



UNIVERSIDADE
FERNANDO
PESSOA

ENDODONTIA GUIADA, O CAMINHO PARA UM TRATAMENTO ENDODÔNTICO NÃO-CIRÚRGICO MAIS CONSERVADOR: UMA REVISÃO NARRATIVA

[Guided endodontics, the path to a more conservative non-surgical endodontic
treatment: a narrative review]

Dissertação de Mestrado
Mestrado Integrado em Medicina Dentária

Elisabete Maria Gonçalves Soares

Orientadora:
Mestre Márcia Cascão

Junho 2024

**ENDODONTIA GUIADA, O CAMINHO PARA UM TRATAMENTO
ENDODÔNTICO NÃO-CIRÚRGICO MAIS CONSERVADOR:
UMA REVISÃO NARRATIVA**

[Guided endodontics, the path to a more conservative non-surgical endodontic
treatment: a narrative review]

Dissertação de Mestrado
Mestrado Integrado em Medicina Dentária

Elisabete Maria Gonçalves Soares

Orientadora:
Mestre Márcia Cascão

Junho 2024

"Dreams without goals are just dreams.
And ultimately, they fuel disappointment. On the road, to achieving your dreams, you
must apply discipline but more importantly consistency, because:
without commitment you'll never start, but without consistency, you'll never finish."

Denzel Hayes Washington Jr

Agradecimentos

Concluída esta etapa, expresso os meus agradecimentos a todos os que me acompanharam e ajudaram durante o meu percurso académico.

À minha orientadora, Mestre Márcia Cascão, cuja motivação e firmeza constantes foram fundamentais para o avanço deste trabalho. A sua paixão e dedicação à Endodontia não apenas me inspiraram a escolher esta área, como também a aprofundar os meus estudos e a desenvolver esta tese com entusiasmo e empenho. Tudo isto é um reflexo do seu compromisso com a excelência e da sua capacidade de inspirar os seus alunos. Agradeço por todo o tempo e esforço dedicados e por ser uma mentora exemplar. Sou eternamente grata pela sua orientação e por me ter inspirado a seguir este caminho académico.

Ao Professor Doutor Tiago Faria, Professor José Frias Bulhosa e Professor Doutor Duarte Guimarães. Por toda a disponibilidade demonstrada e apoio na clínica pedagógica, pelas críticas construtivas e palavras de encorajamento. Por me incentivarem a pensar “fora da caixa”, e por me proporcionarem uma formação exemplar num ambiente familiar.

Expresso a minha profunda gratidão à Universidade Fernando Pessoa, em especial à Faculdade de Ciências da Saúde, pela inestimável oportunidade de desenvolvimento académico e pessoal proporcionada durante a minha jornada e por me ajudarem a realizar o meu sonho.

Aos meus pais, M^a da Graça e Horácio, pelas bases e pela educação. Por me ensinarem a saber estar e a saber lidar com o mundo em geral. Foi através das suas lutas e sacrifícios que aprendi a valorizar cada oportunidade que me foi dada. Uma realidade que, embora difícil, se tornou fundamental para o meu crescimento e desenvolvimento e que me ensinou lições inestimáveis sobre responsabilidade, gestão de tempo e perseverança.

Às minhas irmãs: Cláudia, Raquel e Inês. Minhas confidentes e conselheiras. Em cada desafio que enfrentei ao longo deste percurso, vocês estiveram ao meu lado a oferecer-me palavras de encorajamento e apoio, cada uma à sua maneira. Ao meu irmão Pedro, cuja presença tranquila e apoio discreto foram uma fonte de conforto e estabilidade para mim. Aos meus sobrinhos, Matilde e Salvador, que me trouxeram alegria, risos e uma dose extra de motivação neste trajeto que espero que lhes sirva de inspiração um dia. Que continuem a crescer com sabedoria e amor, e que saibam que são uma parte fundamental da minha jornada.

Ao João. O principal impulsionador disto tudo. A pessoa que me fez acreditar que nunca é tarde para sonhar mais alto e alcançar os meus objetivos. A minha sincera gratidão pelo seu apoio inabalável, compreensão e amor diários ao longo destes 5 anos. Em cada momento de dúvida ou desânimo, esteve sempre lá para me encorajar, motivar e lembrar-me do meu potencial. Que este trabalho seja uma pequena demonstração do quanto valorizo e aprecio a sua presença na minha vida.

