ou obliterações. O primeiro relato clínico de Endodontia guiada feito por Kfir et al, 2012, mencionou o tratamento de um incisivo central superior com *Dens Invaginatus* [1]. O protótipo do estudo era um guia impresso em 3D fixado no dente com cimento de ionômero de vidro, com um canal aberto preparado por palatina na guia para orientar a penetração da broca e o comprimento de trabalho, bem diferente dos guias planejados na atualidade [1]. Segundo os autores, a adoção do modelo específico endodôntico proporcionou maior segurança, além de uma redução significativa no tempo de trabalho. Desde então, a Endodontia guiada tem evoluído e ampliado suas indicações, especialmente para casos de obliteração do canal pulpar (*Pulp Canal Obliteration - PCO*).

A obliteração do canal pulpar, também conhecida como metamorfose cálcica da polpa (PCO), é frequentemente causada por traumatismos dentários, como concussões e subluxações [2, 3]. A PCO também pode ser observada em indivíduos com distúrbios genéticos do tecido conjuntivo, incluindo Síndrome de Ehlers-Danlos Tipo I [4], displasia dentinária tipo II [5], calcinose tumoral, Síndrome de Marfan [6], Osteogênese Imperfeita Tipo I, e Síndrome Otodental [7]. Além disso, calcificações distróficas e cálculos pulpares podem resultar de estímulos prolongados, como cáries, abrasão, erosão, procedimentos cirúrgicos e terapia ortodôntica [8]. A idade é outro fator importante, com uma maior prevalência de calcificação distrófica na região coronária e no canal radicular em indivíduos mais idosos, o que pode ser atribuído ao processo de envelhecimento da polpa e à redução do fluxo sanguíneo pulpar [9]. A deposição de dentina secundária e terciária durante o envelhecimento leva à constrição do espaço da

câmara pulpar, resultando em dificuldades no tratamento endodôntico [9-11]. Recentemente, Gabardo et al. identificaram uma associação entre cálculos pulpares e cálculos renais [12]. Os cálculos pulpares são diferentes da metamorfose cálcica (ou PCO), mas podem requerer o uso da Endodontia guiada para acessar os canais radiculares, especialmente quando os cálculos pulpares estão aderidos e não podem ser facilmente removidos com instrumentos ultrassônicos [13]. No caso da PCO, o processo de calcificação pode iniciar com a redução do diâmetro do lúmen tubular, evoluindo para uma obliteração parcial ou completa da câmara pulpar e dos canais radiculares [2].

O tratamento do canal radicular em casos de PCO é considerado uma das principais indicações para o uso de acesso endodôntico guiado até o momento. Neste contexto de obliteração do canal pulpar e evolução da Endodontia guiada, devemos destacar os avanços tecnológicos da Tomografia Computadorizada Cone Beam (CBCT), scanner intraoral, software CAD-CAM e impressoras 3D de estereolitografia que possibilitaram a idealização da Endodontia guiada. A fidelidade das imagens da CBCT proporcionou diagnósticos mais precisos em Endodontia [14]. O próprio padrão de rede de *protocolo Digital Imaging and Communication in Medicine* (DICOM) deve ser considerado uma tecnologia inovadora. O DICOM define o funcionamento de classes de serviço além da simples transferência de dados e cria um mecanismo para identificar de forma única objetos de informação à medida que são manipulados através da rede [15].

Em termos de evolução tecnológica, o formato *Standard Triangle Language* ou *Standard Tessellation Language* (STL) permitiu a conversão de dados brutos em representações tridimensionais precisas das estruturas ósseas e dentárias, utilizando superfícies triangulares microscópicas [16]. A segmentação DICOM e o processamento de arquivos STL em software CAD permitem uma visualização detalhada do sistema de canais radiculares, dos tecidos moles, da extensão da obliteração, e da localização dos lúmens remanescentes. Assim, a CBCT e a automação CAD-CAM em Endodontia promoveram um avanço significativo no diagnóstico de calcificações pulpares, desencadeando uma mudança de paradigma no que os endodontistas reconhecem como um dos maiores desafios da especialidade: o acesso

arriscado e demorado a canais pulparem obliterados, proporcionando um tratamento mais rápido e com menor probabilidade de erros.

Desde 2016, o acesso endodôntico guiado em casos de PCO tem atraído crescente atenção [17]. No entanto, a literatura ainda é limitada, especialmente no que se refere ao acesso endodôntico guiado em molares. O desafio de tratar canais radiculares obliterados é ainda maior em dentes posteriores [2], onde o acesso endodôntico representa um risco aumentado de acidentes, como a perfuração do assoalho da câmara pulpar ou das paredes dos canais radiculares [18]. O uso da Endodontia guiada em molares exige um planejamento ainda mais complexo na fase de CAD, devido à anatomia diversificada desses dentes. Além disso, o campo de visão limitado e o acesso difícil à região molar representam complicações consideráveis [19].

Além da obliteração do canal pulpar, o sujeito deste relato de caso apresentou complicações adicionais: seu molar inferior apresentava destruição da coroa, com perda de referências anatômicas, como as cúspides, além de inclinação no arco dental e limitação na abertura da boca na região do molar. Assim, os objetivos principais deste relato foram descrever o fluxo de trabalho de CAD-CAM para a criação de guias personalizadas com design inovador e os procedimentos clínicos de Endodontia guiada utilizados para tratar os canais radiculares obliterados mesiobucal (MB) e mesiolingual (ML) de um primeiro molar inferior direito. Os objetivos secundários incluíram a comparação entre o design da guia aberta com o design compacto, além da avaliação do sucesso após um ano de acompanhamento. Este relato de caso seguiu as diretrizes CARE [20].

4.2 APRESENTAÇÃO DO CASO

Uma paciente leucoderma de 58 anos compareceu ao consultório odontológico em maio de 2020 para tratamento endodôntico do primeiro molar inferior direito. O tratamento foi indicado devido à necessidade de pinos de retenção intraradiculares e restauração protética. A paciente não apresentou histórico de doenças sistêmicas (ASA I) e não fazia uso contínuo de medicamentos. Este estudo foi conduzido em total conformidade com os princípios éticos da Declaração de Helsinki da Associação Médica Mundial (versão 2008). Todos os experimentos, procedimentos clínicos, exames e fotografias foram realizados com o entendimento e consentimento por escrito da paciente, de acordo com os princípios mencionados acima. O relato de caso foi revisado e aprovado independentemente pelo comitê de ética da Faculdade de Ciências da Saúde da Universidade de Brasília (protocolo no. 4.767.576, Plataforma Brasil).

Do ponto de vista clínico, a paciente estava assintomática, apresentando resposta negativa aos testes térmicos e de percussão no primeiro molar inferior direito. A radiografia intraoral de diagnóstico sugeriu obliteração dos canais radiculares nas raízes mesial e distal (Figura 1). A paciente não relatou traumatismos no dente indicado para o tratamento endodôntico. Seu histórico odontológico incluía história de cáries, coroas protéticas e tratamento endodôntico em outros dentes. A radiografia periapical não revelou lesão apical visível. Foram tentadas abordagens convencionais para acessar os canais radiculares, mas, mesmo com o auxílio de um microscópio operatório (microscopia Alliance - São Carlos, SP, Brasil), ocorreu um desvio na raiz mesial em direção à área de furca durante a tentativa de acesso ao canal mesiobucal (Fig. 1). O dente estava inclinado sem referências de coroa, e a abertura bucal da paciente na região do molar era limitada. Diante disso, optou-se pelo

planejamento digital e pelo tratamento endodôntico guiado para minimizar risco de perfuração do canal radicular (Fig. 2).

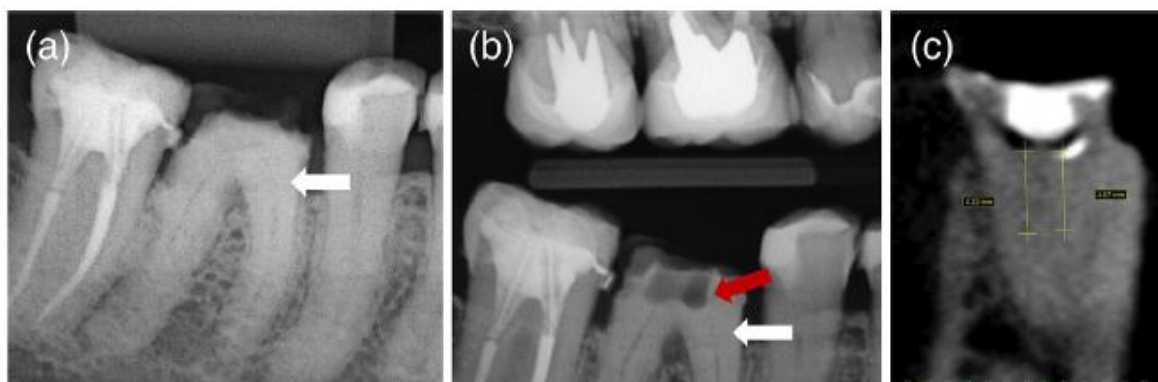


Fig. 1 A imagem periapical diagnóstica de raios-X sugeria obliteração dos canais pulpare (seta branca) **(a)**. A imagem de raios-X *bite-wing* mostrando desvio na raiz mesial (seta vermelha) em direção à área de furca e a extensão da obliteração do canal radicular (seta branca) **(b)**. Imagem de Tomografia Computadorizada Cone Beam (CBCT) com medidas estimadas do comprimento da obliteração a partir do assoalho da câmara pulpar, assumindo o comprimento da broca de 1,3 mm como parâmetro de medição **(c)**.

Para o tratamento do canal radicular distal, foi realizada a anestesia dos nervos bucal, lingual e alveolar inferior. O canal radicular distal foi localizado sob microscopia, utilizando uma ponta ultrassônica E5 para seu desbridamento (Helse Ultrasonic, Santa Rosa de Viterbo, SP, Brasil), e o dente foi isolado com lençol de borracha. O acesso ao canal foi bem-sucedido, mas levou aproximadamente 30 minutos para ser concluído. O diagnóstico de vitalidade pulpar foi confirmado. Após estabelecer o comprimento de trabalho, remover a polpa e preparar o canal, o tratamento endodôntico foi finalizado com a utilização da lima média e do respectivo cone de guta-percha do sistema WaveOne Gold (Dentsply Maillefer, Balaigues, Suíça). O cimento endodôntico utilizado foi o AH Plus (Dentsply Maillefer). A câmara pulpar foi preenchida com cimento de ionômero de vidro (Vitremmer, 3M Corporate Headquarters, St. Paul, MN, EUA), e a coroa foi restaurada temporariamente.

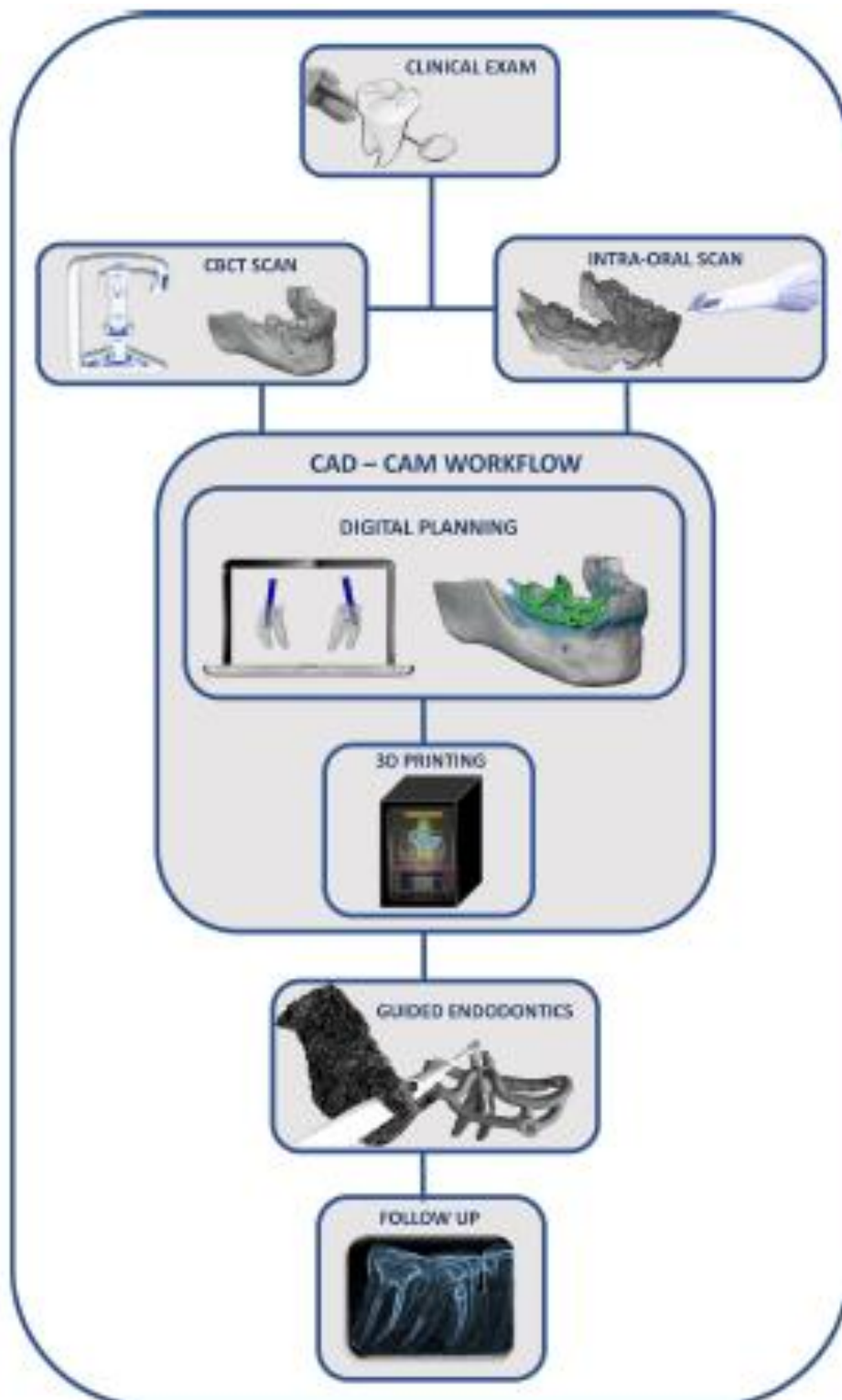


Fig. 2 O fluxograma ilustra o tratamento endodôntico guiado do estudo, desde o exame clínico até o fluxo de trabalho CAD-CAM (Projeto Assistido por Computador e Manufatura Assistida por Computador), tratamento do canal radicular e acompanhamento de um ano. Esta imagem foi desenvolvida pelos próprios autores.

Em seguida, a paciente foi encaminhada para um centro de diagnóstico por imagem para a realização de uma Tomografia Computadorizada Cone Beam (CBCT). Foram explicadas à paciente tanto a necessidade da CBCT para o diagnóstico preciso das obliterações dos canais radiculares quanto para o planejamento digital de uma guia endodôntica, além dos riscos associados ao exame. Após essas explicações, a paciente assinou o termo de consentimento informado.

A Tomografia Computadorizada Cone Beam (CBCT) da mandíbula foi realizada utilizando o equipamento i-CAT (Imaging Sciences International, Xoran Technologies Inc., Hatfield, EUA) com as seguintes configurações: FOV (Campo de Visão) de 160 × 160 × 54 mm, voxel de 0,2 × 0,2 × 0,2 mm, 120 kV e 5 mA. O exame de CBCT seguiu as diretrizes da Sociedade Europeia de Endodontia [21]. Para um planejamento digital preciso da guia, é obrigatório que a área de tomografia inclua os dentes adjacentes do mesmo arco do dente-alvo. Vale ressaltar que o uso de um afastador labial durante a CBCT é essencial para melhorar a segmentação do DICOM e a sobreposição dos dados do escaneamento.

As imagens de CBCT confirmaram a presença de obliterações nos canais mesiobucal (MB) e mesiolingual (ML) (Fig. 1). As profundidades estimadas das calcificações representariam um grande risco de perfuração do canal radicular caso os acessos fossem realizados sem o uso de guia. As imagens de CBCT também corroboraram o diagnóstico de calcificação distrófica, levando à conclusão de que a Endodontia guiada era a melhor opção para acessar os canais radiculares. Além disso, foi realizado um escaneamento intraoral de todo o arco mandibular utilizando o equipamento TRIOS 3 Basic (3Shape A/S, Copenhagen, Dinamarca). Os dados sobre a estrutura dos dentes e da mucosa oral são essenciais para o design da guia endodôntica. Os dados DICOM (Digital Imaging and Communication in Medicine) da CBCT e os arquivos STL (Standard Triangle Language) do escaneamento intraoral foram processados em um software de planejamento digital gratuito, o BlueSkyPlan (BlueSkyBio, Illinois, EUA). A sobreposição entre esses dois arquivos foi realizada com máxima precisão, condição fundamental para o fluxo de trabalho CAD-CAM.

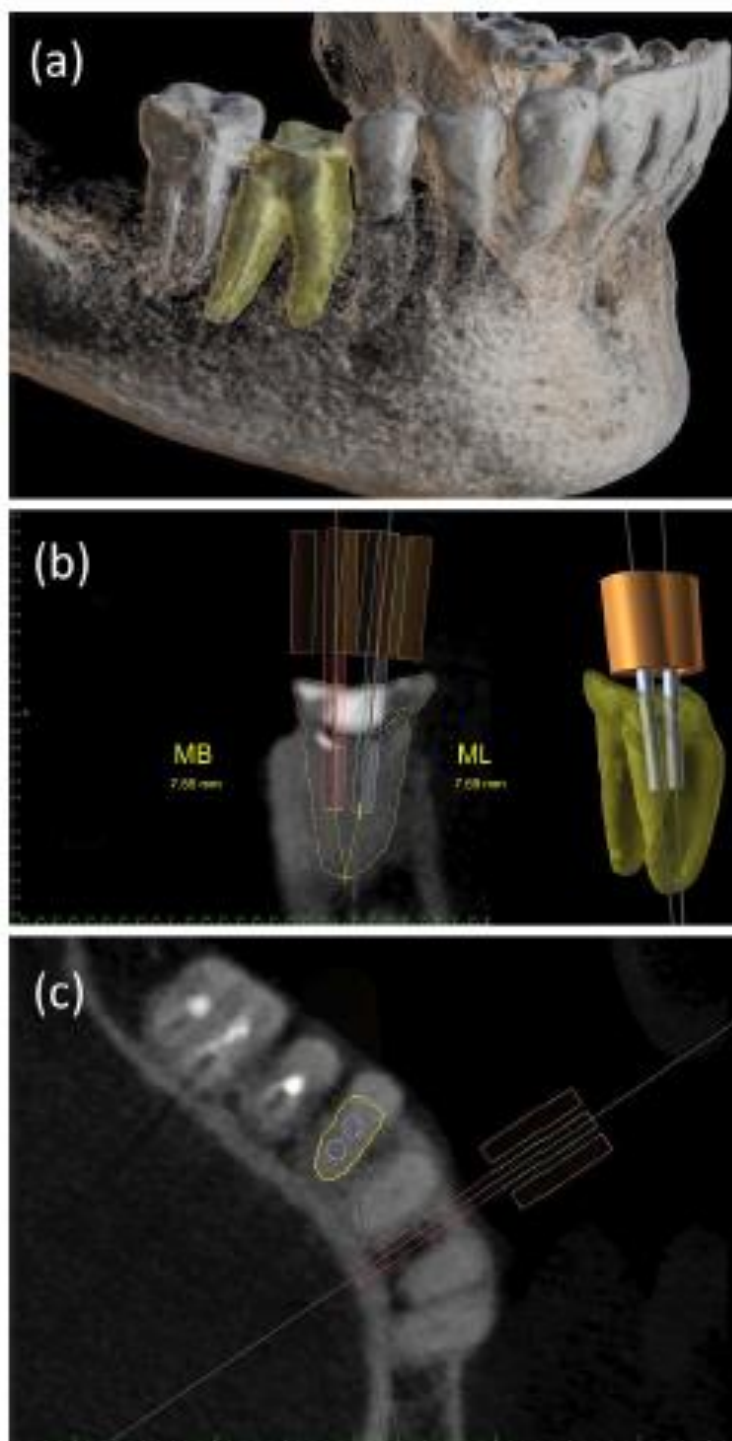


Fig. 3 Os dados DICOM são segmentados em um arquivo STL para a reconstrução tridimensional da mandíbula; o primeiro molar inferior com calcificação distrófica está em amarelo **(a)**. A imagem de CBCT mostra uma vista buco lingual da raiz mesial obliterada com as brocas virtuais e as respectivas guias virtuais posicionadas no caminho de acesso **(b)**. MB é o canal mesiobucal, e ML é o canal mesiolingual, respectivamente. A imagem também mostra um

comprimento estimado das obliterações desde o assoalho da câmara pulpar até os lúmens remanescentes **(b)**. A vista axial mostra a guia virtual e a broca para o pino de fixação **(c)**.

A fase de CAD consistiu em duas etapas: o planejamento do caminho de deslizamento da broca, com base nos dados da imagem DICOM, e o design do corpo da guia, utilizando o arquivo STL que corresponde à imagem escaneada intraoral (Fig. 2). Primeiramente, realizamos a segmentação do DICOM utilizando o software BlueSkyplan e criamos o arquivo 3D STL (Fig. 3). Em seguida, observamos a anatomia interna do sistema de canais radiculares. A raiz mesial do primeiro molar inferior direito apresentou lúmens remanescentes no terço apical (Fig. 3). Cilindros virtuais representando a broca de 1,3 mm de diâmetro e 20 mm de comprimento (Straumann, Basel, Suíça) foram posicionados nas áreas obliteradas para acessar o início dos lúmens remanescentes dos canais MB e ML (Fig. 3). Os comprimentos de trabalho da broca nos canais radiculares foram estimados em 7,55 mm MB e 7,67 mm para o canal ML, considerando o comprimento da broca como parâmetro.

A orientação virtual da broca representa o caminho exato que a broca seguirá durante o procedimento clínico. O pino de fixação da guia foi planejado e evitou perfuração óssea adicional (Fig. 3). Uma vez que a broca virtual e as guias foram projetadas e posicionadas, o arquivo STL foi exportado do BlueSkyplan para um segundo software, o Blender for Dental (Gold Coast, Austrália). Duas guias foram projetadas para garantir acesso independente, além de facilitar a limpeza e modelagem de cada canal radicular mesial, preservando a estrutura dental (Fig. 4). Ambas as bases de resina das guias foram projetadas com a forma de semicilindros, visando facilitar o posicionamento da broca devido à abertura bucal limitada na região dos molares (Fig. 4).

As extremidades das bases de resina das guias de ambos os modelos para foram planejadas para limitar o comprimento de trabalho da broca e promover segurança ao operador, evitando perfurações inadvertidas na zona de risco do molar inferior, especialmente na curvatura da raiz. É importante mencionar que um espaçamento mínimo de 0,05 mm entre as guias virtuais e as estruturas dentárias foi respeitado para compensar possíveis erros de forma do

software e evitar pressão excessiva das guias impressas em 3D sobre as estruturas dentárias no futuro.

Após a conclusão do design virtual das guias, a fase de Manufatura Assistida por Computador (CAM) teve início com a exportação dos arquivos STL para o software de impressão MiiUtility V 6.3.0 (Young Optics Inc., Parque Científico de Hsinchu, Hsinchu, Taiwan). As guias foram impressas com a resina Smart Print Bio Bite Splint (MMTech Projetos Tecnológicos Importação e Exportação Ltda, SP, Brasil), utilizando uma impressora 3D MiiCraft Ultra 125 (Young Optics Inc., Taiwan) (Fig. 5). Um espaço entre a superfície do dente e a base da guia foi deixado intencionalmente para permitir a saída de detritos dentinários. Para aumentar a estabilidade da guia endodôntica, pequenos braços foram adicionados, funcionando como grampos de estabilidade nos dentes vizinhos.

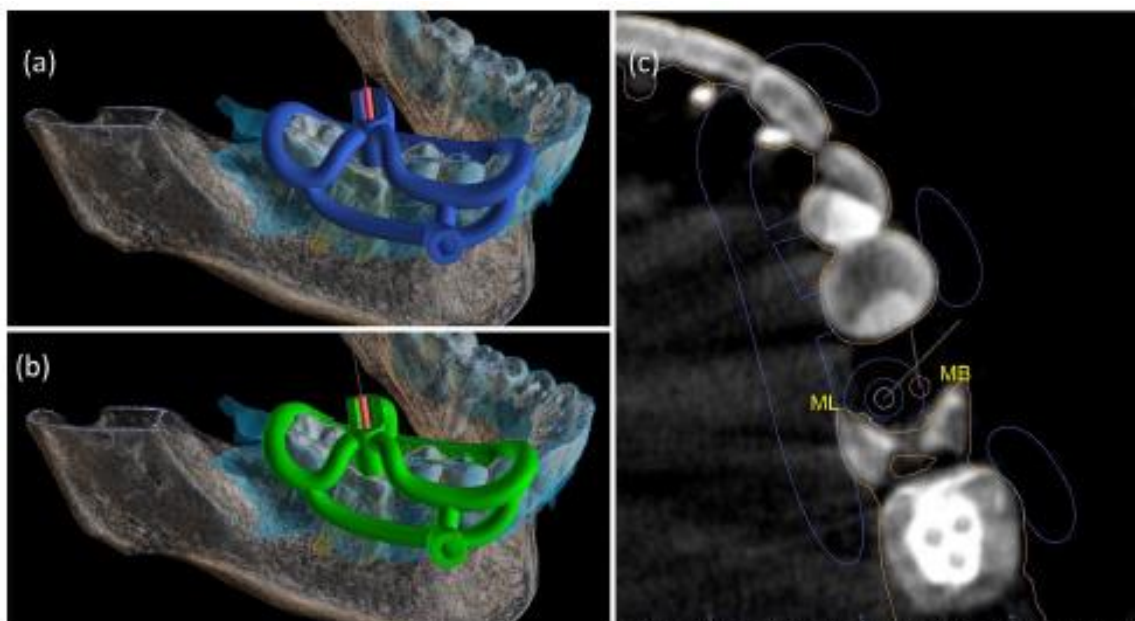


Fig.4 Ambas as guias MB e ML seguiram um conceito de design aberto. A imagem em azul-claro representa a área escaneada. A guia virtual ML com broca e guia **(a)**. A guia virtual MB com a broca e a respectiva guia **(b)**. A base de resina das guias metálicas foi projetada como um semicilindro para facilitar a inserção da broca. O topo serviu como referência para o comprimento da perfuração **(a e b)**. A guia para o pino de fixação tinha a mesma posição para ambas as guias, evitando perfuração óssea desnecessária. Imagem de CBCT no plano axial com brocas virtuais e guia da guia ML **(c)**.

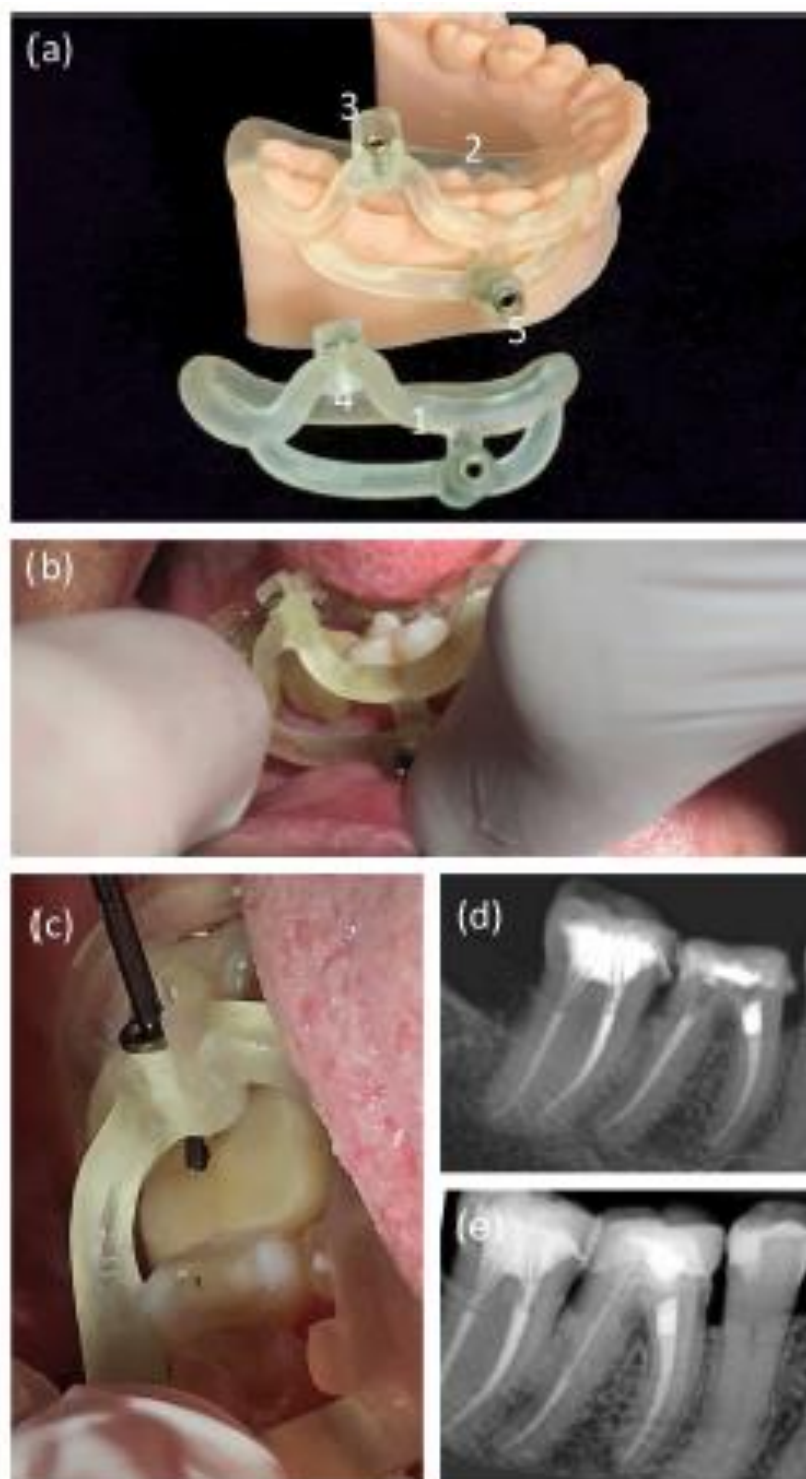


Fig. 5 As duas guias MB e ML impressas em 3D e o modelo de treinamento opcional do arco dentário inferior do paciente **(a)**. **1**, Pegas do modelo aberto; **2**, braços de travamento que se ajustam ao dente-alvo e aos dentes vizinhos para aumentar a estabilidade da guia; **3**, a parte superior das bases cilíndricas de resina das guias como referência para o comprimento de trabalho da broca; **4**, as bases cilíndricas de resina das guias; **5**, a guia para o pino de fixação. A estabilidade da guia deve ser avaliada previamente **(b)**. A broca foi posicionada dentro da guia metálica seguindo a direção de acesso planejada na fase de CAD **(c)**. Imagem final de radiografia após o acesso guiado e tratamento endodôntico **(d)**. A imagem de radiografia do acompanhamento de um ano **(e)**.

As guias foram previamente testadas nos dentes do paciente antes do procedimento de Endodontia guiada (Fig. 5). O paciente foi anestesiado por meio do bloqueio dos nervos alveolar inferior, lingual e bucal. Posteriormente, a guia endodôntica do canal mesiolingual (ML) foi posicionada e fixada com o pino de fixação. O acesso ao canal foi realizado com uma broca de 1,3 mm (Straumann, Suíça) acoplada ao motor XSmart Plus (Dentsply Maillefer), calibrado a 1200 RPM e 4 N (Fig. 5). A broca foi inserida na guia metálica, o XSmart Plus foi acionado e, com movimentos de "picoteio", a broca conseguiu ultrapassar a calcificação. O procedimento de perfuração foi contínuo até atingir o comprimento de trabalho total, conforme planejado na fase de CAD, seguido pela irrigação com solução salina para evitar o aquecimento da broca.

Após a remoção da primeira guia endodôntica, a guia do canal mesiobucal (MB) foi posicionada. Após o acesso aos dois canais mesiais, a guia foi removida e o dente foi isolado com um lençol de borracha e um grampo dental 206. O cateterismo dos canais MB e ML foram realizados com uma lima Kerr 10 (Dentsply Maillefer, Balaigues, Suíça). O comprimento de trabalho de 20 mm foi estabelecido com um localizador foraminal NovApex (Romidan, Kiriaty Ono, Israel) para ambos os canais. Os canais radiculares foram instrumentados com a lima primária do sistema recíproco WaveOne Gold (Dentsply Maillefer, Suíça) sob irrigação com hipoclorito de sódio a 2,5%. A camada de lama dentinária, também conhecida como *smear layer*, foi removida por meio de irrigação final com EDTA a 17% e ativação com o dispositivo Easy Clean (Easy, Belo Horizonte, Brasil) por 60 segundos.

Finalmente, os canais radiculares foram irrigados com solução salina e secos com cones de papel absorvente estéreis (Dentsply Maillefer). O preenchimento dos canais radiculares MB e ML foi realizado com cones primários (WaveOne) utilizando AH Plus como cimento endodôntico (todos da Dentsply Maillefer). O dente foi temporariamente restaurado, radiografado e o paciente foi encaminhado para reabilitação protética. A radiografia periapical final evidenciou a conformidade com a anatomia do canal radicular mesial e o preenchimento dos canais radiculares seguindo os padrões endodônticos para um tratamento bem-sucedido (Fig. 5).

No final do tratamento endodôntico guiado, o paciente foi questionado sobre possíveis efeitos adversos e sua satisfação com o procedimento. Foram avaliados o nível de dor em uma escala de 0 a 10, a presença de aquecimento na região do dente, qualquer desconforto, sua confiança no procedimento e se recomendaria esse tipo de tratamento. O paciente relatou ausência de efeitos adversos, expressou satisfação com o tratamento, e suas respostas foram registradas no prontuário odontológico. Após um ano de acompanhamento, o dente permaneceu assintomático, com uma coroa protética bem adaptada, resultados negativos nos testes de percussão, e a radiografia demonstrou a integridade dos tecidos adjacentes (Fig. 5)

4.3 DISCUSSÃO E CONCLUSÃO

Este relato descreve um caso bem-sucedido de tratamento endodôntico pela técnica guiada em um molar mandibular com calcificação distrófica. Para alcançar os canais radiculares MB e ML em uma abertura bucal limitada, foram personalizadas duas guias específicas. Em vez de utilizar uma guia fechada, optou-se por um conceito inovador de design aberto para ambas as guias, o que facilitou a irrigação direta e a visualização da área de trabalho.

O tratamento endodôntico em molares com canais radiculares obliterados é desafiador devido à complexidade anatômica desses dentes e sua localização posterior. As raízes mesiais dos molares mandibulares são geralmente estreitas, curvadas e possuem dois canais muito próximos, o que dificulta o acesso endodôntico, especialmente quando há obliteração. No caso relatado, a calcificação distrófica dos canais radiculares mesiais se estendia até o terço médio das raízes, tornando o acesso endodôntico convencional arriscado, com alta probabilidade de desvio e perfuração na área de furca devido à inclinação do dente e ao estreitamento da raiz.

Até 2017, acreditava-se que a Endodontia guiada não seria viável em molares devido ao espaço limitado disponível na região posterior para a guia e a broca [22, 23]. No entanto, este relato demonstra como as estratégias adotadas no fluxo de trabalho CAD-CAM permitiram superar essas dificuldades. Recentemente, outros autores relataram a transição para a Endodontia guiada após perfurações radiculares ocorridas durante tentativas de acesso aos canais mesiais e distais de um molar com displasia dentinária do tipo 1 (DD1) em um paciente de 12 anos [5]. Diferentemente do caso descrito neste estudo, o dente com DD1 apresentava raízes retas e encurtadas, além de características de um único canal na raiz mesial. Nosso relato prova que a técnica de Endodontia guiada também pode ser eficaz em canais radiculares mesiais complexos e obliterados de molares mandibulares, oferecendo maior precisão e segurança.

Em 2016, van der Meer *et al.* propuseram um protocolo de planejamento digital para acesso endodôntico em dentes anteriores, inspirado nos protocolos de implantologia [24]. As guias fechadas se tornaram predominantes na Endodontia guiada provavelmente devido à transferência de tecnologia dos softwares de implantologia dentária [5, 25, 26]. No entanto, essas guias, que recobrem as coroas dos dentes, podem limitar o campo de visão e reduzir a eficiência da irrigação e da remoção de detritos durante a perfuração [27]. O uso de grandes janelas de verificação possibilita a melhor avaliação da adaptação correta da guia aos dentes. Misir *et al.* [27] demonstraram que as guias fechadas geram temperaturas significativamente mais altas em comparação com as técnicas clássicas de preparo durante a perfuração óssea. Eles sugeriram que essa diferença ocorre porque o design fechado impede que a solução de irrigação atinja adequadamente os locais de preparo [27]. A elevação da temperatura na superfície da raiz durante a perfuração pode causar danos ao ligamento periodontal e ao osso adjacente [28]. Além disso, as guias fechadas empregam uma ampla área de contato com os dentes adjacentes, o que demanda um alívio interno maior. Essas características podem prejudicar tanto a visualização do campo de trabalho quanto a estabilização da guia [29].

Para superar as limitações das guias tradicionais, desenvolvemos um conceito inovador de guia aberta, com hastes que contornam e se auto-travam nas coroas dos dentes. Esse design permitiu uma visualização direta e irrigação eficiente, tanto da broca quanto das novas entradas dos canais radiculares, favorecendo o resfriamento do instrumento e a remoção da *smear layer* durante o acesso guiado. Também criamos braços de trava que se encaixam no dente-alvo e nos dentes vizinhos. As hastes e os braços de trava foram projetados com uma folga mínima de 0,05 mm, garantindo o "auto travamento" da guia e aumentando sua estabilidade, evitando movimentos durante a perfuração. O auto-travamento ocorre entre as hastes e o equador da coroa do dente.

Recentemente, outros autores propuseram um design aberto e sem ameias para uma guia endodôntica destinada ao acesso a um pré-molar superior [30]. A guia proposta envolvia dentes de todo o arco superior, mas os autores observaram que esse design pode ser desconfortável para alguns pacientes e

difícil de usar na região molar. Em nosso caso, a guia endodôntica desenvolvida permitiu o acesso bem-sucedido aos canais radiculares MB e ML de um molar mandibular, envolvendo apenas quatro dentes vizinhos. Além disso, o design minimizou a interferência da língua e dos lábios do paciente. Mesmo com a participação de poucos dentes e folga reduzida, nosso design proporcionou precisão no eixo de inserção, adaptação e alta estabilidade. É importante destacar que a fusão das imagens CBCT e do scanner intraoral do paciente na fase CAD aumentou a precisão da guia endodôntica, conforme já relatado em estudos ex. vivo [31].

Na elaboração de guias endodônticas, a combinação de imagens CBCT e scanner intraoral permite uma intervenção mais previsível e segura [32]. Em comparação com as propostas que utilizam guias sem ameias e anilhas, optamos pelo uso de anilhas metálicas, pois elas direcionam adequadamente a broca, evitando o risco de danificar a resina das ameias devido ao superaquecimento ou perfurações indesejadas, como poderia ocorrer com orifícios simples para introdução da broca. A adaptação precisa entre a broca, a ameia e a anilha da guia impressa em 3D minimizam possíveis desvios do instrumento, que estão principalmente relacionados à profundidade e à angulação da perfuração [31].

Devido à abertura bucal limitada na região posterior, projetamos a base de resina da ameia com a forma de um semicilindro na parte superior para facilitar a inserção da broca. As guias utilizadas neste relato de caso mostraram-se altamente estáveis, dispensando mesmo o uso do pino de estabilização. Contudo, o pino de estabilização foi utilizado para evitar a necessidade de estabilização manual e minimizar possíveis interferências dos lábios ou da língua do paciente. Na região posterior, o risco de deslocamento da guia devido aos movimentos da mucosa bucal, músculos orais e língua é maior, por isso a fixação da guia é sempre recomendada.

Embora a técnica de Endodontia guiada aplicada neste caso apresente várias vantagens, ela possui algumas limitações, como a necessidade de treinamento prévio pois como qualquer técnica, a Endodontia guiada exige uma curva de aprendizado, ainda que rápida e direta. Outra limitação é a impossibilidade de realizar procedimentos de urgência, pois o método requer a realização prévia da CBCT e escaneamento intraoral. A exposição do paciente à radiação durante o CBCT também é uma preocupação. De acordo com as diretrizes da SEDENTEXCT [33], a CBCT não deve ser utilizado como método padrão para a análise da anatomia do canal radicular. Portanto, o uso da CBCT para Endodontia guiada deve ser reservado para indicações precisas, como em dentes multirradiculares com obliterações de canal, onde radiografias intraorais convencionais não fornecem informações suficientes sobre a anatomia para o estabelecimento de um plano de tratamento adequado. Por exemplo, a CBCT de volume limitado e alta resolução pode ser fundamental na identificação de relações com estruturas anatômicas críticas e no manejo de anatomias patológicas, como a calcificação distrófica [33].

O tratamento endodôntico guiado exige equipamentos e dispositivos específicos. No entanto, centros especializados de planejamento digital podem assumir o fluxo de trabalho CAD-CAM, eliminando a necessidade de os endodontistas adquirirem software, computadores e impressoras 3D. A maioria dos softwares, brocas e guias utilizados na Endodontia guiada são derivados da implantologia [34]. A broca de 1,3 mm, originalmente desenvolvida para implantes dentários, mostrou-se eficaz em diversos relatos de casos de Endodontia guiada [16]. Embora brocas de maior diâmetro sofram menor grau de flexão, é importante selecionar cuidadosamente o tamanho da broca para evitar a remoção excessiva de dentina, o que poderia comprometer a integridade do dente. Novos instrumentos específicos para Endodontia guiada estão sendo desenvolvidos, incluindo brocas de diâmetros menores [35]. Essas brocas devem apresentar resistência à flexão e serem compatíveis com guias que tenham folga mínima para minimizar desvios. Além disso, o design e a parte ativa das brocas ainda são pouco explorados na literatura. Alguns instrumentos têm partes ativas longas, o que pode dificultar seu uso em dentes como os molares.

Ao planejar o acesso endodôntico guiado, é fundamental considerar o tipo de tecido a ser perfurado. Esmalte, dentina, osso e materiais dentários podem exigir brocas específicas para cada situação. Neste caso clínico, o uso de dois modelos independentes permitiu um acesso seguro aos dois canais mesiais do molar mandibular, reduzindo o risco de acidentes como perfurações e cortes excessivos nas paredes do canal radicular. O tempo de trabalho, que poderia levar horas ou até várias sessões, foi reduzido para apenas 10 minutos no acesso aos canais radiculares mesiais. Após um ano de acompanhamento, o tratamento endodôntico foi considerado um sucesso. A paciente ficou surpresa com a rapidez do acesso proporcionado pela Endodontia guiada em comparação com a técnica convencional utilizada no canal distal. Não houve queixas de desconforto relacionado ao pino de fixação. Pelo contrário, a paciente relatou estar confortável e satisfeita com a abordagem inovadora.

A Endodontia guiada foi inicialmente proposta para casos de dentes anteriores com anomalias dentárias ou metamorfose cálcica da polpa. No entanto, nosso relato de caso demonstrou que essa técnica pode ser igualmente eficaz para acessar canais radiculares obliterados em situações mais complexas, como nos canais mesiais de molares mandibulares. O planejamento digital para o tratamento de um molar mandibular com calcificação distrófica reforça a Endodontia guiada como uma abordagem personalizada. O conhecimento detalhado da anatomia e a criatividade no design dos modelos permitiram alcançar automação, segurança e precisão no acesso aos canais radiculares, mesmo em uma região com abertura bucal limitada. O 'futuro digital' promete aumentar ainda mais o sucesso dos tratamentos endodônticos.

REFERÊNCIAS

1. Kfir A, Telishevsky-Strauss Y, Leitner A, Metzger Z. The diagnosis and conservative treatment of a complex type 3 dens invaginatus using cone beam computed tomography (CBCT) and 3D plastic models. *Int Endod J*. 2013;46(3):275–88.
2. McCabe PS, Dummer PM. Pulp canal obliteration: an endodontic diagnosis and treatment challenge. *Int Endod J*. 2012;45(2):177–97.
3. Clark D, Levin L. Prognosis and complications of mature teeth after lateral luxation: a systematic review. *J Am Dent Assoc*. 2019;150(8):649–55.
4. Kapferer-Seebacher I, Schnabl D, Zschocke J, Pope FM. Dental manifestations of Ehlers–Danlos syndromes: a systematic review. *Acta Derm Venereol*. 2020;100(7):adv00092.
5. Krug R, Volland J, Reich S, Soliman S, Connert T, Krastl G. Guided endodontic treatment of multiple teeth with dentin dysplasia: a case report. *Head Face Med*. 2020;16(1):27.
6. Bauss O, Neter D, Rahman A. Prevalence of pulp calcifications in patients with Marfan syndrome. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*. 2008;106(6):e56-61.
7. Goga R, Chandler NP, Oginni AO. Pulp stones: a review. *Int Endod J*. 2008;41(6):457–68. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2591.2008.01374.x>.
8. Velmurugan N, Kasabwala KA, Saumya-Rajesh P, Ashritha M. Pulp canal obliteration: a review. *J Oper Dent Endod*. 2020;5:6–11.
9. Maeda H. Aging and senescence of dental pulp and hard tissues of the tooth. *Front Cell Dev Biol*. 2020;8:605996.