Ao Sr. Antonino, à Piedade, ao Pedro e à dona Amélia. A família que sempre me acolheu de braços abertos e que sempre fez questão de celebrar todas as minhas pequenas vitórias ao longo deste duro percurso. Cada fim de semana passado em Lamego ou Riodades recarregou as minhas baterias para enfrentar a semana seguinte, e todas as palavras, conselhos e críticas fizeram a diferença na superação dos desafios propostos. Estarei eternamente grata e espero ter-vos deixado orgulhosos.

Ao meu binómio, João. Por me ter ensinado que se queremos ir mais longe, devemos ir acompanhados. Para além de ter sido uma inspiração e exemplo de resiliência, tornou-se um amigo, conselheiro e mentor nesta jornada. Que a nossa amizade perdure e possamos partilhar mais vitórias juntos.

À Cristiana e à Mariana. Duas pessoas que fizeram parte do meu dia a dia na faculdade e que sempre tiveram paciência para me ouvir, nos meus melhores e nos meus piores dias. O ambiente de entreajuda tornou as minhas semanas de frequências mais leves e os momentos de brincadeira fizeram a diferença.

Aos meus amigos, Teresa, André e Isabel. Existe um provérbio que diz: “Quem à boa árvore se chega, boa sombra o acolhe”. O círculo onde nos inserimos consegue influenciar-nos nas nossas escolhas e tomadas de decisões, é inevitável. Eu tive a sorte de ter amigos que sempre me demonstraram que com trabalho e perseverança, conseguimos alcançar as nossas metas, e por isso sou-lhes muito grata.

Endodontia guiada, o caminho para um tratamento endodôntico não-cirúrgico mais conservador:
uma revisão narrativa

Resumo

A endodontia guiada emerge na medicina dentária contemporânea como uma abordagem inovadora, integrando tecnologias de imagem avançadas e sistemas de navegação que contribuem para a otimização do tratamento. Esta revisão narrativa aborda profundamente o potencial transformador dessas tecnologias no campo da endodontia, explorando a sua aplicabilidade clínica, benefícios e desafios associados. São vários os obstáculos que podem dificultar a realização de um tratamento endodôntico conservador, entre eles destacam-se a calcificação dos canais radiculares, as atresias e as variações anatómicas dentárias. Tendo como base as técnicas de navegação guiadas cirúrgicas, a endodontia guiada tem vindo nos últimos anos a ocupar um lugar de destaque no seio da medicina dentária conservadora, quer seja através da técnica de navegação estática, quer seja através da técnica de navegação dinâmica. A precisão desta técnica, oferece imensas vantagens quando comparada com a técnica de endodontia convencional. Através de uma revisão bibliográfica, este trabalho procura demonstrar a eficácia e segurança da endodontia guiada, evidenciando os resultados positivos e destacando a capacidade desta técnica de melhorar a previsibilidade dos tratamentos, preservando ao mesmo tempo a estrutura dentária, como relatado por diversos autores. Quanto às tecnologias fundamentais para a sua execução, é de salientar o papel da tomografia computadorizada de feixe cónico, do *scanner* intra-oral e das impressoras 3D, para além de todo o *software* de planeamento digital, que tem sido cada vez mais uma ferramenta presente no dia a dia do médico dentista. Apesar de existirem já alguns casos clínicos documentados que envolvem a utilização desta técnica, considera-se que *follow-ups* a longo prazo são necessários para que se possa confirmar efetivamente o seu sucesso e eficácia. Apesar de ser relativamente recente, a endodontia guiada tem evoluído a um bom ritmo, contudo espera-se que a técnica seja mais simples nos próximos anos (especialmente através da navegação guiada dinâmica), assim como se torne num tratamento mais acessível à população em geral, promovendo assim a preservação da dentição natural e evitando tratamentos mais invasivos.

Palavras-chave: “Endodontia Guiada”; “Guia Endodôntica”; “Canais Radiculares Calcificados”; “Impressão 3D”; “Tomografia computadorizada feixe cónico”.