10. Estrela C, Decurcio DDA, Rossi-Fedele G, Silva JA, Guedes OA, Borges ÁH. Root perforations: a review of diagnosis, prognosis and materials. *Braz Oral Res.* 2018;32:e73. <https://doi.org/10.1590/1807-3107b-or-2018.vol32.0073>.
11. Mahmud KH, Iqbal MA, Talukder FH. Management of Calcific metamorphosis by conventional root canal treatment: a case report. *Update Dent Coll J.* 2020;10(2):21–5.
12. Gabardo MCL, Wambier LM, Rocha JS, Kuchler EC, de Lara RM, Leonardi DP, Sousa-Neto MD, Baratto-Filho F, Michel-Crosato E. Association between pulp stones and kidney stones: a systematic review and metaanalysis. *J Endod.* 2019;45(9):1099-1105.e2.
13. Jannati R, Afshari M, Moosazadeh M, Allahgholipour SZ, Eidy M, Hajihoseini M. Prevalence of pulp stones: a systematic review and meta-analysis. *J Evid Based Med.* 2019;12(2):133–9.
14. McClammy TV. Endodontic applications of cone beam computed tomography. *Dent Clin North Am.* 2014;58(3):545–59.
15. Kahn CE Jr, Langlotz CP, Channin DS, Rubin DL. Informatics in radiology: an information model of the DICOM standard. *Radiographics.* 2011;31(1):295–304.
16. Kamio T, Suzuki M, Asaumi R, Kawai T. DICOM segmentation and STL creation for 3D printing: a process and software package comparison for osseous anatomy. *BMC 3D Print Med.* 2020. <https://doi.org/10.1186/s41205-020-00069-2>.
17. Moreno-Rabié C, Torres A, Lambrechts P, Jacobs R. Clinical applications, accuracy and limitations of guided endodontics: a systematic review. *Int Endod J.* 2020;53(2):214–31.

18. Vehkalahti MM, Swanljung O. Accidental perforations during root canal treatment: an 8-year nationwide perspective on healthcare malpractice claims. *Clin Oral Investig*. 2020;24(10):3683–90.
19. Maia LM, de Carvalho MV, da Silva NRFA, Brito Júnior M, da Silveira RR, Moreira Júnior G, Ribeiro Sobrinho AP. Case reports in maxillary posterior teeth by guided endodontic access. *J Endod*. 2019;45(2):214–8.
20. Riley DS, Barber MS, Kienle GS, Aronson JK, von Schoen-Angerer T, Tugwell P, Kiene H, Helfand M, Altman DG, Sox H, Werthmann PG, Moher D, Rison RA, Shamseer L, Koch CA, Sun GH, Hanaway P, Sudak NL, Kaszkin-Bettag M, Carpenter JE, Gagnier JJ. CARE guidelines for case reports: explanation and elaboration document. *J Clin Epidemiol*. 2017;89:218–35.
21. Patel S, Brown J, Semper M, Abella F, Mannocci F. European Society of Endodontology position statement: use of cone beam computed tomography in Endodontics: European Society of Endodontology (ESE) developed by. *Int Endod J*. 2019;52(12):1675–8.
22. Fonseca Tavares WL, Diniz Viana AC, de Carvalho MV, Feitosa Henriques LC, Ribeiro Sobrinho AP. Guided endodontic access of calcified anterior teeth. *J Endod*. 2018;44(7):1195–9.
23. Connert T, Zehnder MS, Weiger R, Kühl S, Krastl G. Microguided endodontics: accuracy of a miniaturized technique for apically extended access cavity preparation in anterior teeth. *J Endod*. 2017;43(5):787–90.
24. van der Meer WJ, Vissink A, Ng YL, Gulabivala K. 3D Computer aided treatment planning in endodontics. *J Dent*. 2016;45:67–72.
25. Zehnder MS, Connert T, Weiger R, Krastl G, Kühl S. Guided endodontics: accuracy of a novel method for guided access cavity preparation and root canal location. *Int Endod J*. 2016;49(10):966–72.

26. Lara-Mendes STO, Barbosa CFM, Santa-Rosa CC, Machado VC. Guided endodontic access in maxillary molars using cone-beam computed tomography and computer-aided design/computer-aided manufacturing system: a case report. *J Endod*. 2018;44(5):875–9.
27. Misir AF, Sumer M, Yenisey M, Ergioglu E. Effect of surgical drill guide on heat generated from implant drilling. *J Oral Maxillofac Surg*. 2009;67(12):2663–8.
28. Hussey DL, Biagioni PA, McCullagh JJ, Lamey PJ. Thermographic assessment of heat generated on the root surface during post space preparation. *Int Endod J*. 1997;30(3):187–90.
29. Perez C, Finelle G, Couvrechel C. Optimisation of a guided endodontics protocol for removal of fibre-reinforced posts. *Aust Endod J*. 2020;46(1):107–14.
30. Torres A, Lerut K, Lambrechts P, Jacobs R. Guided endodontics: use of a sleeveless guide system on an upper premolar with pulp canal obliteration and apical periodontitis. *J Endod*. 2021;47(1):133–9.
31. Buchgreitz J, Buchgreitz M, Mortensen D, Bjørndal L. Guided access cavity preparation using cone-beam computed tomography and optical surface scans: an ex vivo study. *Int Endod J*. 2016;49(8):790–5.
32. Anderson J, Wealleans J, Ray J. Endodontic applications of 3D printing. *Int Endod J*. 2018;51(9):1005–18.
33. The SEDENTEXCT consortium. Radiation protection No 172. Cone beam CT for dental and maxillofacial radiology. Evidence based guidelines. <https://www.seden texct. eu/ conte nt/ guidelines- cbct- dental- and- maxil lofac ial- radio logy. htm>. Accessed 01 January 2022
34. Ahn SY, Kim NH, Kim S, Karabucak B, Kim E. Computer-aided design/computer-aided manufacturing-guided endodontic surgery: guided osteotomy

and apex localization in a mandibular molar with a thick buccal bone plate. *J Endod.* 2018;44(4):665–70.

35. Loureiro MAZ, Silva JA, Chaves GS, Capeletti LR, Estrela C, Decurcio DA. Guided endodontics: the impact of new technologies on complex case solution. *Aust Endod J.* 2021. <https://doi.org/10.1111/aej.12498>

CAPÍTULO 5

DISCUSSÃO GERAL E CONCLUSÕES DA TESE

5.1 DISCUSSÃO GERAL

Nesta tese, abordamos de maneira abrangente os desafios enfrentados nos tratamentos endodônticos, ressaltando como as técnicas de navegação guiada oferecem soluções eficazes e seguras para superá-los, ampliando as opções terapêuticas e elevando as taxas de sucesso. Exploramos detalhadamente as modalidades de navegação guiada, tanto estática (TGE) quanto dinâmica (TND), e discutimos o impacto revolucionário que tecnologias emergentes, como Inteligência Artificial (IA), Realidade Virtual (RV), Realidade Aumentada (RA) e Robótica, prometem trazer para o futuro da Endodontia. Esta pesquisa demonstra que o tratamento endodôntico guiado é uma abordagem personalizada e altamente eficaz, proporcionando segurança, reduzindo os riscos de perfuração radicular e diminuindo o tempo de trabalho. Além disso, contribui significativamente para a qualidade de vida tanto do cirurgião-dentista quanto do paciente. Os quatro capítulos da tese se complementam, oferecendo uma visão técnica e prática do uso das técnicas guiadas, com ênfase na técnica estática.

Nos primeiros e segundos capítulos desta tese, realizamos uma revisão de literatura sobre "Os Desafios da Endodontia Contemporânea" e uma revisão de escopo sobre "O Estado da Arte da Endodontia Guiada". Essas revisões evidenciaram a estagnação nos excelentes resultados dos tratamentos endodônticos ao longo das últimas décadas, especialmente quando confrontados com situações complexas, como o tratamento de dentes com canais não identificados ou obliterações nos canais radiculares, entre outros fatores que aumentam o risco de insucessos e iatrogenias, principalmente em tratamentos endodônticos convencionais realizados por técnica manual livre [1-6]. Nos relatos de caso apresentados nos capítulos 3 e 4, exploramos as estratégias que a TGE oferece para superar alguns desses desafios. Os resultados apresentados nesses relatos corroboram com a literatura existente, que destaca

a crescente relevância das técnicas de navegação guiada em tratamentos endodônticos complexos.

A revisão de escopo da literatura, apresentada no capítulo 2, revelou a crescente popularidade das técnicas guiadas globalmente, com o Brasil se destacando como líder em publicações sobre o tema. Foram mapeados 181 estudos observacionais e experimentais que analisaram as especificidades técnicas relacionadas à criação de imagens, planejamento CAD/CAM e desenho de guias, assim como os cuidados com o paciente para maior segurança e estabilidade dos procedimentos guiados. A evolução da técnica guiada foi apresentada em um breve histórico que percorre os primeiros experimentos sobre a acurácia no acesso ao ápice radicular em mandíbulas secas, realizados por Pinsky *et al.* em 2007^[7], passando pelo primeiro acesso guiado ao canal lateral de um incisivo com *dens invaginatus* por Kfir *et al.*, em 2013^[8], e se estende a uma variedade e complexidade ainda maiores incluindo o tratamento endodôntico guiado de dentes posteriores^[9,10], a resolução de iatrogenias^[9-16], o tratamento de canais obliterados por calcificações distróficas^[17-26] ou com pinos de fibra de vidro^[27-35], com complexidades anatômicas^[28,36-39] e dilacerações radiculares^[40,41], entre outros. As cirurgias periapicais também foram beneficiadas pela aplicação da técnica guiada, trazendo maior segurança a procedimentos de alto risco, como a apicectomia em proximidade com o nervo alveolar inferior, nervo mental, seio maxilar, artéria palatina e raízes de dentes adjacentes^[27-53]. As vantagens promissoras das tecnologias guiadas incluem maior acurácia, rapidez, menor formação de calor e menor remoção de tecido dentinário^[54-58].

Os dois relatos de casos apresentados nesta tese demonstraram a alta precisão e os resultados consistentes e impressionantes alcançados com a Endodontia Guiada. O primeiro estudo de caso destacou os benefícios dessa abordagem, envolvendo um paciente do sexo masculino que buscou tratamento devido à dor pós-operatória após uma tentativa malsucedida de retratamento de seu primeiro molar inferior direito. O tratamento desse molar mandibular, que apresentava calcificação distrófica nos canais mesiais, foi descrito

detalhadamente, oferecendo *insights* sobre os desafios diagnósticos e as estratégias terapêuticas adotadas para garantir o sucesso. A tomografia computadorizada de feixe cônico (CBCT) revelou uma lesão significativa na raiz mesial, localizada próxima ao canal mandibular e ao forame mental. A criação de um biomodelo acrílico 3D permitiu o estudo das relações anatômicas entre a lesão, os ápices e o nervo, além de viabilizar o treinamento pré-cirúrgico e oferecer uma melhor orientação ao paciente. Essa etapa, também citada por Byun et al., Santiago et al. e Yan et al., mostrou-se fundamental nos tratamentos guiados em situações complexas, favorecendo uma visualização aprimorada e proporcionando maior segurança ao cirurgião, à equipe e ao paciente [10,40,59]. Nesse contexto, utilizou-se com sucesso um modelo único impresso em 3D para guiar a remoção do pino de fibra de vidro no canal distal, além de realizar osteotomia/apicectomia da raiz mesial em um único passo, planejados através do fluxo de trabalho CAD-CAM. A cirurgia guiada demonstrou ser precisa e eficiente em termos de tempo, reduzindo a necessidade de procedimentos invasivos e minimizando o risco de lesões nos feixes neurovasculares. O acompanhamento realizado ao longo de 12 meses evidenciou uma excelente cicatrização da lesão óssea, consolidando os benefícios a longo prazo da abordagem guiada na prática clínica endodôntica.

No segundo relato de caso, destacamos as estratégias inovadoras utilizadas para o tratamento endodôntico guiado de outro molar mandibular com calcificação distrófica nos canais mesiais, com indicação protética. A tentativa inicial de abordagem manual livre revelou-se arriscada, resultando em desvio para a área de furca e risco de trepanação radicular. Os estudos experimentais de Zubizarreta-Macho *et al.* [60] corroboram essa situação, demonstrando que a técnica guiada oferece maior precisão e segurança em comparação à técnica manual. Com o uso de duas guias endodônticas projetadas digitalmente, foi possível superar as limitações impostas pela obliteração dos canais e pela abertura bucal restrita, alcançando resultados previsíveis e minimizando complicações. Apesar das condições desafiadoras apresentadas nas imagens radiográficas, como a obliteração aparente dos canais mesiobucal e mesiolingual, a ausência de coroa dental e a inclinação do dente com abertura

bucal limitada, que dificultavam a identificação visual adequada dos lúmens remanescentes, o planejamento digital e o acesso guiado estabeleceram uma base sólida para superar as limitações do caso. Utilizando o fluxo de trabalho CAD-CAM, foram desenvolvidos dois modelos distintos de guias endodônticas, apresentando um novo conceito de design aberto. As guias abertas não dependem de grandes áreas de contato com os dentes vizinhos, evitando possíveis erros de escaneamento ou imperfeições na impressão e garantindo maior precisão^[61-62]. Nossas guias abertas permitiram a visualização direta do campo operatório, a refrigeração e remoção eficaz de debris sem a necessidade de remoção da guia. A estratégia de criação de ameias nas guias, configuradas como semicilindros, foi crucial para facilitar a inserção da broca em uma região de abertura bucal limitada. Como resultado, o tratamento endodôntico guiado possibilitou o restabelecimento da patência dos canais e um tratamento eficaz.

Apesar dos excelentes resultados da TGE, a revisão de escopo revelou que essa técnica não é adequada para todos os casos. Suas limitações incluem a dificuldade em tratar canais obstruídos em curvaturas acentuadas e anatomia complexa, como canais em forma de "C" ^[14,56]. A técnica pode ser inviável em pacientes com abertura bucal limitada ^[56] e não é recomendada para situações de urgência endodôntica, devido ao tempo necessário para o planejamento. Além disso, a abordagem estática requer várias etapas e cuidados, o que pode resultar em erros acumulados e iatrogenias. Pacientes com aparelhos ortodônticos fixos devem removê-los antes das imagens de CBCT, pois esses dispositivos geram artefatos que comprometem a qualidade das imagens^[63]. Já aqueles com alinhadores ou aparelhos móveis devem mantê-los sem aplicação de forças para evitar alterações na posição dental que possam afetar a precisão do guia. Nos casos de dentes móveis por doença periodontal, é essencial tratar a condição periodontal e avaliar a necessidade de "*esplintagem*" antes de iniciar a Endodontia guiada. A imobilização periodontal pode ser realizada com tiras de fibra de vidro e resinas compostas fluidas, substituindo os retentores metálicos^[64] limitando a movimentação dental, o que favorece a visualização das estruturas coronárias na CBCT. Outra limitação significativa da Endodontia guiada estática é que restaurações adicionais ou alterações no tratamento após o início do

planejamento são contraindicadas, pois podem comprometer a adaptação e a eficácia do guia^[14].

As desvantagens da TGE podem ser amplamente superadas pela Técnica Guiada de Navegação Dinâmica (TGD), que oferece maior flexibilidade, permitindo ajustes no planejamento em tempo real, sem a necessidade de novo CBCT ou guias, como ocorre com a TGE^[65]. Duas revisões sistemáticas recentes, citadas na revisão de escopo, destacaram a eficácia da navegação dinâmica em situações clínicas desafiadoras, como preparo de cavidade de acesso, desobstrução de canal radicular, retratamento endodôntico e microcirurgia^[66,67]. Contudo, é fundamental interpretar esses resultados com cautela, devido à limitada qualidade das evidências disponíveis. A TGD apresenta suas próprias limitações, como a necessidade de adaptações significativas no fluxo de trabalho clínico, além de exigir treinamento adequado para o manuseio correto do dispositivo e os altos custos de aquisição do sistema o que pode limitar sua disseminação em algumas regiões^[68]. Além disso, a curva de aprendizado é íngreme, especialmente na técnica dinâmica, o que exige investimentos em treinamento.

Outro ponto que merece destaque é que os instrumentos utilizados na navegação guiada ainda têm limitações, pois atualmente permitem apenas o desgaste das áreas retas dos canais radiculares, evidenciando a necessidade de avanços nessa área. Ao contrário da navegação estática, a TGD não é independente do dentista, requerendo experiência para a realização precisa dos atos operatórios, especialmente por envolver a visualização em um monitor em vez de diretamente no paciente. Além disso, alguns sistemas disponíveis são volumosos e pouco práticos, especialmente em áreas restritas, como os dentes posteriores^[56,69,70]. A escolha entre os diversos sistemas de navegação dinâmica pode ser desafiadora, pois cada um apresenta suas vantagens e desvantagens, e ainda não há uma comparação precisa entre eles em termos de acurácia^[66,69,70]. Avanços tecnológicos visam superar essas limitações com uma nova geração de sistemas que não requerem o uso de *stents* de material termoplástico com marcadores fiduciais radiográfico^[66,71]. O novo sistema de

registro de rastreamento de segunda geração utiliza uma ferramenta para mapear pontos de referência no maxilar do paciente a partir da CBCT pré-existente^[66,71]. Essa abordagem permite recalibração e rastreamento em tempo real, corrigindo imprecisões e eliminando a necessidade de varreduras CBCT adicionais, o que reduz a exposição à radiação, custos e o tempo associado à fabricação do *stent*, melhorando a qualidade clínica e a viabilidade do tratamento^[66]. Ademais, é necessário realizar estudos clínicos adicionais para avaliar a eficácia dos sistemas dinâmicos entre diferentes operadores, incluindo aqueles com menor habilidade, a fim de comparar a precisão dos sistemas disponíveis atualmente^[66,67].

Na revisão de escopo, apresentamos a evolução natural das técnicas guiadas, agora integradas a tecnologias emergentes, que prometem um avanço significativo para os tratamentos endodônticos^[72-74]. Dispositivos de Realidade Aumentada (RA) podem projetar imagens virtuais do sistema, mantendo a visibilidade do campo terapêutico^[75]. Simuladores virtuais, como o Voxel-Man, oferecem prática sem riscos e feedback, adaptando-se a diferentes níveis de habilidade, com visualização estereoscópica e registro dos procedimentos para análise posterior, demonstrando alta eficácia como ferramentas educacionais^[76,77]. Dispositivos de RA, como o HoloLens, possibilitam apresentar planos terapêuticos de forma interativa aos pacientes, reduzindo a ansiedade e aumentando a confiança no sucesso da operação. A combinação de RA com modelos cirúrgicos 3D facilita a escolha da abordagem cirúrgica ideal, representando uma inovação significativa na cirurgia apical, com potencial para técnicas minimamente invasivas^[78]. Dolega-Dolegowski *et al.*^[79] mostraram a segurança na identificação do assoalho da câmara pulpar com um sistema baseado em tomografia computadorizada exibido no HoloLens 2, permitindo uma realização virtual do tratamento endodôntico. Embora a RA ofereça benefícios, limitações como a falta de imagem em tempo real ainda necessitam de abordagem convencional após a marcação do ponto de posicionamento para a trefina^[80]. A calibração precisa de modelos virtuais é fundamental para a sobreposição de informações digitais durante os procedimentos cirúrgicos, aumentando precisão e eficiência. No entanto, desafios como atrasos e

imprecisões na sobreposição podem prolongar o tempo cirúrgico, demandando melhorias no software e na qualidade dos dados de CBCT para otimizar a eficácia da RA em Endodontia^[81].

A robótica, ao combinar engenharia, eletrônica, ciência da computação e inteligência artificial, cria sistemas que interagem com o ambiente físico de forma precisa. Embora os primeiros passos da aplicação clínica de técnicas de RA tenham sido observados^[70], a Inteligência Artificial e a Robótica ainda estão em estágios iniciais, exigindo mais pesquisas antes de se tornarem práticas diárias^[81]. Na revisão de escopo incluímos duas Revisão Sistemáticas^[82,83] que aprofundam o conhecimento em robótica e IA na odontologia, com quatro estudos focando especificamente na robótica em Endodontia (Gulrez et al., 2010^[84]; Dong & Everett, 2007^[85]; Dong & Hong, 2010^[86]; Hwang et al., 2019^[87]). Dentre eles, o estudo de Hwang et al.^[87] apresenta a aplicação mais viável de robôs na Endodontia. Os robôs antimicrobianos catalíticos (CARs), que utilizam nanopartículas de óxido de ferro, são eficazes na remoção de biofilmes. Com plataformas biohíbridas e moldadas em 3D, esses robôs têm mostrado eficiência na remoção controlada de biomassa. Os CARs, projetados para tarefas específicas, como as palhetas que removem biofilmes de paredes curvas, podem acessar áreas do canal radicular, proporcionando tratamentos mais precisos. Controlados por magnetismo, eles oferecem limpeza e perfuração eficazes, moldando o presente da Endodontia e prometendo um futuro inovador^[87]. Na Endodontia Robótica, sistemas robóticos auxiliam ou realizam etapas do tratamento de canal, promovendo movimentos precisos e repetitivos que minimizam erros humanos e melhoram os resultados clínicos^[88]. No entanto, essas tecnologias requerem habilidade técnica, apresentam uma curva de aprendizado desafiadora e necessitam de um grande investimento para sua realização^[89].

Essa tese apresenta limitações impostas pela metodologia empregada em seus estudos. A revisão de literatura apresenta limitações em relação à abrangência dos artigos analisados, uma vez que nem todas as publicações relevantes podem ter sido incluídas, o que pode resultar em uma visão parcial

do estado atual da pesquisa em Endodontia guiada. Além disso, a qualidade dos estudos disponíveis varia, com muitos apresentando amostras pequenas ou metodologias não padronizadas, o que pode afetar a robustez das conclusões. Outra limitação importante é a falta de investigação sobre o uso da inteligência artificial e realidade aumentada em outras aplicações da Endodontia guiada. Algoritmos de inteligência artificial podem auxiliar na tomada de decisões clínicas e melhorar diagnósticos, enquanto a realidade aumentada pode oferecer benefícios em várias áreas da Endodontia. Além disso, uma busca na base de dados da PubMed não revelou análises econômicas relacionadas às técnicas guiadas ou à robótica na Endodontia, evidenciando a necessidade urgente de estudos que avaliem os custos reais dessas abordagens. Esses estudos são essenciais para compreender a relação custo-benefício e fornecer informações cruciais para decisões clínicas e políticas de saúde. Também é fundamental comparar as técnicas guiadas e robóticas com métodos tradicionais em termos de eficiência e resultados a longo prazo, contribuindo para a adoção mais ampla dessas tecnologias e promovendo melhores resultados clínicos e sustentabilidade econômica.