Endodontia guiada, o caminho para um tratamento endodôntico não-cirúrgico mais conservador:
uma revisão narrativa

Abstract

Guided endodontics is emerging in contemporary dentistry as an innovative approach, integrating advanced imaging technologies and navigation systems that contribute to treatment optimization. This narrative review takes an in-depth look at the transformative potential of these technologies in the field of endodontics, exploring their clinical applicability, benefits and associated challenges. There are several obstacles that can hinder conservative endodontic treatment, including root canal calcification, atresia and dental anatomical variations. Based on surgical guided navigation techniques, guided endodontics has come to occupy a prominent place in conservative dentistry in recent years, whether through the static navigation technique or the dynamic navigation technique. The precision of this technique offers immense advantages when compared to conventional endodontics. Through a literature review, this paper seeks to demonstrate the efficacy and safety of guided endodontics, highlighting the positive results and emphasizing the ability of this technique to improve the predictability of treatments while preserving tooth structure, as reported by several authors. As for the technologies that are fundamental to its implementation, we should highlight the role of cone beam computed tomography, intraoral scanners and 3D printers, as well as digital planning software, which has increasingly become a tool in the dentist's daily routine. Although there are already some documented clinical cases involving the use of this technique, it is considered that long-term follow-ups are necessary in order to effectively confirm its success and effectiveness. Despite being relatively new, guided endodontics has evolved at a good pace, but it is hoped that the technique will become simpler in the coming years (especially through dynamic guided navigation), as well as becoming a more accessible treatment for the general population, thus promoting the preservation of the natural dentition and avoiding more invasive treatments.

Key-words: “Guided Endodontics”; “Endodontic Guide”; “Calcified root canals”; “3D printing”; “Cone Beam Computed Tomography”.

Índice Geral

Resumo	I
Abstract.....	III
Listas de Abreviaturas, Siglas, Símbolos ou Acrónimos.....	VII
1. Introdução.....	1
2. Desenvolvimento	4
2.1. Materiais e Métodos.....	4
2.2. Endodontia	4
2.2.1. Morfologia dentária	5
2.2.2. Canais atrésicos	6
2.2.3. Calcificação pulpar	7
2.3. Princípios da Endodontia Guiada	8
2.4. Tecnologia utilizada na endodontia guiada e as suas técnicas.....	9
2.5. Eficácia e precisão das técnicas guiadas	11
2.6. Aplicações clínicas da endodontia guiada	13
2.7. Vantagens e desvantagens da endodontia guiada	16
2.8. Estudos de caso e resultados clínicos	18
2.9. Inovações futuras e desenvolvimento tecnológico	20
2.10. Aspectos económicos e acessibilidade.....	21
2.11. Perspetivas e experiência do paciente	23
3. Conclusão	24
4. Referências bibliográficas	25

Endodontia guiada, o caminho para um tratamento endodôntico não-cirúrgico mais conservador:
uma revisão narrativa

Listas de Abreviaturas, Siglas, Símbolos ou Acrónimos

3D - Tridimensional

CAD - Computer-Aided Design

DICOM - Digital Imaging and Communications in Medicine

STL - Standard Tessellation Language

1. Introdução

Embora o tratamento endodôntico não cirúrgico tenha uma taxa de sucesso elevada, por vezes falha mesmo sendo aplicadas as melhores técnicas e utilizados os melhores materiais. Essas falhas podem ser atribuídas a causas endodônticas, periodontais ou restauradoras. Normalmente, considera-se que os problemas que surgem após o tratamento são causados por infecção intrarradicular persistente, infecção extrarradicular ou reinfeção secundária (Siqueira Jr, 2001; Touré et al., 2011; Vire, 1991, as cited in Neelakantan et al., 2022).

A realização de uma cavidade de acesso é o primeiro passo no tratamento endodôntico essencial para o sucesso do tratamento. Um acesso correto deve permitir ao médico dentista remover qualquer bloqueio na câmara pulpar, encontrar todo o sistema de canais, e executar uma correta instrumentação químico-mecânica e posterior selamento dos mesmos, tentando preservar ao máximo a estrutura dentária remanescente (Zehnder et al., 2016).

Uma preocupação associada às técnicas de preparo da cavidade de acesso endodôntico é a quantidade de tecido dentário removido, que pode levar a uma diminuição da resistência do dente quando sujeito a forças funcionais e conseqüentemente originar fraturas. É aqui que surge o conceito de “cavidades de acesso minimamente invasivas” que procura dar ênfase à relevância de preservar a estrutura dentária (Rover et al., 2017).