A revisão de escopo apresenta limitações relacionadas à inclusão e à qualidade dos estudos analisados. Um aspecto inerente às revisões de literatura é que, ao serem publicadas, muitas vezes já refletem um estado de conhecimento desatualizado, uma vez que novos estudos podem ser divulgados continuamente. A revisão de escopo incorre no risco de oferecer uma análise superficial dos estudos incluídos, limitando-se a descrever e categorizar a literatura sem realizar uma avaliação crítica detalhada da qualidade dos estudos. Isso pode resultar na inclusão de pesquisas com metodologias variadas e, às vezes, de baixa qualidade. Além disso, a falta de uniformidade entre os estudos pode dificultar a comparação e síntese das evidências. Embora identifique áreas amplas de pesquisa, a revisão de escopo pode não destacar de maneira detalhada as lacunas existentes ou oferecer recomendações práticas e conclusões acionáveis. A grande quantidade de literatura reunida pode tornar a organização e interpretação dos dados desafiadores e, como a revisão de escopo não se incumbe de realizar uma avaliação crítica profunda, não fornece

informações conclusivas sobre a eficácia ou impacto das intervenções ou abordagens estudadas, e suas conclusões são limitadas pela disponibilidade e qualidade dos estudos existentes^[90-93].

Para mitigar as limitações da revisão de escopo, adotamos uma abordagem sistemática e abrangente na seleção e análise dos estudos. Utilizamos cinco bases de dados científicas e periódicos relevantes, incluindo a ProQuest Dissertations & Theses Global, conhecida por sua vasta coleção de dissertações e teses, uma significativa fonte de conhecimento acadêmico não facilmente acessível por meios convencionais. Além disso, ampliamos o escopo linguístico ao incluir estudos em diversos idiomas, como chinês^[94] e húngaro^[95], utilizando ferramentas de tradução automática (Google Tradutor) para assegurar a inclusão de informações pertinentes. Finalmente, documentamos de maneira transparente todo o processo de pesquisa e seleção, facilitando a replicação e a avaliação crítica da revisão. Essa dinâmica ressalta a importância de continuar realizando revisões futuras, dado que o tema das técnicas guiadas em Endodontia está sendo amplamente investigado na atualidade.

Os relatos de caso apresentados demonstraram a aplicação prática da TGE em situações clínicas complexas envolvendo molares e áreas anatômicas críticas. No entanto, a generalização desses resultados é limitada, pois cada caso clínico possui particularidades e desafios únicos. O acompanhamento contínuo e o uso de metodologias experimentais com grupos controle são necessários para compreender melhor as diferenças entre as técnicas guiadas. Embora os relatos mostrem resultados positivos, é importante que mais estudos clínicos controlados sejam realizados para validar as conclusões e expandir o conhecimento sobre a eficácia das técnicas guiadas em diversos contextos clínicos.

As implicações clínicas da Endodontia Guiada são significativas. Essa abordagem, ao oferecer tratamentos mais precisos e menos invasivos, representa um avanço importante, especialmente em casos complexos. Tecnologias como CBCT, CAD-CAM e impressão 3D não apenas aprimoram a

precisão dos procedimentos, mas também minimizam riscos de complicações, promovendo uma recuperação mais rápida e eficaz. Os resultados desta pesquisa sublinham a importância de um treinamento especializado para dentistas que desejam implementar essas técnicas, melhorando não apenas os resultados clínicos, mas também a satisfação dos pacientes. Tecnologias emergentes, como inteligência artificial e robótica, têm o potencial de revolucionar ainda mais a Endodontia, integrando aprendizado de máquina para otimizar o planejamento e a execução dos procedimentos. Pesquisas contínuas são essenciais para explorar novas aplicações e aprimorar as técnicas existentes. O futuro da Endodontia Guiada promete avanços significativos com a integração dessas inovações, tornando tratamentos complexos mais acessíveis e previsíveis.

Recomenda-se que dentistas considerem a implementação de técnicas de navegação guiada em sua prática clínica, apoiando-se nas evidências apresentadas. A realização de treinamentos específicos sobre o uso dessas tecnologias pode facilitar sua adoção e maximizar os benefícios para os pacientes. Esta tese enfatiza a busca por padrões mais elevados de sucesso odontológico, mostrando que a Endodontia Guiada oferece resultados positivos consistentes e promove uma cultura de aprimoramento contínuo na prática clínica. Por fim, incentivar a pesquisa e a democratização das tecnologias emergentes é fundamental para garantir seu amplo acesso e aplicação, contribuindo para a elevação dos padrões de cuidado e avanço da Endodontia como um campo inovador e eficaz.

5.2 CONCLUSÃO

Esta tese marca um avanço na investigação das Técnicas de Navegação Guiada na Endodontia, abordando os desafios da prática clínica e inovações que podem transformar o cenário endodôntico. A análise do estado da arte e os estudos de caso demonstram a eficácia da Endodontia Guiada em situações complexas, contribuindo significativamente para o campo. A combinação de tecnologias avançadas com planejamento digital oferece soluções viáveis para os desafios da anatomia complexa e limitações dos métodos tradicionais, resultando em melhores desfechos para os pacientes e elevando os padrões de cuidado. A revisão de escopo esclareceu as aplicações, vantagens e desvantagens dessas técnicas, alinhando-as às demandas atuais da odontologia. Os objetivos foram alcançados, destacando a importância das navegações estática e dinâmica, assim como a incorporação de tecnologias como Inteligência Artificial, Realidade Aumentada e Robótica. A tomografia CBCT é fundamental para a precisão da anatomia radicular e a elaboração de planos de tratamento eficazes, enquanto o fluxo de trabalho CAD-CAM e a impressão 3D mostram potencial em guiar procedimentos clínicos com segurança. Os estudos de caso confirmam a eficácia da Endodontia Guiada, validando sua importância na prática clínica baseada em evidências. No entanto, a implementação dessas tecnologias exige investimentos e treinamento, representando um obstáculo para muitos profissionais. É crucial continuar a pesquisa e o desenvolvimento para promover uma adoção mais ampla das técnicas guiadas na prática clínica diária.

Concluimos que a Endodontia Guiada representa uma evolução significativa nos tratamentos endodônticos, oferecendo soluções mais seguras e eficazes. À medida que avançamos, é essencial manter o compromisso com a inovação e a excelência, garantindo o melhor atendimento possível aos nossos pacientes.

REFERÊNCIAS

1. Mazzi-Chaves JF, Leoni GB, Oliveira JS, Silva-Sousa YTC, Silva RG, Pauwels R, et al. Influence of anatomical features in the endodontic treatment planning of maxillary anterior teeth. *Braz oral res* [Internet]. 2022;36:e005. Available from: <https://doi.org/10.1590/1807-3107BOR-2022.vol36.0005>.
2. Ng YL, Mann V, Rahbaran S, Lewsey J, Gulabivala K. Outcome of primary root canal treatment: systematic review of the literature -- Part 2. Influence of clinical factors. *Int Endod J*. 2008 Jan;41(1):6-31. doi: 10.1111/j.1365-2591.2007.01323.x. Epub 2007 Oct 10. PMID: 17931388.
3. Ng YL, Gulabivala K. Factors that influence the outcomes of surgical endodontic treatment. *Int Endod J*. 2023 Mar;56 Suppl 2:116-139. doi: 10.1111/iej.13896. Epub 2023 Feb 13. PMID: 36710526.
4. Ng YL, Mann V, Gulabivala K. Tooth survival following non-surgical root canal treatment: a systematic review of the literature. *Int Endod J*. 2010 Mar;43(3):171-89. doi: 10.1111/j.1365-2591.2009.01671.x. PMID: 20158529.
5. López-Valverde, I., Vignoletti, F., Vignoletti, G. et al. Long-term tooth survival and success following primary root canal treatment: a 5- to 37-year retrospective observation. *Clin Oral Invest* 27, 3233–3244 (2023). <https://doi.org/10.1007/s00784-023-04938-y>.
6. Setzer F, Harley M, Cheung J, Karabucak B. Possible Causes for Failure of Endodontic Surgery - A Retrospective Series of 20 Resurgery Cases. *Eur Endod J*. 2021 Aug;6(2):235-241. doi: 10.14744/eej.2021.14238. PMID: 34650019; PMCID: PMC8461483.

7. Pinsky HM, Champleboux G, Sarment DP. Periapical surgery using CAD/CAM guidance: preclinical results. *J Endod*. 2007 Feb;33(2):148-51. doi: 10.1016/j.joen.2006.10.005. Epub 2006 Dec 13. PMID: 17258633.

8. Kfir A, Telishevsky-Strauss Y, Leitner A, Metzger Z. The diagnosis and conservative treatment of a complex type 3 dens invaginatus using cone beam computed tomography (CBCT) and 3D plastic models. *Int Endod J*. 2013 Mar;46(3):275-88. doi: 10.1111/iej.12013. Epub 2012 Nov 9. PMID: 23137215.

9. Buchgreitz J, Buchgreitz M, Bjørndal L. Guided Endodontics Modified for Treating Molars by Using an Intracoronal Guide Technique. *J Endod*. 2019 Jun;45(6):818-823. doi: 10.1016/j.joen.2019.03.010. Epub 2019 May 3. PMID: 31056301.

10. Santiago MC, Altoe MM, de Azevedo Mohamed CP, de Oliveira LA, Salles LP. 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*. 2022 Feb 11;22(1):37. doi: 10.1186/s12903-022-02067-8. PMID: 35148745; PMCID: PMC8832717.

11. Casadei BA, Lara-Mendes STO, Barbosa CFM, Araújo CV, de Freitas CA, Machado VC, Santa-Rosa CC. Access to original canal trajectory after deviation and perforation with guided endodontic assistance. *Aust Endod J*. 2020 Apr;46(1):101-106. doi: 10.1111/aej.12360. Epub 2019 Jul 2. PMID: 31267636.

12. Loureiro MAZ, Silva JA, Chaves GS, Capeletti LR, Estrela C, Decurcio DA. Guided endodontics: The impact of new technologies on complex case solution. *Aust Endod J*. 2021 Dec;47(3):664-671. doi: 10.1111/aej.12498. Epub 2021 Mar 3. PMID: 33660403.

13. Braga Diniz JM, Diniz Oliveira HF, Pinto Coelho RC, Manzi F, Silva FE, Carvalho Machado V, Ribeiro Sobrinho AP, Fonseca Tavares WL. Guided

Endodontic Approach in Teeth with Pulp Canal Obliteration and Previous Iatrogenic Deviation: A Case Series. *Iran Endod J.* 2022 Spring;17(2):78-84. doi: 10.22037/iej.v17i2.36830. PMID: 36704016; PMCID: PMC9868979.

14. Fonseca Tavares WL, de Oliveira Murta Pedrosa N, Moreira RA, Braga T, de Carvalho Machado V, Ribeiro Sobrinho AP, Amaral RR. Limitations and Management of Static-guided Endodontics Failure. *J Endod.* 2022 Feb;48(2):273-279. doi: 10.1016/j.joen.2021.11.004. Epub 2021 Nov 18. PMID: 34801590.

15. Shaban A, Elsewify TM, Hassaneina EE. Multiple Endodontic Guides for Root Canal Localization and Preparation in Furcation Perforations: A Report of Two Cases. *Iran Endod J.* 2023;18(1):65-70. doi: 10.22037/iej.v18i1.39498. PMID: 36751413; PMCID: PMC9900149.

16. Bordone A, Ciaschetti M, Perez C, Couvrechel C. Guided Endodontics in the Management of Intracanal Separated Instruments: A Case Report. *J Contemp Dent Pract.* 2022 Aug 1;23(8):853-856. doi: 10.5005/jp-journals-10024-3395. PMID: 37283022.

17. Fonseca Tavares WL, de Carvalho Machado V, Oliveira Fonseca F, Canal Vasconcellos B, Cruz Guimarães L, Diniz Viana AC, Feitosa Henriques LC. Guided Endodontics in Complex Scenarios of Calcified Molars. *Iran Endod J.* 2020 Winter;15(1):50-56. doi: 10.22037/iej.v15i1.26709. PMID: 36704320; PMCID: PMC9723215.

18. Ali, Afzal; Ishaq, Aasima; Jain, Payal¹; Ali, Sajid². Management of pulp canal obliteration using static-guided endodontic technique: Case series. *Saudi Endodontic Journal* 12(1):p 120-128, Jan–Apr 2022. | DOI: 10.4103/sej.sej_142_21.

19. Shi X, Zhao S, Wang W, Jiang Q, Yang X. Novel navigation technique for the endodontic treatment of a molar with pulp canal calcification

and apical pathology. *Aust Endod J.* 2018 Apr;44(1):66-70. doi: 10.1111/aej.12207. Epub 2017 Jun 23. PMID: 28643401.

20. Tchorz JP, Wrbas KT, Hellwig E. Guided endodontic access of a calcified mandibular central incisor using a software-based three-dimensional treatment plan. *Int J Comput Dent.* 2019;22(3):273-281. PMID: 31463491.

21. Hegde SG, Tawani G, Warhadpande M, Raut A, Dakshindas D, Wankhade S. Guided endodontic therapy: Management of pulp canal obliteration in the maxillary central incisor. *J Conserv Dent.* 2019 Nov-Dec;22(6):607-611. doi: 10.4103/JCD.JCD_21_20. Epub 2020 Aug 20. PMID: 33088075; PMCID: PMC7542072.

22. Maia LM, de Carvalho Machado V, da Silva NRFA, Brito Júnior M, da Silveira RR, Moreira Júnior G, Ribeiro Sobrinho AP. Case Reports in Maxillary Posterior Teeth by Guided Endodontic Access. *J Endod.* 2019 Feb;45(2):214-218. doi: 10.1016/j.joen.2018.11.008. Erratum in: *J Endod.* 2019 May;45(5):659. doi: 10.1016/j.joen.2019.03.005. PMID: 30711181.

23. Ishak G, Habib M, Tohme H, Patel S, Bordone A, Perez C, Zogheib C. Guided Endodontic Treatment of Calcified Lower Incisors: A Case Report. *Dent J (Basel).* 2020 Jul 8;8(3):74. doi: 10.3390/dj8030074. PMID: 32650552; PMCID: PMC7558261.

24. Doranala S, Vemisetty H, Punna R, Alwala AM. Endodontic Management of Canal Calcification in Maxillary Central Incisor Using 3D Prototyping Technique: A Case Report. *Journal of Advanced Oral Research.* 2020 March 16: p. 93-96. DOI:10.1177/2320206820901651Corpus ID: 216478145.

25. Bordone A, Couvrechel C. Treatment of obliterated root canals using various guided endodontic techniques: A case series. *Giornale Italiano di Endodonzia.* 2020: p. 23-34. <https://doi.org/10.32067/GIE.2020.34.01.06>.

26. Kaur, Gurveen; Venkatesh, Kondas Vijay; Sihivahanan, Dhanasekaran. Microguided endodontics: A case report of conservative approach for the management of calcified maxillary lateral incisors. *Saudi Endodontic Journal* 11(2):p 266-270, May–Aug 2021. | DOI: 10.4103/sej.sej_102_20

27. Amade ES, Novais VR, Roscoe MG, Azevedo FM, Bicalho AA, Soares CJ. Root dentin strain and temperature rise during endodontic treatment and post rehabilitation. *Braz Dent J.* 2013 Nov-Dec;24(6):591-8. doi: 10.1590/0103-6440201302268. PMID: 24474355.

28. Kfir A, Telishevsky-Strauss Y, Leitner A, Metzger Z. The diagnosis and conservative treatment of a complex type 3 dens invaginatus using cone beam computed tomography (CBCT) and 3D plastic models. *Int Endod J.* 2013 Mar;46(3):275-88. doi: 10.1111/iej.12013. Epub 2012 Nov 9. PMID: 23137215.

29. Hawkins TK, Wealleans JA, Pratt AM, Ray JJ. Targeted endodontic microsurgery and endodontic microsurgery: a surgical simulation comparison. *Int Endod J.* 2020 May;53(5):715-722. doi: 10.1111/iej.13243. Epub 2019 Nov 20. PMID: 31674678.

30. Perez C, Sayeh A, Etienne O, Gros CI, Mark A, Couvrechel C, Meyer F. Microguided endodontics: Accuracy evaluation for access through intraroot fibre-post. *Aust Endod J.* 2021 Dec;47(3):592-598. doi: 10.1111/aej.12524. Epub 2021 Apr 29. PMID: 33913573.

31. Zubizarreta-Macho Á, Castillo-Amature C, Montiel-Company JM, Mena-Álvarez J. Efficacy of Computer-Aided Static Navigation Technique on the Accuracy of Endodontic Microsurgery. A Systematic Review and Meta-Analysis. *J Clin Med.* 2021 Jan 15;10(2):313. doi: 10.3390/jcm10020313. PMID: 33467707; PMCID: PMC7830386.

32. Gonçalves WF, Garcia LDFR, Vieira-Schuldt DP, Bortoluzzi EA, Dias-Júnior LCL, Teixeira CDS. Guided Endodontics in Root Canals with Complex Access: Two Case Reports. *Braz Dent J.* 2021 Nov-Dec;32(6):115-123. doi: 10.1590/0103-6440202104537. PMID: 35019015.

33. Hawkins TK, Wealleans JA, Pratt AM, Ray JJ. Targeted endodontic microsurgery and endodontic microsurgery: a surgical simulation comparison. *Int Endod J.* 2020 May;53(5):715-722. doi: 10.1111/iej.13243. Epub 2019 Nov 20. PMID: 31674678.

34. Farajollahi M, Dianat O, Gholami S, Saber Tahan S. Application of an Endodontic Static Guide in Fiber Post Removal from a Compromised Tooth. *Case Rep Dent.* 2023 Sep 15;2023:7982368. doi: 10.1155/2023/7982368. PMID: 37745692; PMCID: PMC10516697.

35. Lara-Mendes STO, Barbosa CFM, Machado VC, Santa-Rosa CC. A New Approach for Minimally Invasive Access to Severely Calcified Anterior Teeth Using the Guided Endodontics Technique. *J Endod.* 2018 Oct;44(10):1578-1582. doi: 10.1016/j.joen.2018.07.006. Epub 2018 Aug 25. PMID: 30154005.

36. Ali A, Arslan H, Jethani B. Conservative management of Type II dens invaginatus with guided endodontic approach: A case series. *J Conserv Dent.* 2019 Sep-Oct;22(5):503-508. doi: 10.4103/JCD.JCD_30_20. Epub 2020 Aug 4. PMID: 33082671; PMCID: PMC7537742.

37. Ali A, Arslan H. Guided endodontics: a case report of maxillary lateral incisors with multiple dens invaginatus. *Restor Dent Endod.* 2019 Oct 21;44(4):e38. doi: 10.5395/rde.2019.44.e38. PMID: 31799166; PMCID: PMC6875541.

38. Mena-Álvarez J, Rico-Romano C, Lobo-Galindo AB, Zubizarreta-Macho Á. Endodontic treatment of dens evaginatus by performing a splint guided

access cavity. *J Esthet Restor Dent*. 2017 Nov 12;29(6):396-402. doi: 10.1111/jerd.12314. Epub 2017 Jul 6. PMID: 28681488.

39. Zubizarreta-Macho Á, Ferreiroa A, Agustín-Panadero R, Rico-Romano C, Lobo-Galindo AB, Mena-Álvarez J. Endodontic re-treatment and restorative treatment of a dens invaginatus type II through new technologies. *J Clin Exp Dent*. 2019 Jun 1;11(6):e570-e576. doi: 10.4317/jced.55840. PMID: 31346380; PMCID: PMC6645261.

40. Byun C, Kim C, Cho S, Baek SH, Kim G, Kim SG, Kim SY. Endodontic Treatment of an Anomalous Anterior Tooth with the Aid of a 3-dimensional Printed Physical Tooth Model. *J Endod*. 2015 Jun;41(6):961-5. doi: 10.1016/j.joen.2015.01.016. Epub 2015 Feb 27. PMID: 25732403.

41. Krastl G, Zehnder MS, Connert T, Weiger R, Kühl S. Guided Endodontics: a novel treatment approach for teeth with pulp canal calcification and apical pathology. *Dent Traumatol*. 2016 Jun;32(3):240-246. doi: 10.1111/edt.12235. Epub 2015 Oct 8. PMID: 26449290.

42. Ye S, Zhao S, Wang W, Jiang Q, Yang X. A novel method for periapical microsurgery with the aid of 3D technology: a case report. *BMC Oral Health*. 2018 May 10;18(1):85. doi: 10.1186/s12903-018-0546-y. PMID: 29747636; PMCID: PMC5946433.

43. Giacomino CM, Ray JJ, Wealleans JA. Targeted Endodontic Microsurgery: A Novel Approach to Anatomically Challenging Scenarios Using 3-dimensional-printed Guides and Trephine Burs-A Report of 3 Cases. *J Endod*. 2018 Apr;44(4):671-677. doi: 10.1016/j.joen.2017.12.019. Epub 2018 Feb 14. PMID: 29426644.

44. Ahn SY, Kim NH, Kim S, Karabucak B, Kim E. Computer-aided Design/Computer-aided Manufacturing-guided Endodontic Surgery: Guided Osteotomy and Apex Localization in a Mandibular Molar with a Thick Buccal Bone

Plate. *J Endod.* 2018 Apr;44(4):665-670. doi: 10.1016/j.joen.2017.12.009. Epub 2018 Jan 19. PMID: 29358006.

45. Antal M, Nagy E, Braunitzer G, Fráter M, Piffkó J. Accuracy and clinical safety of guided root end resection with a trephine: a case series. *Head Face Med.* 2019 Dec 21;15(1):30. doi: 10.1186/s13005-019-0214-8. PMID: 31861995; PMCID: PMC6925511.

46. Lai PT, Yang SF, Lin YM, Ho YC. Computer-aided design-guided endodontic microsurgery for a mandibular molar with hypercementosis. *J Formos Med Assoc.* 2019 Oct;118(10):1471-1472. doi: 10.1016/j.jfma.2019.06.007. Epub 2019 Jul 3. PMID: 31277917.

47. Popowicz W, Palatyńska-Ulatowska A, Kohli MR. Targeted Endodontic Microsurgery: Computed Tomography-based Guided Stent Approach with Platelet-rich Fibrin Graft: A Report of 2 Cases. *J Endod.* 2019 Dec;45(12):1535-1542. doi: 10.1016/j.joen.2019.08.012. Epub 2019 Oct 9. PMID: 31606146.

48. Kim D, Ku H, Nam T, Yoon TC, Lee CY, Kim E. Influence of Size and Volume of Periapical Lesions on the Outcome of Endodontic Microsurgery: 3-Dimensional Analysis Using Cone-beam Computed Tomography. *J Endod.* 2016 Aug;42(8):1196-201. doi: 10.1016/j.joen.2016.05.006. Epub 2016 Jun 20. PMID: 27339630.

49. Kim JE, Shim JS, Shin Y. A new minimally invasive guided endodontic microsurgery by cone beam computed tomography and 3-dimensional printing technology. *Restor Dent Endod.* 2019 Jul 25;44(3):e29. doi: 10.5395/rde.2019.44.e29. PMID: 31485425; PMCID: PMC6713074.

50. Sutter E, Lotz M, Rechenberg DK, Stadlinger B, Rücker M, Valdec S. Guided apicoectomy using a CAD/CAM drilling template. *Int J Comput Dent.* 2019;22(4):363-369. PMID: 31840144.

51. Tavares WLF, Fonseca FO, Maia LM, de Carvalho Machado V, França Alves Silva NR, Junior GM, Ribeiro Sobrinho AP. 3D Apicoectomy Guidance: Optimizing Access for Apicoectomies. *J Oral Maxillofac Surg*. 2020 Mar;78(3):357.e1-357.e8. doi: 10.1016/j.joms.2019.10.009. Epub 2019 Oct 25. PMID: 31743656.

52. Mahendran K, Mohamed Hussain MA, Maloor SA, Saminathan K. Guided endodontic surgery - Case series. *Indian J Dent Res*. 2023 Jan-Mar;34(1):94-97. doi: 10.4103/ijdr.IJDR_462_20. PMID: 37417066.

53. La Rosa GRM, Peditto M, Venticinque A, Marciànò A, Bianchi A, Pedullà E. Advancements in guided surgical endodontics: A scoping review of case report and case series and research implications. *Aust Endod J*. 2024 Aug;50(2):397-408. doi: 10.1111/aej.12865. Epub 2024 Jun 18. PMID: 38887152.

54. Moreno-Rabié C, Torres A, Lambrechts P, Jacobs R. Clinical applications, accuracy and limitations of guided endodontics: a systematic review. *Int Endod J*. 2020 Feb;53(2):214-231. doi: 10.1111/iej.13216. Epub 2019 Oct 23. PMID: 31520416.

55. Zubizarreta-Macho Á, Castillo-Amature C, Montiel-Company JM, Mena-Álvarez J. Efficacy of Computer-Aided Static Navigation Technique on the Accuracy of Endodontic Microsurgery. A Systematic Review and Meta-Analysis. *J Clin Med*. 2021 Jan 15;10(2):313. doi: 10.3390/jcm10020313. PMID: 33467707; PMCID: PMC7830386.

56. Connert T, Weiger R, Krastl G. Present status and future directions - Guided endodontics. *Int Endod J*. 2022 Oct;55 Suppl 4(Suppl 4):995-1002. doi: 10.1111/iej.13687. Epub 2022 Feb 4. PMID: 35075661; PMCID: PMC9790195.

57. Peña-Bengoá F, Valenzuela M, Flores MJ, Dufey N, Pinto KP, Silva EJNL. Effectiveness of guided endodontics in locating calcified root canals: a

systematic review. *Clin Oral Investig.* 2023 May;27(5):2359-2374. doi: 10.1007/s00784-023-04863-0. Epub 2023 Jan 14. PMID: 36640178.

58. Lima TO, Rocha AO, Dos Anjos LM, Meneses Júnior NS, Hungaro Duarte MA, Alcalde MP, Cardoso M, Vivian RR. A Global Overview of Guided Endodontics: A Bibliometric Analysis. *J Endod.* 2024 Jan;50(1):10-16. doi: 10.1016/j.joen.2023.10.002. Epub 2023 Oct 12. PMID: 37838017.

59. Yan YQ, Wang HL, Liu Y, Zheng TJ, Tang YP, Liu R. Three-dimensional inlay-guided endodontics applied in variant root canals: A case report and review of literature. *World J Clin Cases.* 2021 Dec 26;9(36):11425-11436. doi: 10.12998/wjcc.v9.i36.11425. PMID: 35071574; PMCID: PMC8717512.

60. Zubizarreta-Macho Á, Muñoz AP, Deglow ER, Agustín-Panadero R, Álvarez JM. Accuracy of Computer-Aided Dynamic Navigation Compared to Computer-Aided Static Procedure for Endodontic Access Cavities: An in Vitro Study. *J Clin Med.* 2020 Jan 2;9(1):129. doi: 10.3390/jcm9010129. PMID: 31906598; PMCID: PMC7019931.

61. Perez C, Finelle G, Couvrechel C. Optimisation of a guided endodontics protocol for removal of fibre-reinforced posts. *Aust Endod J.* 2020 Apr;46(1):107-114. doi: 10.1111/aej.12379. Epub 2019 Oct 11. PMID: 31603599.

62. Torres A, Lerut K, Lambrechts P, Jacobs R. Guided Endodontics: Use of a Sleeveless Guide System on an Upper Premolar with Pulp Canal Obliteration and Apical Periodontitis. *J Endod.* 2021 Jan;47(1):133-139. doi: 10.1016/j.joen.2020.09.016. Epub 2020 Oct 9. PMID: 33045264.

63. Bueno MR, Estrela C, Azevedo BC, Diogenes A. Development of a New Cone-Beam Computed Tomography Software for Endodontic Diagnosis. *Braz Dent J.* 2018 Nov-Dec;29(6):517-529. doi: 10.1590/0103-6440201802455. PMID: 30517473.

64. Goriuc A, Jităreanu A, Mârțu I, Dascălu CG, Kappenberg-Nițescu DC, Solomon SM, Mârțu A, Foia L, Țapu I, Istrate B, Tatarciuc M, Luchian I. Experimental EDX analysis of different periodontal splinting systems. *Exp Ther Med*. 2021 Dec;22(6):1384. doi: 10.3892/etm.2021.10820. Epub 2021 Sep 29. PMID: 34650632; PMCID: PMC8506950.

65. Jonaityte EM, Bilvinaite G, Drukteinis S, Torres A. Accuracy of Dynamic Navigation for Non-Surgical Endodontic Treatment: A Systematic Review. *J Clin Med*. 2022 Jun 15;11(12):3441. doi: 10.3390/jcm11123441. PMID: 35743515; PMCID: PMC9225421.

66. Vasudevan A, Santosh SS, Selvakumar RJ, Sampath DT, Natanasabapathy V. Dynamic Navigation in Guided Endodontics - A Systematic Review. *Eur Endod J*. 2022 Jun;7(2):81-91. doi: 10.14744/eej.2022.96168. PMID: 35786584; PMCID: PMC9285996.

67. Jonaityte EM, Bilvinaite G, Drukteinis S, Torres A. Accuracy of Dynamic Navigation for Non-Surgical Endodontic Treatment: A Systematic Review. *J Clin Med*. 2022 Jun 15;11(12):3441. doi: 10.3390/jcm11123441. PMID: 35743515; PMCID: PMC9225421.

68. Al-Khaled I, Al-Khaled A, Abutayyem H. Augmented Reality in Dentistry: Uses and Applications in the Digital Era. *Edelweiss Applied Science and Technology*. 2021 Mar 29: p. 5(1), 25–32. <https://doi.org/10.33805/2576-8484.191>.

69. Chong BS, Dhesi M, Makdissi J. Computer-aided dynamic navigation: a novel method for guided endodontics. *Quintessence Int*. 2019;50(3):196-202. doi: 10.3290/j.qi.a41921. PMID: 30773571.

70. Martinho FC, Griffin IL, Corazza BJM. Current Applications of Dynamic Navigation System in Endodontics: A Scoping Review. *Eur J Dent*. 2023 Jul;17(3):569-586. doi: 10.1055/s-0042-1749361. Epub 2022 Aug 31. PMID:

36044911; PMID: PMC10569848. 71. Jain SD, Carrico CK, Bermanis I. 3-Dimensional Accuracy of Dynamic Navigation Technology in Locating Calcified Canals. *J Endod.* 2020 Jun: p. 839-845.

72. Liu L, Watanabe M, Ichikawa T. Robotics in Dentistry: A Narrative Review. *Dent J (Basel)*. 2023 Feb 24;11(3):62. doi: 10.3390/dj11030062. PMID: 36975559; PMID: PMC10047128. 73. Umer F, Habib S. Critical Analysis of Artificial Intelligence in Endodontics: A Scoping Review. *J Endod.* 2022 Feb: p. 152-160.

74. Asiri AF, Altuwalah AS. The role of neural artificial intelligence for diagnosis and treatment planning in endodontics: A qualitative review. *Saudi Dent J.* 2022 May;34(4):270-281. doi: 10.1016/j.sdentj.2022.04.004. Epub 2022 Apr 25. PMID: 35692236; PMID: PMC9177869.

75. Bosshard FA, Valdec S, Dehghani N, Wiedemeier D, Fürnstahl P, Stadlinger B. Accuracy of augmented reality-assisted vs template-guided apicoectomy - an ex vivo comparative study. *Int J Comput Dent.* 2023 Feb 24;26(1):11-18. doi: 10.3290/j.ijcd.b2599279. PMID: 35072426.

76. Pohlenz P, Gröbe A, Petersik A, von Sternberg N, Pflesser B, Pommert A, Höhne KH, Tiede U, Springer I, Heiland M. Virtual dental surgery as a new educational tool in dental school. *J Craniomaxillofac Surg.* 2010 Dec;38(8):560-4. doi: 10.1016/j.jcms.2010.02.011. Epub 2010 Mar 29. PMID: 20303282.

77. Buchanan JA. Use of simulation technology in dental education. *J Dent Educ.* 2001 Nov;65(11):1225-31. PMID: 11765868.

78. Jia T, Qiao B, Ren Y, Xing L, Ding B, Yuan F, Luo Q, Li H. Case Report: Application of Mixed Reality Combined With A Surgical Template for Precise Periapical Surgery. *Front Surg.* 2022 Jun 10;9:923299. doi: 10.3389/fsurg.2022.923299. PMID: 36034400; PMID: PMC9407037.

79. Dolega-Dolegowski D, Dolega-Dolegowska M, Pregowska A, Malinowski K, Proniewska K. The Application of Mixed Reality in Root Canal Treatment. *Appl. Sci.* 2023 Mar 23; 13 (7): p. 4078. <https://doi.org/10.3390/app13074078>.

80. Jia T, Qiao B, Ren Y, Xing L, Ding B, Yuan F, Luo Q, Li H. Case Report: Application of Mixed Reality Combined With A Surgical Template for Precise Periapical Surgery. *Front Surg.* 2022 Jun 10;9:923299. doi: 10.3389/fsurg.2022.923299. PMID: 36034400; PMCID: PMC9407037.

81. Chen Y, Liu L, Qiu S, Hu C, Wang L, Li Y, Tan X, Gao Y, Huang D. Application of Real-time Augmented Reality-guided Osteotomy and Apex Location in Endodontic Microsurgery: A Surgical Simulation Study Based on 3D-printed Alveolar Bone Model. *J Endod.* 2023 Jul;49(7):880-888. doi: 10.1016/j.joen.2023.05.011. Epub 2023 May 19. PMID: 37211311.

82. van Riet TCT, Chin Jen Sem KTH, Ho JTF, Spijker R, Kober J, de Lange J. Robot technology in dentistry, part one of a systematic review: literature characteristics. *Dent Mater.* 2021 Aug;37(8):1217-1226. doi: 10.1016/j.dental.2021.06.001. Epub 2021 Jun 20. PMID: 34158195.

83. Khanagar SB, Alfadley A, Alfouzan K, Awawdeh M, Alaqla A, Jamleh A. Developments and Performance of Artificial Intelligence Models Designed for Application in Endodontics: A Systematic Review. *Diagnostics (Basel).* 2023 Jan 23;13(3):414. doi: 10.3390/diagnostics13030414. PMID: 36766519; PMCID: PMC9913920.

84. Gulrez T, Shahid AK, Sana U, Chaudhary NG. "Visual guided robotic endodontic therapeutic system". In "2010 International Conference on Information and Emerging Technologies"; 2010; Karachi, Pakistan. p. 1-6.

85. Dong J, Everett H. The Development of Endodontic Micro Robot. In *Proceedings of the ASME 2007 International Mechanical Engineering Congress*

and Exposition. Volume 2: Biomedical and Biotechnology Engineering. ; 2007 Nov; Seattle, Washington, USA. p. 11–15.

86. Dong J, Hong SY. Design of Z Axis Actuator and Quick Tool Change Assembly for an Endodontic Micro Robot. In "Proceedings of the ASME 2010 International Mechanical Engineering Congress and Exposition.;" Nov. 12–18, 2010; Vancouver, British Columbia, Canada. p. 507-511.

87. Hwang G, Paula AJ, Hunter EE, Liu Y, Babeer A, Karabucak B, Stebe K, Kumar V, Steager E, Koo H. Catalytic antimicrobial robots for biofilm eradication. *Sci Robot.* 2019 Apr 24;4(29):eaaw2388. doi: 10.1126/scirobotics.aaw2388. PMID: 31531409; PMCID: PMC6748647.

88. Aminoshariae A, Kulild JC, Syed A. Cone-beam Computed Tomography Compared with Intraoral Radiographic Lesions in Endodontic Outcome Studies: A Systematic Review. *J Endod.* 2018 Nov;44(11):1626-1631. doi: 10.1016/j.joen.2018.08.006. PMID: 30409446.

89. Jorba-García A, Figueiredo R, González-Barnadas A, Camps-Font O, Valmaseda-Castellón E. Accuracy and the role of experience in dynamic computer guided dental implant surgery: An in-vitro study. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal.* 2019 Jan 1;24(1):e76-e83. doi: 10.4317/medoral.22785. PMID: 30573712; PMCID: PMC6344002.

90. Colquhoun HL, Levac D, O'Brien KK, Straus S, Tricco AC, Perrier L, Kastner M, Moher D. Scoping reviews: time for clarity in definition, methods, and reporting. *J Clin Epidemiol.* 2014 Dec;67(12):1291-4. doi: 10.1016/j.jclinepi.2014.03.013. Epub 2014 Jul 14. PMID: 25034198.

91. Tricco A, Antony J, Soobiah C. Knowledge synthesis methods for generating or refining theory: a scoping review reveals that little guidance is available. *J. clin. epidemiol.* 2016 Janeiro: p. 36-42. <https://doi.org/10.1016/j.jclinepi.2015.11.021>.

92. Peters MD, Godfrey CM, Khalil H, McInerney P, Parker D, Soares CB. Guidance for conducting systematic scoping reviews. *Int J Evid Based Healthc*. 2015 Sep;13(3):141-6. doi: 10.1097/XEB.0000000000000050. PMID: 26134548.

93. Arksey, H., & O'Malley, L. (2005). Scoping Studies: Towards a Methodological Framework. *International Journal of Social Research Methodology: Theory & Practice*, 8(1), 19–32. <https://doi.org/10.1080/1364557032000119616>.

94. Chen C, Wang FS, Zhang R, Bian Z, Meng LY. [An in vitro model study of computer-guided endodontic microsurgery]. *Zhonghua Kou Qiang Yi Xue Za Zhi*. 2022 Jan 9;57(1):44-51. Chinese. doi: 10.3760/cma.j.cn112144-20210928-00443. PMID: 35012251.

95. Nagy E, Fráter M, Antal M. Gyökércsúcs rezekciója navigált endodontiai mikrosebészeti technikával [Guided modern endodontic microsurgery by use of a trephine bur]. *Orv Hetil*. 2020 Jul;161(30):1260-1265 Hungarian. doi: 10.1556/650.2020.31778. PMID: 32653869.

PRESS RELEASE

**ENDODONTIA GUIADA: O ESTADO DA ARTE E
RELATO DE CASOS**

A Endodontia, uma área da odontologia dedicada ao tratamento de problemas internos dos dentes, enfrenta desafios significativos, especialmente em casos complexos. Minha pesquisa aborda como a endodontia guiada, por meio de tecnologias inovadoras, pode melhorar o sucesso desses tratamentos e reduzir riscos para os pacientes. Durante o desenvolvimento da minha tese, explorei as dificuldades enfrentadas em tratamentos convencionais, como a presença de canais dentários complexos e obstruções. Utilizando técnicas de navegação estática e dinâmica, conseguimos aprimorar o acesso e a precisão durante os procedimentos, minimizando complicações. Os principais resultados indicam que a utilização de tecnologia, como tomografia computadorizada e impressões 3D, não apenas facilita a identificação de problemas, mas também aumenta as taxas de sucesso nos tratamentos endodônticos.

Os benefícios para a sociedade são significativos. Com tratamentos mais eficazes e menos invasivos, conseguimos preservar dentes que, de outra forma, poderiam ser perdidos. Isso se traduz em melhor qualidade de vida, menos dor e, conseqüentemente, menos custos com tratamentos odontológicos futuros. Além disso, a aplicação dessas tecnologias representa um avanço importante na prática odontológica, contribuindo para uma formação de dentistas mais capacitados e preparados para lidar com os desafios contemporâneos. Em resumo, minha pesquisa não apenas elucidada os desafios da endodontia moderna, mas também oferece soluções práticas que beneficiam diretamente a saúde bucal da população.

ANEXOS

Anexo A - Parecer CEP do Capítulo 3



FACULDADE DE CIÊNCIAS DA
SAÚDE DA UNIVERSIDADE DE
BRASÍLIA - UNB



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: Cirurgia periapical guiada em molar inferior e acesso ao canal radicular na mesma guia: relato de caso

Pesquisador: MARCOS COELHO SANTIAGO

Área Temática: Novos procedimentos terapêuticos invasivos;

Versão: 2

CAAE: 57983222.7.0000.0030

Instituição Proponente: Faculdade de Ciências da Saúde da Universidade de Brasília

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 5.432.180

Apresentação do Projeto:

Conforme documento 'PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_1923106.pdf' postado em 10/05/2022:

Resumo:

"O tratamento endodôntico evoluiu muito nos últimos anos. Novos materiais e equipamentos foram lançados no mercado possibilitando um tratamento mais eficiente e seguro. Entretanto, as reintervenções endodônticas ainda são necessárias e configuram como desafios para o cirurgião dentista, principalmente quando é necessária a remoção de retentores intrarradiculares ou cirurgia apical. Porém, atualmente as imagens tomográficas associadas ao escaneamento digital possibilitam planejar virtualmente o procedimento e confeccionar um guia para acesso a esses canais ou raízes tornando o procedimento mais rápido, preciso e seguro. O guia impresso em acrílico autoclavável é perfeitamente adaptado na boca e fixo com um parafuso de fixação permitindo estabilidade durante a perfuração da broca. O ângulo de inserção, direção e profundidade a ser atingida pela broca são virtualmente pré-estabelecidos limitando eventuais desvios, remoção desnecessária de dentina e possíveis perfurações. A literatura ainda é limitada e a técnica pouco utilizada em molares, porém, em nosso caso clínico demonstramos que é possível utilizar o guia endodôntico em dentes posteriores. Adicionalmente, desde que planejado corretamente, é possível utilizar o mesmo guia para dois procedimentos distintos, remoção do

Endereço: Faculdade de Ciências da Saúde, Universidade de Brasília - Campus Darcy Ribeiro
Bairro: Asa Norte **CEP:** 70.910-900
UF: DF **Município:** BRASÍLIA
Telefone: (61)3107-1947 **E-mail:** cep@sunb@gmail.com



FACULDADE DE CIÊNCIAS DA
SAÚDE DA UNIVERSIDADE DE
BRASÍLIA - UNB



Continuação do Parecer: 5.432.180

pino de fibra e apicetomia. Além disso, possíveis limitações podem ser previstas e solucionadas virtualmente antes da execução do tratamento. O objetivo desse trabalho foi demonstrar as vantagens da endodontia guiada, assim como a facilidade e segurança da técnica em um caso clínico de reintenção endodôntica com remoção retentor intrarradicular e cirurgia apical utilizando o mesmo guia em um molar inferior*.

Metodologia proposta:

"Tipo relato de caso. Tratamento endodôntico e cirúrgico com utilização de guia de acesso e planejamento virtual. Registro fotográfico dos procedimentos concedidos e autorizados por TCLE e termo de cessão de imagem*.

Objetivo da Pesquisa:

Conforme documento 'PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_1923106.pdf' postado em 10/05/2022:

Objetivo Primário:

"O objetivo do presente estudo é relatar um caso clínico de cirurgia periapical guiada em molar inferior e acesso ao canal radicular combinados na mesma guia produzida por impressão 3D."

Objetivo Secundário:

"Não se aplica".

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Conforme documento 'PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_1923106.pdf' postado em 10/05/2022:

Riscos:

"Os riscos deste relato estariam relacionados com a exposição acidental da identidade e dos dados pessoais do paciente. Porém, todos os cuidados serão tomados para que a identidade do paciente não seja revelada e a autorização para uso de imagens será obtida expressamente por meio de Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.

Benefícios:

Aumentar o conhecimento dos profissionais sobre o tema e aprimorar a abordagem terapêutica, o

Endereço: Faculdade de Ciências da Saúde, Universidade de Brasília - Campus Darcy Ribeiro
Bairro: Asa Norte **CEP:** 70.910-900
UF: DF **Município:** BRASÍLIA
Telefone: (61)3107-1947 **E-mail:** cepfsunb@gmail.com



FACULDADE DE CIÊNCIAS DA
SAÚDE DA UNIVERSIDADE DE
BRASÍLIA - UNB



Continuação do Parecer: 5.432.180

pino de fibra e apicetomia. Além disso, possíveis limitações podem ser previstas e solucionadas virtualmente antes da execução do tratamento. O objetivo desse trabalho foi demonstrar as vantagens da endodontia guiada, assim como a facilidade e segurança da técnica em um caso clínico de reintevenção endodôntica com remoção retentor intrarradicular e cirurgia apical utilizando o mesmo guia em um molar inferior*.

Metodologia proposta:

"Tipo relato de caso. Tratamento endodôntico e cirúrgico com utilização de guia de acesso e planejamento virtual. Registro fotográfico dos procedimentos concedidos e autorizados por TCLE e termo de cessão de imagem*.

Objetivo da Pesquisa:

Conforme documento 'PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_1923106.pdf' postado em 10/05/2022:

Objetivo Primário:

"O objetivo do presente estudo é relatar um caso clínico de cirurgia periapical guiada em molar inferior e acesso ao canal radicular combinados na mesma guia produzida por impressão 3D."

Objetivo Secundário:

"Não se aplica".

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Conforme documento 'PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_1923106.pdf' postado em 10/05/2022:

Riscos:

"Os riscos deste relato estariam relacionados com a exposição acidental da identidade e dos dados pessoais do paciente. Porém, todos os cuidados serão tomados para que a identidade do paciente não seja revelada e a autorização para uso de imagens será obtida expressamente por meio de Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.

Benefícios:

Aumentar o conhecimento dos profissionais sobre o tema e aprimorar a abordagem terapêutica, o

Endereço: Faculdade de Ciências da Saúde, Universidade de Brasília - Campus Darcy Ribeiro
Bairro: Asa Norte **CEP:** 70.910-900
UF: DF **Município:** BRASÍLIA
Telefone: (61)3107-1947 **E-mail:** cepfsunb@gmail.com



FACULDADE DE CIÊNCIAS DA
SAÚDE DA UNIVERSIDADE DE
BRASÍLIA - UNB



Continuação do Parecer: 5.432.180

finalizado). Solicita-se esclarecer se é um relato de caso ou projeto de relato de caso.