Existe, no entanto, um conjunto de situações clínicas que se apresentam como obstáculos à obtenção deste tipo de preparo, como por exemplo a localização do sistema de canais radiculares em dentes com presença de calcificações. Nestes casos pode ocorrer a remoção de uma grande quantidade de estrutura dentária, afetando assim a sua resistência e podendo ainda originar iatrogenias (Chong et al., 2019).

O sistema de canais radiculares pode estar parcial ou totalmente obliterado resultante de diversos fatores como cáries, procedimentos restauradores, hábitos parafuncionais, fricção ou trauma. A obliteração dos canais pulpares ou metamorfose calcificante, é um processo fisiológico de envelhecimento ou uma resposta da polpa a uma agressão, que é caracterizada pela deposição de tecido duro no interior do sistema de canais radiculares, conduzindo à atrofia da polpa ao reduzir o seu volume original (Braga Diniz et al., 2022).

Endodontia guiada, o caminho para um tratamento endodôntico não cirúrgico mais conservador:
uma revisão narrativa

Em 2005, a American Association of Endodontists, classificou o tratamento endodôntico não cirúrgico em dentes com calcificação pulpar como sendo um tratamento de elevado grau de dificuldade, isto porque da simples preparação da cavidade de acesso pode advir uma perda excessiva de estrutura dentária que afetará a estabilidade do dente a longo prazo, em particular no caso dos incisivos mandibulares. Assim sendo, uma nova abordagem terapêutica tem vindo a ser proposta: a endodontia guiada, com o duplo objetivo de melhorar a orientação da cavidade de acesso e máxima preservação da estrutura dentária (Paquete et al., 2019).

A endodontia guiada, que envolve o uso de guias personalizadas para a preparação de cavidade de acesso de acordo com a anatomia do sistema de canais radiculares, pode representar uma opção superior à perfuração manual, pois seu resultado é altamente previsível e o risco de iatrogenia é reduzido (Torres et al., 2023).

Apesar das radiografias a duas dimensões ainda serem das mais utilizadas na prática clínica atual, as suas limitações aumentam o risco de erro e podem levar à não valorização da patologia endodôntica em comparação com a imagem tridimensional (Reda et al., 2022).

Pode atualmente considerar-se que, a tomografia computadorizada de feixe cônico uma ferramenta crucial neste tratamento, tornando-o mais seguro e previsível, pois para além de permitir a visualização tridimensional das estruturas anatómicas, facilita o planeamento e possibilita intervenções mais conservadoras que nos vão conferir um melhor prognóstico. Apesar deste meio auxiliar radiográfico ser tão valioso, será difícil para um operador inexperiente interpretar as imagens da tomografia computadorizada de feixe cônico, criar uma guia mental e, ao mesmo tempo, realizar o tratamento manualmente. A endodontia guiada, que se baseia no planeamento do tratamento endodôntico com a ajuda da tecnologia computacional, surgiu para resolver esses problemas (Loureiro et al., 2021).

A endodontia guiada poderá ser apoiada essencialmente por dois tipos de técnicas: a estática e a dinâmica. Relativamente à estática, trata-se de uma técnica na qual uma goteira fixa é utilizada, sendo projetada com o auxílio de um software de design assistido por computador, com base na imagem pré-operatória obtida por tomografia computadorizada de feixe cônico. Esta guia pode ser suportada por dente, mucosa ou pelo osso. A guia dinâmica utiliza uma tecnologia de navegação cirúrgica assistida por

computador, semelhante aos sistemas de posicionamento global ou navegação por satélite (Chong et al., 2019).

O principal objetivo desta revisão narrativa é analisar o desenvolvimento da técnica de endodontia guiada e compará-la com as técnicas tradicionais de acesso endodôntico. Pretendemos traçar a evolução das metodologias desde os métodos convencionais até às técnicas minimamente invasivas e guiadas por imagem tridimensional, realçando os benefícios e limitações de cada uma. A literatura atual demonstra que a endodontia guiada promove um tratamento com maior segurança e eficácia, beneficiando tanto os pacientes quanto os profissionais, e mostrando o seu potencial na redução de complicações. Adicionalmente, iremos realizar uma comparação entre diferentes abordagens clínicas, tais como as cavidades de acesso convencionais versus as cavidades de acesso conservadoras e guiadas. Esta revisão pode, assim, orientar futuras pesquisas e inovações na área, podendo também servir como uma base sólida de conhecimento para estudantes e profissionais em formação.