RESPOSTA: "Trata-se de um relato de caso, ou seja, o tratamento já foi finalizado. O campo "desenho" da Plataforma Brasil foi alterado de "estudo observacional do tipo descritivo" para "estudo descritivo de caráter narrativo e reflexivo" e o campo "metodologia proposta" foi alterado de "Será realizado um estudo observacional descritivo do tipo relato de caso. Serão coletados dados do prontuário do paciente, além de registro fotográfico do procedimento cirúrgico" para "Tipo relato de caso. Tratamento endodôntico e cirúrgico com utilização de guia de acesso e planejamento virtual. Registro fotográfico dos procedimentos concedidos e autorizados por TCLE e termo de cessão de imagem". O campo "resumo" também foi atualizado".

ANÁLISE: As informações solicitadas foram esclarecidas, tratando-se de um relato de caso já finalizado.

PENDÊNCIA ATENDIDA.

2. Conforme orientações contidas no documento "ROTEIRO PARA RELATO DE CASO CLÍNICO E PROJETO DE RELATO DE CASO", no site do CEP/FS, que foi baseado na Carta Circular n. 166/2018 CONEP/SENS/MS, de 12 de junho de 2018:

2.1. Caso se trate de um "relato de caso", entre os documentos que devem ser anexos à plataforma há o "Artigo de "relato de caso" na forma final que será submetido para publicação ou divulgação, como tipo de documento "Projeto Detalhado". Nesse sentido, solicita-se apresentar o artigo em sua versão final, contendo inclusive as imagens utilizadas para tal – caso se aplique.

2.2. Caso se trate de um "projeto de relato de caso", devem ser apresentados "b. Cronograma de atividades; c. Orçamento detalhado; e d. Termo de concordância da instituição coparticipante, se houver". Solicita-se inclusão dos documentos, caso se aplique.

RESPOSTA: "Foi anexado ao site o novo arquivo "artigo_relato_de_caso" nos formatos WORD e PDF, como tipo de documento "Projeto Detalhado". Esse arquivo corresponde a versão final do artigo, que se aprovado, será submetido para publicação".

ANÁLISE: A documentação referente ao relato de caso foi anexada.

PENDÊNCIA ATENDIDA.

Não foram observados óbices éticos.

Protocolo de pesquisa em conformidade com a Resolução CNS 466/2012, 510/2016 e complementares.

Endereço: Faculdade de Ciências da Saúde, Universidade de Brasília - Campus Darcy Ribeiro
Bairro: Asa Norte **CEP:** 70.910-900
UF: DF **Município:** BRASÍLIA
Telefone: (61)3107-1947 **E-mail:** cepfsunb@gmail.com



FACULDADE DE CIÊNCIAS DA
SAÚDE DA UNIVERSIDADE DE
BRASÍLIA - UNB



Continuação do Parecer: 5.432.180

que poderá beneficiar outras pessoas que apresentarem casos semelhantes ao descrito*.

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

Trata-se de Trabalho de Conclusão da disciplina de Endodontia da discente Domitilla Marchiori Sant'anna Leal de Oliveira, sob orientação do professor Marcos Coelho Santiago, do Programa de Pós-graduação em Odontologia da Faculdade de Ciências da Saúde da UnB.

Conforme cronograma apresentado, o Relato de Caso Clínico está previsto para ser submetido à publicação em julho/22. O orçamento informado é no valor de R\$7.900, de custeio próprio, incluindo despesas para a execução e elaboração do relato de caso, custos para submissão e tradução do relato.

O TCLE e o Termo de Cessão de Imagem para fins científicos e acadêmicos foram aplicados e assinados pelo participante.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

Documentos acrescentados ao processo e analisados para emissão deste parecer:

1. Informações Básicas do Projeto: "PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_1923106.pdf", postado em 10/05/2022.
2. Carta de resposta ao CEP/FS-UnB: "cartarespostacep.pdf" e versão editável "cartarespostacep.docx", postados em 10/05/2022.
3. Artigo de relato de caso: "artigo_relato_de_caso.pdf" e versão editável "artigo_relato_de_caso.docx", postados em 10/05/2022.

Recomendações:

Não se aplicam.

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

Análise da resposta às pendências apontadas pelo Parecer Consubstanciado N° 5.396.271:

1. Não está claro se trata-se de um projeto de relato de caso (quando a proposta ocorre antes ou durante a realização do tratamento) ou de um relato de caso (quando o tratamento já foi

Endereço: Faculdade de Ciências da Saúde, Universidade de Brasília - Campus Darcy Ribeiro
Bairro: Asa Norte **CEP:** 70.910-900
UF: DF **Município:** BRASÍLIA
Telefone: (61)3107-1947 **E-mail:** cepfsunb@gmail.com



FACULDADE DE CIÊNCIAS DA
SAÚDE DA UNIVERSIDADE DE
BRASÍLIA - UNB



Continuação do Parecer: 5.432.180

O presente projeto, seguiu nesta data para análise da CONEP e só tem o seu início autorizado após a aprovação pela mesma.

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_1923106.pdf	10/05/2022 14:12:39		Aceito
Outros	cartarespostacep.pdf	10/05/2022 13:12:27	DOMITILLA MARCHIORI SANT ANNA LEAL DE OLIVEIRA	Aceito
Outros	cartarespostacep.docx	10/05/2022 13:10:44	DOMITILLA MARCHIORI SANT ANNA LEAL DE OLIVEIRA	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	artigo_relato_de_caso.docx	10/05/2022 12:10:48	DOMITILLA MARCHIORI SANT ANNA LEAL DE OLIVEIRA	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	artigo_relato_de_caso.pdf	10/05/2022 12:10:38	DOMITILLA MARCHIORI SANT ANNA LEAL DE OLIVEIRA	Aceito
Outros	Termo_de_cessao_de_uso_de_imagem.docx	18/04/2022 11:32:52	DOMITILLA MARCHIORI SANT ANNA LEAL DE OLIVEIRA	Aceito
Outros	CARTA_DE_ENCAMINHAMENTO_AO_CEP.docx	18/04/2022 11:32:02	DOMITILLA MARCHIORI SANT ANNA LEAL DE OLIVEIRA	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE.doc	18/04/2022 11:31:12	DOMITILLA MARCHIORI SANT ANNA LEAL DE OLIVEIRA	Aceito
Outros	Termo_de_cessao_de_uso_de_imagem.pdf	13/04/2022 09:22:17	DOMITILLA MARCHIORI SANT ANNA LEAL DE OLIVEIRA	Aceito
Outros	Carta_de_encaminhamento_ao_CEP.pdf	13/04/2022 09:18:31	DOMITILLA MARCHIORI SANT ANNA LEAL DE OLIVEIRA	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de	TCLE.pdf	13/04/2022 09:17:14	DOMITILLA MARCHIORI SANT ANNA LEAL DE	Aceito

Endereço: Faculdade de Ciências da Saúde, Universidade de Brasília - Campus Darcy Ribeiro
Bairro: Asa Norte **CEP:** 70.910-900
UF: DF **Município:** BRASÍLIA
Telefone: (61)3107-1947 **E-mail:** cepfsunb@gmail.com



FACULDADE DE CIÊNCIAS DA
SAÚDE DA UNIVERSIDADE DE
BRASÍLIA - UNB



Continuação do Parecer: 5.432.180

Ausência	TCLE.pdf	13/04/2022 09:17:14	OLIVEIRA	Aceito
Folha de Rosto	FOLHA_DE_ROSTO.pdf	13/04/2022 09:16:56	DOMITILLA MARCHIORI SANT ANNA LEAL DE OLIVEIRA	Aceito

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Sim

BRASILIA, 26 de Maio de 2022

Assinado por:
Cristiane Tomaz Rocha
(Coordenador(a))

Endereço: Faculdade de Ciências da Saúde, Universidade de Brasília - Campus Darcy Ribeiro
Bairro: Asa Norte **CEP:** 70.910-900
UF: DF **Município:** BRASÍLIA
Telefone: (61)3107-1947 **E-mail:** cepfsunb@gmail.com

Anexo B - Parecer CEP Capítulo 4

UNB - FACULDADE DE
CIÊNCIAS DA SAÚDE DA
UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: Endodontia guiada usando template duplo em canais mesiais de um primeiro molar inferior: Relato de caso com 1 ano de controle

Pesquisador: MARCOS COELHO SANTIAGO

Área Temática:

Versão: 2

CAAE: 45177321.7.0000.0030

Instituição Proponente: Faculdade de Ciências da Saúde da Universidade de Brasília

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 4.767.576

Apresentação do Projeto:

Conforme documento "PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_ 1724007.pdf" postado em 19/05/202:

Resumo: "O tratamento endodôntico evoluiu muito nos últimos anos. Novos materiais e equipamentos foram lançados no mercado possibilitando um tratamento mais eficiente e seguro. Procedimentos complexos como o tratamento de dentes com calcificações pulparem ainda são um desafio para o cirurgião dentista e seu tratamento requer conhecimento, habilidade e equipamentos de magnificação. Porém, atualmente as imagens tomográficas associada ao escaneamento digital possibilita planejar virtualmente o tratamento e confeccionar um guia para acesso a esses canais obliterados tornando o procedimento mais rápido, preciso e seguro. O guia impresso em acrílico autoclavável é perfeitamente adaptado na boca e fixo com um parafuso de fixação permitindo estabilidade durante a perfuração da broca. O ângulo de inserção, direção e profundidade a ser atingida pela broca são virtualmente pré-estabelecidos limitando eventuais desvios, remoção desnecessária de dentina e possíveis perfurações. A literatura ainda considera o uso dessa técnica em molares uma limitação, porém, em nosso caso clínico demonstramos que é possível utilizar o guia endodôntico em dentes posteriores, desde que seja planejado corretamente e que assim como em nosso caso, possíveis limitações podem ser previstas e solucionadas virtualmente antes da execução do tratamento. O design inovador e impressão de duas guias utilizando o mesmo ponto de fixação e uma canaleta personalizada para o encaixe da broca, foi o

Endereço: Faculdade de Ciências da Saúde, Universidade de Brasília - Campus Darcy Ribeiro
Bairro: Asa Norte **CEP:** 70.910-900
UF: DF **Município:** BRASÍLIA
Telefone: (61)3107-1947 **E-mail:** cepfsunb@gmail.com

UNB - FACULDADE DE
CIÊNCIAS DA SAÚDE DA
UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA



Continuação do Parecer: 4.767.576

suficiente para utilizarmos a técnica com segurança e precisão em um molar inferior. Portanto, o objetivo desse trabalho foi demonstrar as vantagens da endodontia guiada, assim como a facilidade e segurança da técnica em um caso clínico de metamorfose cálcica da polpa em um molar inferior”.

Hipótese nula: “Não se aplica.”

Metodologia Proposta: “Paciente de 58 anos, sexo feminino compareceu a clínica odontológica para tratamento endodôntico do dente 46 por indicação protética. Clinicamente estava assintomática e com destruição da coroa dentária. Não relatou nenhuma alteração sistêmica ou uso de medicação contínua. Ao avaliar a radiografia periapical observou-se calcificação do terço cervical das raízes mesial e distal. Por envolver risco de perfuração e desvio do trajeto original dos condutos, foi solicitada uma tomografia computadorizada da região para planejamento de acesso aos canais Na consulta seguinte, já com as imagens tomográficas, procedeu-se com anestesia e bloqueio do nervo alveolar inferior. O canal distal foi localizado com auxílio do microscópio e insertos ultrassônicos. Foi realizada inspeção inicial com lima tipo K #10 e odontometria com localizador foraminais NovApex. Os canais mesiais não foram encontrados e devido ao risco de perfuração, optou-se pela endodontia guiada. Nessa consulta, optou-se por tratar apenas o canal distal que foi instrumentado com limas recíprocantes WaveOne Gold - Medium e irrigado com hipoclorito de sódio 2,5% acrescido de irrigação final com EDTA 17% e agitação com Easy Clean (Easy, Belo Horizonte, Brasil) por 30 segundos. O conduto foi irrigado com solução fisiológica e seco com cones de papel absorvente estéril. Seguiu-se com a obturação com cone único (WaveOne Medium) utilizando como cimento endodôntico o AH Plus. A embocadura do canal foi protegida com cimento de ionômero de vidro e a paciente encaminhada para a clínica radiológica onde realizou o escaneamento da região para que fosse possível o planejamento e confecção do guia endodôntico para localização dos canais mesiais. De posse das imagens tomográficas em formato DICOM (Digital Communication in Medicine) e das imagens escaneadas em STL (surfacetessellation language), procedeu-se com o planejamento virtual com utilização da broca de aço inoxidável 1.3mm (Neodent - Straumann) no acesso aos canais mesiais. Com o intuito de apenas romper a barreira dentinária e encontrar o trajeto dos condutos, o guia foi planejado para que houvesse o mínimo de desgaste da raiz. Como a embocadura dos canais era muito próxima uma da outra, foi necessária a confecção de dois guias endodônticos, um para cada conduto. Ao finalizar o planejamento, verificou-se que devido a abertura de boca limitada da paciente não seria possível

Endereço: Faculdade de Ciências da Saúde, Universidade de Brasília - Campus Darcy Ribeiro
Bairro: Asa Norte CEP: 70.910-900
UF: DF Município: BRASÍLIA
Telefone: (61)3107-1947 E-mail: cepfsunb@gmail.com

UNB - FACULDADE DE
CIÊNCIAS DA SAÚDE DA
UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA



Continuação do Parecer: 4.767.576

inserir a bronca no guia já adaptado na hemiarcada. A guia endodôntica foi alterada e modificada a posição da anilha e confeccionada uma canaleta para facilitar a inserção da broca mantendo o stop com o limite de penetração. Na consulta seguinte, os guias cirúrgicos foram testados e seguiu-se com anestesia e bloqueio do nervo alveolar inferior e posterior remoção da restauração provisória. O guia endodôntico referente ao canal mesiolingual foi colocado em posição e fixado com parafuso pré-estabelecido no planejamento. A broca foi acoplada ao motor (XSmart Plus/Dentsply) que foi calibrado com 1.200 RPM e 4N(torque). A perfuração foi realizada com movimentos de "bicada" e irrigação com soro fisiológico para evitar aquecimento da broca. Seguiu-se com a perfuração até que atingisse o "stop" planejado virtualmente e em seguida o guia foi removido e substituído pelo guia referente ao canal mesiovestibular repetindo-se os passos anteriores utilizando o mesmo acesso na cortical e parafuso do outro guia. Após as duas perfurações, o guia foi removido e o dente isolado com lençol de borracha e grampo 206. Os canais foram encontrados facilmente com uma lima tipo K#10 e então instrumentados com sistema recíprocante WaveOne Gold (Primary). A irrigação foi feita com hipoclorito de sódio 2,5% e EDTA. Os canais foram secos com cones de papel estéreis e então obturados com cimento Ah Plus. A paciente foi encaminhada para reabilitação protética e está com preservação de 1 ano."

Objetivo da Pesquisa:

Conforme documento "PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_1724007.pdf, postado em 19/05/2021:

Objetivo Primário: "Demonstrar com um caso clínico as vantagens e possibilidades de planejamento da endodontia guiada no tratamento de dentes molares com metamorfose cálcica. assim como, suas aplicações e alternativas com duas guias impressas para dois condutos diferentes."

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Conforme documento "PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_1724007.pdf", postado em 19/05/2021:

Riscos: "Os riscos deste relato de caso estariam envolvidos com a divulgação e identificação não autorizada pelo paciente, porém todos os cuidados serão tomados para que não seja exibida a identidade do mesmo e a autorização para uso de imagens será obtida por meio de TCLE."

Benefícios: "O caso foi executado seguindo as indicações da técnica e possibilitou a manutenção do dente e sua reabilitação devolvendo qualidade/capacidade mastigatória ao paciente."

Endereço: Faculdade de Ciências da Saúde, Universidade de Brasília - Campus Darcy Ribeiro
Bairro: Asa Norte **CEP:** 70.910-900
UF: DF **Município:** BRASÍLIA
Telefone: (61)3107-1947 **E-mail:** cep@sunb@gmail.com

UNB - FACULDADE DE
CIÊNCIAS DA SAÚDE DA
UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA



Continuação do Parecer: 4.767.576

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

Trata-se de um projeto de doutorado do Programa de Pós-Graduação de Odontologia da Faculdade de Ciências da Saúde da Universidade de Brasília do pesquisador responsável Marcos Coelho Santiago, sob a orientação da Profa. Dra. Loise Pedrosa Salles.

O estudo foi desenvolvido com 1 paciente para tratamento endodôntico em molar inferior com auxílio de guia impresso para localização de canais calcificados.

Orçamento previsto será de R\$ 500,00 referente ao custo de material de uso clínico e impressão da guia. O financiamento será com recursos próprios da pesquisadora responsável.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

Documentos acrescentados ao processo e analisados para emissão do presente parecer:

1. Informações Básicas do Projeto – "PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_1724007.pdf" postado em 19/05/2021.
2. Termo de Cessão de voz e/ou imagem para fins acadêmicos: "Termo_de_Imagem.pdf" postado em 19/05/2021.
3. TCLE: "TCLE.pdf" postado em 19/05/2021.
4. Carta de respostas às pendências apontadas no Parecer Consubstanciado No. 4.707.872: "cartarespostacep.docx" postado 19/05/2021.

Recomendações:

Não se aplicam.

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

Análise das respostas às pendências apontadas no Parecer Consubstanciado No. 4.707.872:

1. Solicita-se apresentar novamente os documentos "TCLE.pdf" e "Termo_imagem.pdf" postado em 28/03/2021. Esses deverão ser impressos assinados de próprio punho e só então digitalizados. Alternativamente, o registro do consentimento poderá ser obtido por e-mail ou via Whatsapp, e apresentado ao CEP como arquivo em pdf ou captura de tela, respectivamente (Res. CNS 510/2016, Artigo 2o, Inciso XX). Ressalta-se que no caso de uso de e-mail ou Whatsapp, um arquivo assinado somente pelo pesquisador responsável e digitalizado deve ser enviado ao participante de pesquisa por meio da mesma plataforma virtual e o participante deve ser instruído a guardá-lo dentre seus arquivos digitais. Se for conveniente ao participante de pesquisa, deve ser considerado o envio de via do documento assinado por Correios ao participante de pesquisa.

RESPOSTA: "Em resposta a inadequação 1, informo que foi anexado novamente os documentos

Endereço: Faculdade de Ciências da Saúde, Universidade de Brasília - Campus Darcy Ribeiro
Bairro: Asa Norte **CEP:** 70.910-900
UF: DF **Município:** BRASÍLIA
Telefone: (61)3107-1947 **E-mail:** cep@sunb@gmail.com

UNB - FACULDADE DE
CIÊNCIAS DA SAÚDE DA
UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA



Continuação do Parecer: 4.767.576

"TCLE.pdf" e "Termo_imagem.pdf" postado em 28/03/2021. Esses foram impressos e assinados de próprio punho e então digitalizados."

ANÁLISE: Os documentos "Termo_de_Imagem.pdf" e "TCLE.pdf" postado em 19/05/2021. PENDÊNCIA ATENDIDA

2. Solicita-se alterar a instituição proponente de "FACULDADE DE ODONTOLOGIA DA UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA" que não existe na UnB para "FACULDADE DE CIÊNCIAS DA SAÚDE, UNB".

RESPOSTA: "Em resposta a inadequação 2. Alteramos a instituição proponente de "FACULDADE DE ODONTOLOGIA DA UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA" para "FACULDADE DE CIÊNCIAS DA SAÚDE, UNB". Foi anexada ao site da Plataforma Brasil."

ANÁLISE: No documento "PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_1724007.pdf" verifica-se alteração. PENDÊNCIA ATENDIDA

Todas as pendências foram atendidas.

Não há óbices éticos para a realização do presente protocolo de pesquisa.

Considerações Finais a critério do CEP:

Conforme Resolução CNS 466/2012, itens X.1.- 3.b. e XI.2.d, os pesquisadores responsáveis deverão apresentar relatórios parcial semestral e final do projeto de pesquisa, contados a partir da data de aprovação do protocolo de pesquisa.

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_1724007.pdf	19/05/2021 14:51:55		Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	Termo_de_Imagem.pdf	19/05/2021 14:49:16	MARCOS COELHO SANTIAGO	Aceito
Recurso Anexado pelo Pesquisador	cartarespostacep.docx	19/05/2021 14:47:11	MARCOS COELHO SANTIAGO	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE.pdf	19/05/2021 14:46:24	MARCOS COELHO SANTIAGO	Aceito

Endereço: Faculdade de Ciências da Saúde, Universidade de Brasília - Campus Darcy Ribeiro
Bairro: Asa Norte **CEP:** 70.910-900
UF: DF **Município:** BRASILIA
Telefone: (61)3107-1947 **E-mail:** cepfsunb@gmail.com

UNB - FACULDADE DE
CIÊNCIAS DA SAÚDE DA
UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA



Continuação do Parecer: 4.767.576

Folha de Rosto	folha_de_rosto.pdf	29/03/2021 10:34:01	MARCOS COELHO SANTIAGO	Aceito
Outros	TERMO_DE_CESSAO_modelo.docx	29/03/2021 10:32:57	MARCOS COELHO SANTIAGO	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE_modelo.doc	29/03/2021 10:31:20	MARCOS COELHO SANTIAGO	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	Projeto_CEP.docx	29/03/2021 10:25:54	MARCOS COELHO SANTIAGO	Aceito
Declaração de Pesquisadores	cartaencaminhprojeto_ao_CEP.pdf	29/03/2021 10:24:47	MARCOS COELHO SANTIAGO	Aceito

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

BRASILIA, 11 de Junho de 2021

Assinado por:
Marie Togashi
(Coordenador(a))

Endereço: Faculdade de Ciências da Saúde, Universidade de Brasília - Campus Darcy Ribeiro
Bairro: Asa Norte **CEP:** 70.910-900
UF: DF **Município:** BRASÍLIA
Telefone: (61)3107-1947 **E-mail:** ceptsunb@gmail.com

APÊNDICE 1 ARTIGO PUBLICADO

CASE REPORT

Open Access



Guided endodontic treatment in a region of limited mouth opening: a case report of mandibular molar mesial root canals with dystrophic calcification

Marcos Coelho Santiago¹, Michel Mattar Altoe¹, Caroline Piske de Azevedo Mohamed¹,
 Laudimar Alves de Oliveira² and Loise Pedrosa Salles^{2*}

Abstract

Background: The endodontic treatment of calcified root canals in molars is a challenging and time-consuming procedure. Even with the aid of a surgical microscope, the risk of root perforation is high, especially in the furcation area. The purpose of this study is to report the Computer-Aided-Design and Manufacturing (CAD-CAM) workflow, the innovative strategies for the template ideation, and the guided endodontic treatment of a mandibular molar with dystrophic calcification in the mesial root canals.

Case presentation: A 58-year-old female patient, ASA I, was referred to endodontic treatment in the right first mandibular molar for prosthetic reasons. The mesiobuccal and mesiolingual canals appeared obliterated in the radiographic images. The absence of dental crown, tooth inclination, and the limited mouth opening of the region contributed to a poor visual reference of the tooth in the dental arch and the direction of the remaining lumens of the canals. Despite using surgical microscopy, the conventional technique led to the deviation of the mesiobuccal canal towards the furcation area. The obliteration of both mesial root canals was confirmed using the Cone Beam Computer Tomography. The clinical history associated with the tomography diagnosis was compatible with dystrophic calcifications in the pulp canals. The patient was submitted to an intra-oral scanning as well. The Digital Imaging and Communications in Medicine data (DICOM) were segmented. The Standard Tessellation Language (STL) files were processed following the CAD-CAM workflow, aiming to create two different endodontic templates with a new open design concept. The templates with open design allowed direct visualization of the operative field, irrigation, and dentin debris removal. The strategy of the guidance sleeves niche as half-cylinders allowed the drill insertion in a limited mouth opening region.

Conclusions: The digital planning and guided access permitted to overcome the case limitations and then re-establish the glide path following the original anatomy of the root canals. The guided endodontic represents a personalized technique that provides security, reduced risks of root perforation, and a significant decrease of the working time to access obliterated root canals even in the mesial root canal of mandibular molars, a region of limited mouth opening.

*Correspondence: loise@unb.br

² Department of Dentistry, Faculty of Health Sciences, University of Brasília (UNB), Campus Universitário Darcy Ribeiro, Asa Norte, Brasília, DF 70910-900, Brazil

Full list of author information is available at the end of the article



© The Author(s) 2022. **Open Access** This article is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License, which permits use, sharing, adaptation, distribution and reproduction in any medium or format, as long as you give appropriate credit to the original author(s) and the source, provide a link to the Creative Commons licence, and indicate if changes were made. The images or other third party material in this article are included in the article's Creative Commons licence, unless indicated otherwise in a credit line to the material. If material is not included in the article's Creative Commons licence and your intended use is not permitted by statutory regulation or exceeds the permitted use, you will need to obtain permission directly from the copyright holder. To view a copy of this licence, visit <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>. The Creative Commons Public Domain Dedication waiver (<http://creativecommons.org/publicdomain/zero/1.0/>) applies to the data made available in this article, unless otherwise stated in a credit line to the data.

Keywords: Guided endodontics, Template, Dystrophic calcification, Root canal treatment

Background

The guided endodontics is a novel technique based on Computer-Aided-Design and Computer-Aided-Manufacturing (CAD-CAM) workflow to plan and create 3D-printed templates, which aim to guide the access of pulp canals with pathologic anatomy or obliterations. The first report of guided endodontics, that most approaches to the guided endodontic as currently known, referred to treating an upper central incisor with Dens Invaginatus [1]. Unlike current templates, the study's prototype was a 3D-printed jig fixed on the tooth with a channel to guide the penetration of the drill and the working length [1]. According to the authors, adopting an endodontic template promoted safety with a significant reduction in working time. Since then, guided endodontics is evolving and expanding its indications, especially for cases with pulp canal obliteration (PCO).

PCO demands innovative strategies to achieve treatment success in complex endodontic cases and seems to be inspiring a spread of the guided endodontics usage. Dental trauma as concussion and subluxation are considered the leading causes of PCO, also named calcific metamorphosis [2, 3]. Pulp canal obliteration is also found in individuals with genetic disorders of the connective tissue, such as the Syndrome of Ehlers-Danlos Type I [4]; type II dentin dysplasia [5]; tumoral calcinosis, Marfan's syndrome [6]; Osteogenesis imperfecta Type I and Otodontal Syndrome [7]. Prolonged stimuli as caries, attrition, abrasion, erosion, surgical procedures, and orthodontic therapy can similarly lead to the obliteration of root canals by dystrophic calcifications and pulp stones [8]. Dystrophic calcification in the coronal region and root canal is prevalent in older individuals, which might be due to the pulp aging process and the reduced pulpal blood flow [9]. The deposition of secondary and tertiary dentin during the aging process causes the constriction of the pulp chamber space and, consequently, difficulties when endodontic treatment is in need. Negotiating a narrow, curved, and calcified root canal often results in an increased risk of perforation of the floor of the pulp chamber, lateral wall, and root [10, 11]. The cone-beam computed tomography proved to be an efficient method for diagnosis and endodontic treatment planning for cases with dystrophic calcifications and other types of canal obliteration [9, 11]. Recently, Gabardo et al. found an association between pulp stones and kidney stones [12]. It is important to emphasize that pulp stones are different from calcific metamorphosis (or PCO) but may demand the use of guided endodontics

to gain access to the root canals, especially for adhered pulp stones not easily removed by ultrasonic instruments [13]. In PCO, the process of calcification can start with a reduction of the tubular lumen diameter and evolve to a partial or complete obliteration of the pulp chamber and root canals [2]. Root canal treatment in cases with PCO can be considered the main indication for guided endodontic access until then.

In this context of pulp canal obliteration and guided endodontics evolution, we must highlight the technological advances of the Cone Beam Computed Tomography (CBCT), intra-oral scanner, CAD-CAM software, and the stereolithography 3D printers that enabled the ideation of guided endodontics. The fidelity of CBCT images led to more accurate diagnostic in Endodontics [14]. The own Digital Imaging and Communication in Medicine (DICOM) standard network protocol must be considered a breakthrough technology. DICOM defines the operation of service classes beyond the simple transfer of data and creates a mechanism for uniquely identifying information objects as they are acted on across the network [15]. Among the technological evolution, the STL (Standard Triangle Language or Standard Tessellation Language) allowed the transformation of raw data into a representation of bone and dental structures in the 3D geometry of microscopic triangled surfaces [16]. The DICOM segmentation and STL processing at the CAD software enable better visualization of the root canal system, soft tissues, obliteration extension, and localization of the remaining canal lumens. Therefore, the CBCT and the CAD-CAM automation in Endodontics promoted accuracy in diagnosing pulp calcifications and caused a paradigm shift of what endodontists recognize as a challenge to the specialty: risky and time-consuming access to obliterated pulp canals, for a quick treatment with less likelihood of errors.

Since 2016, guided endodontics access in clinical cases of PCO has gained greater attention [17]. However, the literature is still scarce, especially about guided endodontic access in molars. The challenge to treat obliterated root canals is even higher in posterior teeth [2]. Endodontic access in obliterated root canals of molars represents an increased risk of accidents such as perforation of the pulp chamber floor or the walls of the root canals [18]. The guided endodontics in molars demands more complex planning at the CAD phase because of the diverse anatomy. In addition, the limited field of view and demanding access to the molar region are considerable complications [19]. Despite the obliteration of the pulp

canal, the individual of this case report had additional complications: the lower molar with the destruction of the crown and loss of reference as cuspids, the inclination of the tooth in the dental arch, and limited aperture of the mouth at the molar region. The primary aims of this case report were to describe the CAD-CAM workflow to create personalized templates with innovative design and the guided endodontics' clinical procedures to treat the obliterated mesiobuccal (MB) and mesiolingual (ML) root canals of a mandibular molar. Secondary aims were to compare the open-template design to the compact design and report the success assessment after one year of follow-up. This case report followed the CARE guidelines [20].

Case presentation

A 58-year-old female patient, leucoderma, attended the dental office in May 2020 for the endodontic treatment of the first right mandibular molar. The necessity of intraradicular posts and prosthetic restoration were the indications for endodontic treatment. The patient did not report any systemic disease (ASA I) or continuous medication usage. This study has been conducted in full accordance with the ethical principles of the World Medical Association Declaration of Helsinki (version 2008). All experiments, clinical procedures, exams, and photographs were undertaken with the understanding and written consent of the patient, according to the principles mentioned above. This case report was independently reviewed and approved by the ethical board committee of the Faculty of Health Sciences of the University of Brasilia (protocol No.4.767.576, Plataforma Brasil). Clinically, the patient was asymptomatic, with a negative response to thermal and percussion tests in the right first mandibular molar. The diagnostic intraoral radiography

suggested obliteration of the root canals in the mesial and distal roots (Fig. 1). The patient did not report any trauma in the tooth indicated for the endodontic treatment. The dental record comprised a history of caries, prosthetic crowns, and root canal treatment in other teeth. There was no apical lesion visible at the periapical radiography. An attempt was made to access the root canals by conventional means. However, even with the aid of an operating microscope (Alliance microscopy—São Carlos, SP, Brazil), a deviation in the mesial root towards the furcation area occurred during the attempt to access the MB (Fig. 1). The tooth was inclined without crown references, and the patient buccal aperture at the molar region was limited. Therefore, the decision favored digital planning and the guided endodontic treatment aiming to avoid the risk of root canal perforation (Fig. 2).

The buccal, lingual, and inferior alveolar nerves were anesthetized first to treat the distal root canal. Briefly, the distal root canal was located under microscopy, using an E5 ultrasonic insert for the root canal debridement (Helse Ultrasonic, Santa Rosa de Viterbo, SP, Brazil) and under rubber dam isolation. The access to the distal root canal was successful, but it took approximately 30 min to accomplish. The diagnosis of pulp vitality was confirmed. After the working length establishment, pulp removal, and the distal root canal glide path, the endodontic treatment was completed using the medium file and the respective gutta-percha point of the WaveOne Gold system (Dentsply Maillefer, Balaigues, Switzerland). The endodontic sealer was the AH Plus (Dentsply Maillefer). The pulp chamber was filled with glass ionomer cement (Vitremer, 3 M Corporate Headquarters, St. Paul, MN, USA), and the crown was temporarily restored. After that, the patient was referred to a diagnostic imaging center for a CBCT acquisition. The necessity of the

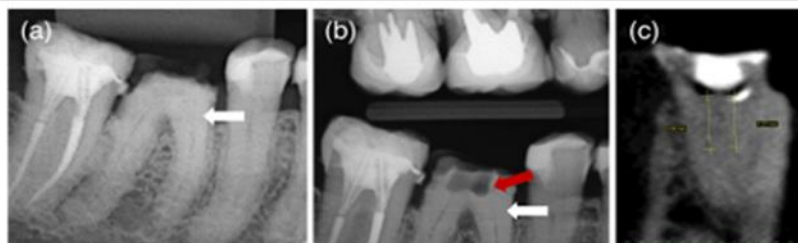
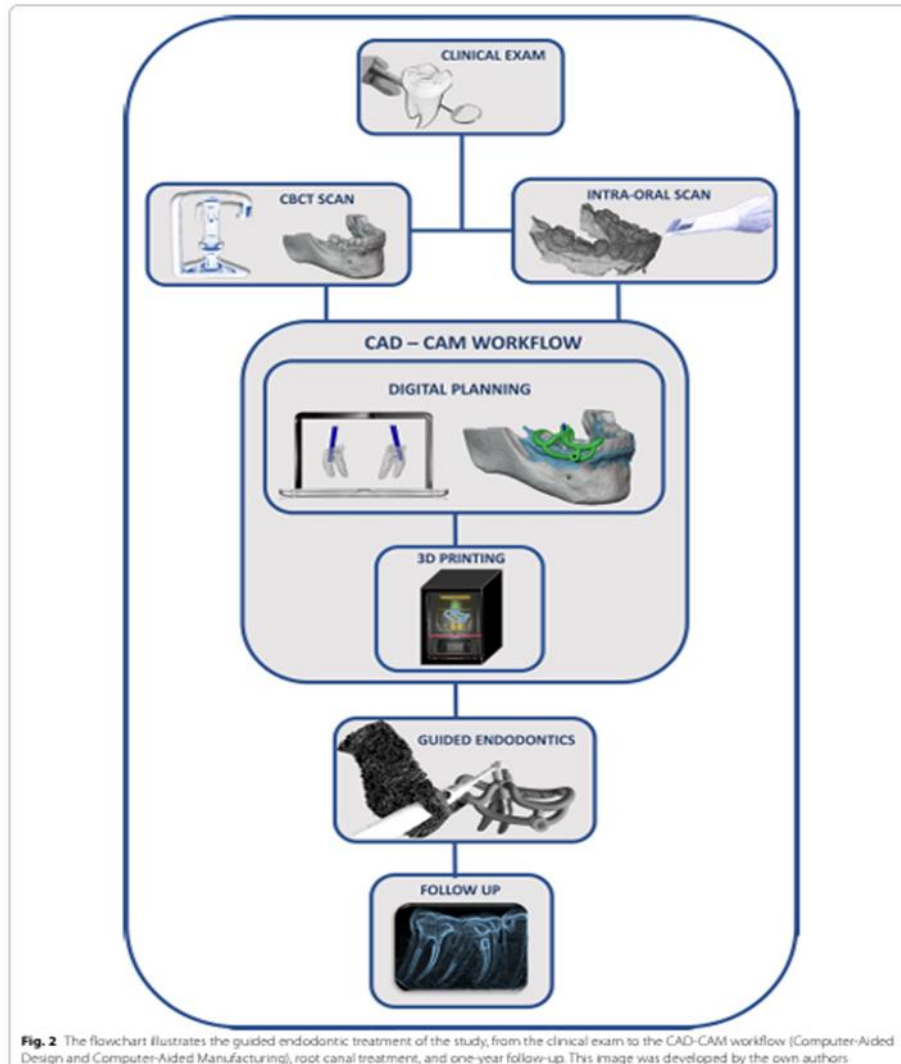


Fig. 1 Diagnostic periapical XR image was suggestive of obliteration of the pulp canals (white arrow) (a). Bitewing XR image showing deviation in the mesial root (red arrow) towards the furcation area and the extension of the root canal obliteration (white arrow) (b). Cone Beam Computer Tomography (CBCT) image with estimated measurements of the obliteration's length from the pulp chamber floor assuming the length of the 1.3 mm drill as the measurement parameter (c)



CBCT to establish the accurate diagnoses of the root canal obliterations and the digital planning of an endodontic template was informed to the patient. The risks related to the CBCT exam were also informed, and the patient signed the consent form.

The CBCT Scan of the mandible was performed in the i-CAT equipment (Imaging Sciences International, Xoran Technologies Inc., Hatfield, USA) with the following configurations: $160 \times 160 \times 54$ mm FOV (Field of View), $0.2 \times 0.2 \times 0.2$ mm Voxel, 120 kV, and 5 mA. The CBCT exam followed the guidelines of the European Society of Endodontology [21]. An area of tomography comprising the neighboring teeth from the same arch as the target tooth is mandatory for precise digital planning of the template. It is essential to emphasize that a lip retractor must be used during the CBCT scan to better segmentation of the DICOM and overlap with the scan data. The CBCT images confirmed the obliterations inside the mesiobuccal canal (MB) and the mesiolingual canal (ML) (Fig. 1). The estimated depths of the calcifications would pose a mighty risk of root canal perforation if the accesses were performed free-handed. The CBCT images confirmed the diagnoses of dystrophic calcification, and the guided endodontics as the best choice to access the root canals.

We also performed an intraoral scanning of the entire mandibular arch with the TRIOS 3 Basic equipment (3Shape A/S, Copenhagen, Denmark). Data on the teeth structure and oral mucosa are fundamental for designing the endodontic template (guide). The DICOM (Digital Imaging and Communication in Medicine) and STL (Standard Triangle Language) data from the CBCT and intraoral scan, respectively, were processed in a free digital planning software BlueSkyPlan (BlueSkyBio, Illinois, Us). The overlap between these two files was performed with maximum precision, a fundamental condition for the CAD-CAM workflow. The CAD phase comprised two steps: planning the drill's glide path based on the DICOM image data and the design of the template body using the STL file with the match of the intra-oral scanned image (Fig. 2).

First, we performed the DICOM segmentation using the BlueSkyplan software and created the 3D STL file (Fig. 3). Thereafter, the internal anatomy of the root canal system was observed. The mesial root of the right mandibular first molar showed remaining lumens at the apical third (Fig. 3). Virtual cylinders representing the 1.3 mm drill, 20 mm length (Straumann, Basel, Switzerland), were positioned across the obliterated areas to reach the beginning of the remaining lumens of MB and ML (Fig. 3). The working lengths of the drill inside the root canals were estimated at 7.55 mm (MB) and 7.67 mm (ML), considering the drill length as a parameter. The

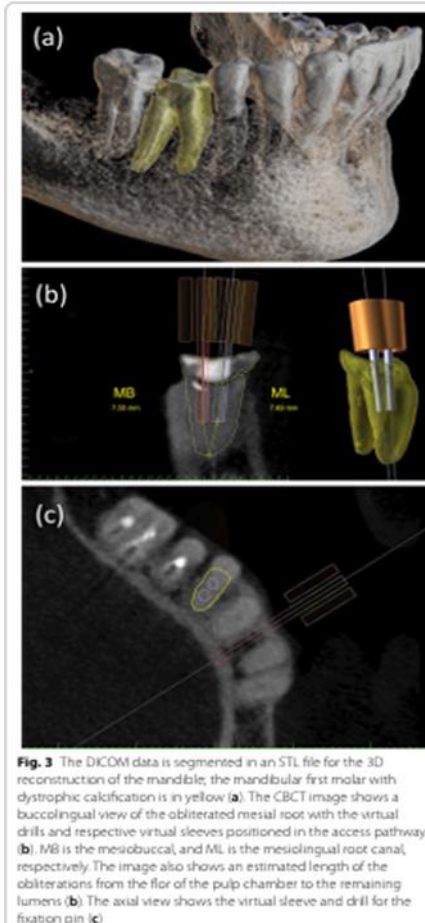


Fig. 3 The DICOM data is segmented in an STL file for the 3D reconstruction of the mandible, the mandibular first molar with dystrophic calcification is in yellow (a). The CBCT image shows a buccolingual view of the obliterated mesial root with the virtual drills and respective virtual sleeves positioned in the access pathway (b). MB is the mesiobuccal, and ML is the mesiolingual root canal, respectively. The image also shows an estimated length of the obliterations from the floor of the pulp chamber to the remaining lumens (b). The axial view shows the virtual sleeve and drill for the fixation pin (c)

virtual drill orientation represents the exact path that the drill will take during the clinical procedure. The sleeve fixation pin was planned in the same position for both templates (Fig. 3); this strategy provided stability to the template avoiding extra bone drilling. Once the virtual drill and sleeves were designed and positioned, the

STL file was exported from the BlueSkyplan to a second software (Blender for Dental, Gold Coast, Australia). Two templates were designed to guarantee independent access and the cleaning and shaping of each mesial root canal, preserving dental structure (Fig. 4). Both resin bases of the guidance sleeves were designed with the shape of half-cylinders, aiming to facilitate the positioning of the drill into the sleeve because of the limited mouth opening in the molar region (Fig. 4). We planned the tops of the sleeves resin base from both templates to limit the working length of the drill and promote security to the operator, a strategy to prevent inadvertent drilling in the danger zone of the mandibular molar at the root curvature. It is indispensable to mention that a minimum clearance of 0.05 mm between the virtual templates and dental structures was respected to compensate for software shape error and avoid future excessive pressure of the 3D printed templates over the dental structures. After completing the virtual design of the templates, the CAM

phase started with the STL files export to the printer software MiiUtility V 6.3.0 (Young Optics Inc., Hsinchu Science Park, Hsinchu, Taiwan). The templates were printed with the Smart Print Bio Bite Splint resin (MMTech Projetos Tecnológicos Importação e Exportação Ltda, SP, Brazil), using a 3D printer MiiCraft Ultra 125 (Young Optics Inc.) (Fig. 5). A space between the tooth surface and the bottom of the sleeve was intentionally left to allow the escape of dentin debris. To enhance the stability of the endodontic template, we added small arms that act as stability clamps on the neighboring teeth.

The templates were previously tested over the patient's teeth before the guided endodontics procedure (Fig. 5). The patient was anesthetized by blocking the inferior alveolar, lingual, and buccal nerves. Subsequently, the endodontic guide of the ML canal was positioned and fixed with the fixation pin. The access to the canal was performed with the 1.3 mm drill (Straumann) coupled to the XSmart Plus engine (Dentsply Maillefer) calibrated

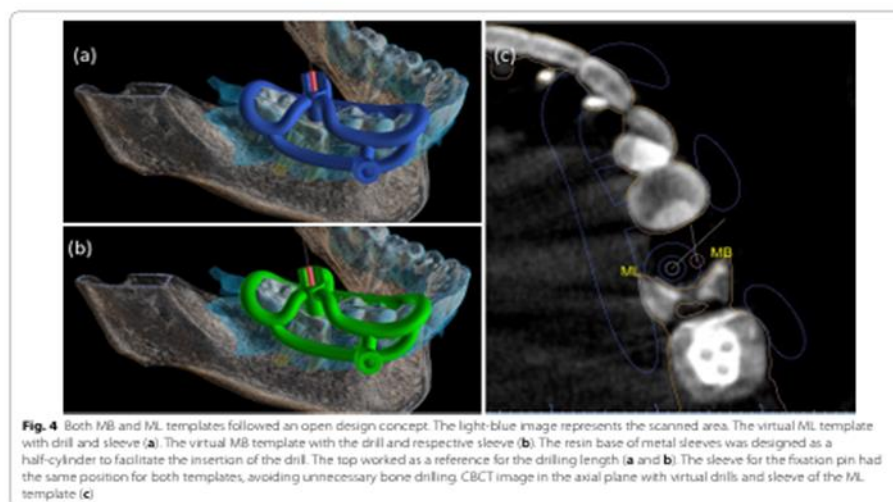


Fig. 4 Both MB and ML templates followed an open design concept. The light-blue image represents the scanned area. The virtual ML template with drill and sleeve (a). The virtual MB template with the drill and respective sleeve (b). The resin base of metal sleeves was designed as a half-cylinder to facilitate the insertion of the drill. The top worked as a reference for the drilling length (a and b). The sleeve for the fixation pin had the same position for both templates, avoiding unnecessary bone drilling. CBCT image in the axial plane with virtual drills and sleeve of the ML template (c)

(See figure on next page.)

Fig. 5 The two 3D-printed MB and ML templates and optional training model of the patient's low dental arch (a). 1, Handles of the open template, 2, lock-arms that fit the target tooth and the neighboring teeth to increase the stability of the guide, 3 the top of resin cylindrical bases of the sleeves as a reference for the working length of the drill, 4, the sleeves resin cylindrical bases, 5, the sleeve for the fixation pin. The template stability must be previously evaluated (b). The drill was positioned inside the metal sleeve following the access direction as planned in the CAD phase (c). Final XR image after the guided access and endodontic treatment (d). The XR image of one-year follow-up (e)

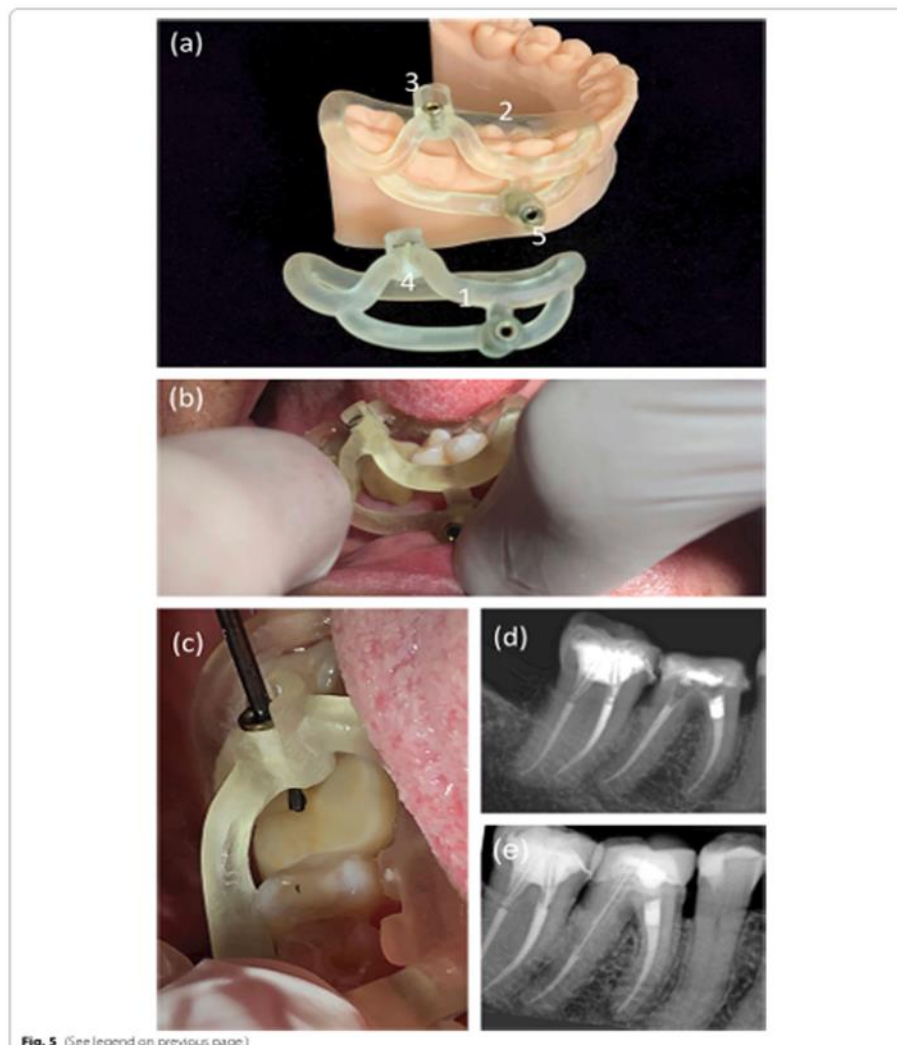


Fig. 5 (See legend on previous page.)

at 1200 RPM and 4 N (Fig. 5). The 1.3 drill was placed inside the metal sleeve, the XSmart Plus was triggered, and with "pecking" movements, the drill gained access, overcoming the calcification. The drilling procedure was constant until the entire working length as planned at the CAD phase and followed by irrigation with saline solution to avoid the heating of the drill. The first endodontic template was removed and replaced by the MB canal one. After accessing the two mesial canals, the template was removed, and the tooth was isolated with a rubber dam and dental clamp 206. The glide paths of the MB and ML were performed with a 10 Kerr file (Dentsply Maillefer, Balaigues, Switzerland). The working length of 20 mm was established with a NovApex foraminal locator (Romidan, Kiriaty Ono, Israel) for both MB and ML. The root canals were instrumented with the Primary file of the WaveOne Gold reciprocating system (Dentsply Maillefer) under 2.5% sodium hypochlorite irrigation. The smear layer was removed by final irrigation with 17% EDTA and activation with the Easy Clean device (Easy, Belo Horizonte, Brazil) for 30 s.

Finally, the root canals were irrigated with saline solution and dried with sterile absorbent paper cones (Dentsply Maillefer). The MB and ML root canal fillings were performed with primary cones (WaveOne) using AH Plus as an endodontic sealer (all from Dentsply Maillefer). The tooth was temporarily restored, radiographed and the patient was referred for prosthetic rehabilitation. The final periapical radiography showed respect to the mesial root canal anatomy and a root canal filling following the endodontic standards for a successful treatment (Fig. 5). By the end of the guided endodontic treatment, the patient was questioned about adverse effects and satisfaction with the procedure: level of pain on a scale of 0–10, heating of the tooth region, or any discomfort, how confident and would recommend this type of treatment. The patient reported no adverse effects and expressed satisfaction with the treatment, and the answers were registered on the patient dental record. After one year of follow-up, the tooth was asymptomatic, with a prosthetic crown adapted, negative to percussion tests, and the radiographic image showed the integrity of the adjacent tissues (Fig. 5).

Discussion and conclusion

This clinical report is a successful case of guided endodontic treatment in a mandibular molar with dystrophic calcification. Two templates were customized to position the drill in a region of limited mouth opening to gain access to the MB and ML root canals. Moreover, instead of a close template, we used an innovative open design concept for both templates that facilitated direct irrigation and visualization of the working area. Endodontic

treatments in molars with obliterated root canals are complex because of the tooth anatomy and posterior location. The mesial roots of mandibular molars are usually narrowed, curved, and have two remarkably close canals that make endodontic access difficult in this group of teeth, especially when obliterated. The dystrophic calcification of the mesial root canals of this case report extended to the beginning of the medium third. The attempt of conventional endodontic access posed a mighty risk of deviation and perforation in the furcation area due to the inclination of the tooth and narrowing of the root.

Until 2017, researchers and clinicians believed that guided endodontics might not be possible in molars because of the limited space for the template and the drill in the posterior region [22, 23]. Our case report demonstrated strategies adopted in the CAD-CAM workflow that allowed us to overcome those difficulties. Recently, authors reported the switch for guided endodontics after root perforations during the attempt to access the mesial and distal canals of a molar with type 1 dentin dysplasia (DD1) in a 12-year-old patient [5]. Different from the molar of this study, the DD1 tooth presented straight shortened roots and aspects of a single canal in the mesial root. Our case report proves that the guided endodontics technique can also be used in obliterated complex mesial root canals of mandibular molars, providing precision and safety. In 2016, van der Meer et al. proposed a digital planning protocol for endodontic access in anterior teeth inspired by implantology protocols [24]. Closed templates probably dominated the guided endodontics technique due to technology transfer from the dental implantology software [5, 25, 26]. The closed or compact templates cover the teeth crowns, limiting the field of view and decreasing irrigation capacity and debris removal during drilling [27]. Misir et al. showed that closed templates generated significantly higher temperatures than classical preparation techniques during bone drilling. The authors speculated that the difference in temperature increase between the techniques was because the closed design did not allow the irrigation solution to reach the preparation sites [27]. The generation of increased temperatures on the root surface during drilling represents a potential insult to the periodontal ligament and the adjacent bone [28].

Furthermore, the closed template demands a large contact area with the adjacent teeth and consequently more significant internal surface relief. Such characteristics can contribute to the impairment of field visualization and compromise the template stabilization, respectively [29]. Verification windows are essential to visualize the template's correct adaptation on the teeth. We designed an innovative concept of an open template with rod

handles that contoured and self-locked the teeth crowns to overcome the disadvantages of traditional templates. The design allowed direct view and irrigation of both drill and new entrances of the root canals, favoring the instrument cooling and smear-layer removal during the guided access. We also created lock-arms that fitted the target tooth and neighboring teeth. Both rod handles and lock-arms were designed with a minimum clearance of 0.05 mm to ensure the template "self-locking" and increase its stability. The strategy was suitable to avoid balancing movements during the drilling. The self-locking occurred between the rod handles and the equator of the tooth crown. Other authors recently proposed a different open and sleeveless design for an endodontic template to access an upper pre-molar [30]. Their template involved teeth of the whole superior arch. According to the authors, their design could be uncomfortable for some patients and difficult to use in the molar region. The endodontic template used in this case reports successfully led to access to the mandibular molar's MB and ML root canals and involved only four neighboring teeth. The design also minimized the interference of the patient's tongue and lips. Moreover, even with few teeth involved and reduced clearance, our design provided precision of the insertion axis, adaptation, and high stability. It is essential to highlight that the merging of CBCT and intraoral scan images of the patient at the CAD phase increased the precision of the endodontic template as already described in an ex-vivo study [31].

When planning the endodontic templates, the association of CBCT and intraoral scanner images enables a more predictable and safer intervention [32]. Compared with the sleeveless proposal, we favor using metal sleeves because it will adequately guide the drilling pathway without the risk of resin damaged by over-heating or undesirable resin drilling, as could happen with simple orifices to introduce the drill. The perfect adaptation between the drill and sleeve of the 3D-printed template minimizes the possible deviation of the instrument. Such deviations are mainly related to the depth and angulation of the perforation [31]. Due to the limited mouth opening in the posterior region, we designed the resin base of the drill sleeve with the shape of a half-cylinder at the upper part to facilitate the insertion of the drill. The templates of this case report were highly stable, and the fixation pin could be despised. However, the stabilization pin prevented manual stabilization and possible interferences of the patient's lips or tongue. In the posterior region, the risk of displacement of the template due to movements of the buccal mucosa, oral muscles, and tongue is higher, and fixation of the template should always be recommended.

The guided endodontics technique applied in this case report has its limitations, for example, the need for prior training. Like all techniques, the guided endodontics demands a learning curve, even if it is fast and straightforward. Another limitation of the technique is the impossibility of urgency procedures because it requires CBCT and intra-oral scanning in advance. The patient's exposure to radiation during the CBCT scan can be considered a concerning point as well. According to the SED-ENTEXCT guidelines [33], the CBCT is not indicated as a standard method to scan the anatomy of the root canal. Therefore, the CBCT for guided endodontics must have an accurate indication, such as multi-rooted teeth with canal obliterations that conventional intraoral radiographs provide insufficient information on the anatomy to establish an adequate treatment plan. For instance, the limited volume and high-resolution CBCT for guided endodontics may aid in identifying relationships with critical anatomical structures and management of pathogenic anatomies like dystrophic calcification [33]. The guided endodontic treatment demands unique equipment and devices. However, specialized digital planning centers can take over the CAD-CAM workflow and bypass the need for endodontists to acquire software, computers, and 3D printers. Most software, drills, and sleeves used for guided endodontics originated from implantology [34]. The 1.3 mm drill was formally developed for dental implants but was successful in other case reports of guided endodontics [16]. Larger diameter drills suffer a lower degree of flexion; however, parsimony is required in this choice to prevent an unnecessary cut of dentin that may cause tooth fragility. New instruments specific for guided endodontics are emerging, as drills with smaller diameters [35]. However, some features are necessary as bending resistance and specific sleeves with minimum clearance to restrain the drill deviations. In addition, the active part and design of the drill are still a subject little discussed in the literature. Some instruments were designed with long active parts, impairing their usage in specific teeth like molars.

When planning the guided endodontic access, it is also essential to consider the type of tissue that will be drilled. Enamel, dentin, bone, and dental materials may require specific drills for each case. In this clinical case, the two independent templates allowed safe access to the two mesial canals of the mandibular molar, reducing the risk of possible accidents such as perforations and even over-drilling of the root canal walls. The working time was considerably reduced from hours and possibly multiple sessions to 10 min to access the mesial root canals. After one year of follow-up, the endodontic treatment was successful.

The patient was surprised with the speed of access by guided endodontics compared with the conventional technique in the distal canal. There was no complaint of discomfort due to the fixation pin. On the contrary, the patient manifested to be comfortable and satisfied with the innovative approach.

Guided endodontics was initially proposed for cases of anterior teeth with dental anomalies or calcific metamorphosis. Our case report demonstrated that guided endodontics was a successful technique for accessing obliterated root canals, even in more complex cases such as the mesial canals of mandibular molars. The digital plan for treating the mandibular molar with dystrophic calcification reinforces guided endodontics as personalized treatment. The knowledge of anatomy and creativity in templates design led to automation, safety, and precision to access the root canals in a region of limited mouth opening. The "digital future" holds an increase in the success of endodontic treatments.

Abbreviations

CAD-CAM: Computer-Aided-Design and Computer-Aided-Manufacturing; DICOM: Digital Imaging and Communications in Medicine; STL: Standard Triangle Language or Standard Tessellation Language; 3D-printed: Three-dimensional printed; PCCO: Pulp canal obliteration; CBCT: Cone-beam computed tomography; ASA I: American Society of Anesthesiologists risk I (healthy person); MB: Mesio Buccal root canal; ML: Mesio Lingual root canal; DD1: Dentin dysplasia type 1.

Acknowledgements

To the Tiron 3D digital planning center for the academic support and CAD-CAM workflow training.

Authors' information

MCS, M.Sc., doctorate at the Post-Graduation Program in Dentistry, Faculty of Health Sciences, University of Brasília (UnB). LPS, M.Sc., Ph.D., professor of endodontics at the Post-Graduation Program in Dentistry, Faculty of Health Sciences, University of Brasília (UnB), Campus Universitário Darcy Ribeiro, Asa Norte, Brasília-DF, Brazil, 70910-900.

Authors' contributions

MCS contributed to conception, design and interpretation, drafted and critically revised the manuscript and performed the treatment. MMA contributed to planning software management, conception, design and performed calculations. CPA contributed to conception, design and interpretation, drafted and critically revised the manuscript. LAD contributed to conception, design and interpretation, drafted and critically revised the manuscript. LPS contributed to conception, design and interpretation, drafted and critically revised the manuscript and supervised the work. All authors gave final approval and agree to be accountable for all aspects of the work. All authors read and approved the final manuscript.

Funding

The design of the study and collection, analysis, and interpretation of data, and the manuscript writing was supported by institutional funds of the University of Brasília, UnB and Fundação de Apoio à Pesquisa do Distrito Federal (FAPDF, nº 00193-0000514/2020-61).

Availability of data and materials

The datasets used and/or analysed during the current case report are available from the corresponding author on reasonable request.

Declarations

Ethics approval and consent to participate

This study has been conducted in full accordance with the ethical principles of the World Medical Association Declaration of Helsinki (version 2006). This case report was independently reviewed and approved by the ethical board committee of the Faculty of Health Sciences of the University of Brasília (protocol No.4.767.576, Plataforma Brasil). All experiments, clinical procedures, exams, and photographs were undertaken with the understanding and written consent of the patient, according to the principles mentioned above.

Consent for publication

The participant/patient gave written consent for his/her personal or clinical details along with any identifying images to be published in this study.

Competing interests

The authors declare that they have no competing interests.

Author details

¹ Post-Graduation Program in Dentistry, Faculty of Health Sciences, University of Brasília (UnB), Campus Universitário Darcy Ribeiro, Asa Norte, Brasília, DF 70910-900, Brazil. ² Department of Dentistry, Faculty of Health Sciences, University of Brasília (UnB), Campus Universitário Darcy Ribeiro, Asa Norte, Brasília, DF 70910-900, Brazil.

Received: 31 August 2021 Accepted: 1 February 2022

Published online: 11 February 2022

References

- Kfir A, Telishevsky-Strauss Y, Leitner A, Metzger Z. The diagnosis and conservative treatment of a complex type 3 dens invaginatus using cone beam computed tomography (CBCT) and 3D-plastic models. *Int Endod J*. 2013;46(3):275–88.
- McCabe PS, Dummer PM. Pulp canal obliteration: an endodontic diagnosis and treatment challenge. *Int Endod J*. 2012;45(2):177–97.
- Clark D, Levin L. Prognosis and complications of mature teeth after lateral luxation: a systematic review. *J Am Dent Assoc*. 2019;150(8):649–55.
- Kapferer-Seebacher I, Schnabl D, Zschocke J, Poppe FM. Dental manifestations of Ehlers-Danlos syndromes: a systematic review. *Acta Derm Venereol*. 2020;100(7):adv00092.
- Krug R, Voland J, Reich S, Soliman S, Conner T, Kraatz G. Guided endodontic treatment of multiple teeth with dentin dysplasia: a case report. *Head Face Med*. 2020;16(1):27.
- Bauss O, Neter D, Rahman A. Prevalence of pulp calcifications in patients with Marfan syndrome. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Endod*. 2008;106(6):e56–61.
- Goga R, Chandler NP, Oginni AD. Pulp stones: a review. *Int Endod J*. 2008;41(6):457–68. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2591.2008.01374.x>
- Velmurugan N, Kasabwala KA, Saumya-Rajesh P, Ashritha M. Pulp canal obliteration: a review. *J Oper Dent Endod*. 2020;5:6–11.
- Maeda H. Aging and senescence of dental pulp and hard tissues of the tooth. *Front Cell Dev Biol*. 2020;8:605996.
- Estrela C, Decurcio DDA, Rossi-Fedele G, Silva JA, Guedes OA, Borges AH. Root perforations: a review of diagnosis, prognosis and materials. *Braz Oral Res*. 2018;32:e73. <https://doi.org/10.1590/1807-3107bor-2018-vol32-0073>
- Mahmud KH, Iqbal MA, Talukder FH. Management of Calcific metamorphosis by conventional root canal treatment: a case report. *Update Dent Coll J*. 2020;10(2):21–5.
- Gabardo MCL, Wambier LM, Rocha JS, Kuchler EC, de Lara RM, Leonardi DP, Sousa-Neto MD, Baratto-Filho F, Michel-Crosato E. Association between pulp stones and kidney stones: a systematic review and meta-analysis. *J Endod*. 2019;45(9):1099–1105.e2.
- Jannati R, Afshari M, Moosazadeh M, Allahgholipour SZ, Eidi M, Hajhosseini M. Prevalence of pulp stones: a systematic review and meta-analysis. *J Evid Based Med*. 2019;12(2):133–9.
- McClammy TV. Endodontic applications of cone beam computed tomography. *Dent Clin North Am*. 2014;58(3):545–59.

15. Kahn CE Jr, Langlotz CP, Channin DS, Rubin DL. Informatics in radiology: an information model of the DICOM standard. *Radiographics*. 2011;31(1):295–304.
16. Kamio T, Suzuki M, Asaumi R, Kawai T. DICOM segmentation and STL creation for 3D printing: a process and software package comparison for osseous anatomy. *BMC 3D Print Med*. 2020. <https://doi.org/10.1186/s41205-020-00069-2>.
17. Moreno-Rodríguez C, Torres A, Lambrechts P, Jacobs R. Clinical applications, accuracy and limitations of guided endodontics: a systematic review. *Int Endod J*. 2020;53(2):214–31.
18. Vekhalah M, Swamijung O. Accidental perforations during root canal treatment: an 8-year nationwide perspective on healthcare malpractice claims. *Clin Oral Invest*. 2020;24(10):9683–90.
19. Maia LM, de Carvalho MV, da Silva NRFA, Brito Júnior M, da Silva PR, Moreira Júnior G, Ribeiro Sobrinho AP. Case reports in maxillary posterior teeth by guided endodontic access. *J Endod*. 2019;45(2):214–8.
20. Riley DS, Barber MS, Kienle GS, Aranson JK, von Schoen-Angerer T, Tugwell P, Kiene H, Helfand M, Altman DG, Sok H, Werthmann PG, Mohr D, Rison RA, Shamseer L, Koch CA, Sun GH, Hanaway P, Sudak NL, Kaszi-Bettag M, Carpenter JE, Gagnier JJ. CARE guidelines for case reports: explanation and elaboration document. *J Clin Epidemiol*. 2017;89:218–35.
21. Patel S, Brown J, Semper M, Abella F, Mannocci F. European Society of Endodontology position statement: use of cone beam computed tomography in Endodontics. European Society of Endodontology (ESE) developed by. *Int Endod J*. 2019;52(12):1675–8.
22. Fonseca Tavares WL, Diniz Viana AC, de Carvalho MV, Feitosa Henriques LC, Ribeiro Sobrinho AP. Guided endodontic access of calcified anterior teeth. *J Endod*. 2018;44(7):1195–9.
23. Connett T, Zehnder MS, Weiger R, Kuhl S, Krasl G. Microguided endodontics: accuracy of a miniaturized technique for apically extended access cavity preparation in anterior teeth. *J Endod*. 2017;43(5):787–90.
24. van der Meer WL, Vucink A, Ng YL, Gulabivala K. 3D Computer aided treatment planning in endodontics. *J Dent*. 2016;45:67–72.
25. Zehnder MS, Connett T, Weiger R, Krasl G, Kuhl S. Guided endodontics: accuracy of a novel method for guided access cavity preparation and root canal location. *Int Endod J*. 2016;49(10):966–72.
26. Lara-Mendes STO, Barbosa CFM, Santa-Rosa CC, Machado VC. Guided endodontic access in maxillary molars using cone-beam computed tomography and computer-aided design/computer-aided manufacturing system: a case report. *J Endod*. 2018;44(5):875–9.
27. Misir AF, Sumer M, Yenesey M, Engioglu E. Effect of surgical drill guide on heat generated from implant drilling. *J Oral Maxillofac Surg*. 2009;67(12):2663–8.
28. Hussey DL, Biagioni PA, McCullagh JJ, Lamey PJ. Thermographic assessment of heat generated on the root surface during post space preparation. *Int Endod J*. 1997;30(3):187–90.
29. Perez C, Finelli G, Couvrechel C. Optimisation of a guided endodontics protocol for removal of fibre-reinforced posts. *Aust Endod J*. 2020;46(1):107–14.
30. Torres A, Lerut K, Lambrechts P, Jacobs R. Guided endodontics: use of a sleeveless guide system on an upper premolar with pulp canal obliteration and apical periodontitis. *J Endod*. 2021;47(1):133–9.
31. Buchgreitz J, Buchgreitz M, Montonen D, Bjärndal L. Guided access cavity preparation using cone-beam computed tomography and optical surface scans: an ex vivo study. *Int Endod J*. 2016;49(8):790–5.
32. Anderson J, Walleans J, Ray J. Endodontic applications of 3D printing. *Int Endod J*. 2018;51(9):1005–18.
33. The SEDENTEXCT consortium. Radiation protection No 172. Cone beam CT for dental and maxillofacial radiology. Evidence based guidelines. <https://www.sedentext.eu/content/guidelines-cbct-dental-and-maxillofacial-radiology.htm>. Accessed 01 January 2022.
34. Ahn SY, Kim NH, Kim S, Karabucak B, Kim E. Computer-aided design/computer-aided manufacturing guided endodontic surgery: guided osteotomy and apex localization in a mandibular molar with a thick buccal bone plate. *J Endod*. 2018;44(4):665–70.
35. Loureiro MAZ, Silva JA, Chaves GS, Capeletti LR, Estrela C, Decurcio DA. Guided endodontics: the impact of new technologies on complex case solution. *Aust Endod J*. 2021. <https://doi.org/10.1111/aej.12498>.

Publisher's Note

Springer Nature remains neutral with regard to jurisdictional claims in published maps and institutional affiliations.

Ready to submit your research? Choose BMC and benefit from:

- fast, convenient online submission
- thorough peer review by experienced researchers in your field
- rapid publication on acceptance
- support for research data, including large and complex data types
- gold Open Access which fosters wider collaboration and increased citations
- maximum visibility for your research: over 100M website views per year

At BMC, research is always in progress.

Learn more biomedcentral.com/submissions