Endodontia guiada, o caminho para um tratamento endodôntico não cirúrgico mais conservador:
uma revisão narrativa

2. Desenvolvimento

2.1. Materiais e Métodos

Tendo como base os objetivos anteriormente referidos, efetuou-se uma revisão narrativa da literatura científica existente. Foram pesquisados artigos completos, na língua inglesa e portuguesa, nos motores de busca PubMed, Science e Science Direct. Recorreu-se também ao *Glossário de Termos Endodônticos* da American Association of Endodontists, e a edições das revistas *Journal of Endodontics*, *International Endodontic Journal* e *O Jornal Dentistry*. O limite temporal estabelecido para a pesquisa foi de 2016 a 2024.

Utilizaram-se as seguintes palavras-chave na pesquisa de artigos: “Guided Endodontics”, “Root canal calcification”, “Endodontic Guide”, “Cone Beam Computed Tomography”, “CBCT”, “3D Printing”.

Os artigos selecionados para a realização do trabalho foram considerados relevantes após leitura de título, resumo e introdução. Foram selecionados 62 artigos. Analisada toda a informação recolhida, foram sujeitos a uma triagem de acordo com critérios de inclusão e exclusão tendo sido utilizados 59 artigos. Como critérios de inclusão, foram selecionadas meta-análises, revisões narrativas, estudos clínicos, assim como casos clínicos com interesse e valor científico para o tema em questão. Como critérios de exclusão, foram eliminados artigos sem interesse e valor científico para o tema, assim como os que não cumpriam o limite temporal estabelecido para a pesquisa.

2.2. Endodontia

De acordo com o Glossário de Termos Endodônticos da American Association of Endodontists, atualizado em 2020, a endodontia é “a área da medicina dentária que se preocupa com a morfologia, fisiologia e patologia da polpa dentária humana e dos tecidos perirradiculares, e o seu estudo e prática abrangem as ciências básicas e clínicas, incluindo a biologia da polpa normal e a etiologia, diagnóstico, prevenção e tratamento de doenças e lesões da polpa e condições perirradiculares associadas” (American Association of Endodontists, 2020, p. 18).

Inspirada por várias áreas cirúrgicas, a procura do tratamento de doenças através de procedimentos minimamente invasivos tem, com alguma controvérsia, influenciado a endodontia. De facto, a remoção da polpa e a apicectomia podem ser considerados procedimentos semelhantes a atos cirúrgicos realizados noutras partes do corpo e, por

isso, um número crescente de estudos tem abordado o "potencial" da adoção de procedimentos minimamente invasivos no tratamento do sistema de canais radiculares, com o objetivo de conservar ao máximo a estrutura dentária, contribuindo assim para a preservação a longo prazo do dente tratado (Neelakantan et al., 2022).

A preparação mecânica do sistema de canais radiculares com instrumentos manuais ou mecânicos tem dois objetivos principais: a remoção de polpa infetada e/ou irreversivelmente inflamada e conferir ao canal radicular uma forma adequada para que o seu selamento ocorra da maneira mais hermética possível. Embora os objetivos pareçam simples em teoria, vários fatores como a anatomia do canal radicular, a carga microbiana e a formação de biofilme, podem condicionar o alcance desses objetivos (Neelakantan et al., 2017; Siqueira et al., 2018).

Do ponto de vista biológico, os procedimentos de instrumentação e desinfecção do canal radicular têm como objetivo principal eliminar a carga microbiana e os seus subprodutos, permitindo que haja um ambiente favorável à cicatrização. No entanto, isto torna-se difícil devido aos obstáculos macro-anatômicos, como as curvaturas e as calcificações, e micro-anatômicos como istmos, canais laterais e deltas apicais, que devem ser encarados pelo médico dentista como norma e não como exceção. Estas considerações sugerem que os canais radiculares devem ser instrumentados de forma a aumentar o seu calibre e a sua conicidade, com o objetivo de permitir que os agentes irrigantes antimicrobianos fluam e circulem através de todo o sistema de canais radiculares e promovam a desinfecção dos mesmos. Este conceito teórico sugere, assim, que a conformação e o calibre do canal radicular podem condicionar a eficácia da desinfecção, interferindo consequentemente no prognóstico do tratamento (Neelakantan et al., 2022).

2.2.1. Morfologia dentária

À medida que o conhecimento da anatomia dentária evolui, a prática clínica também deve evoluir e adaptar-se. A morfologia dos canais radiculares e as suas variações anatómicas representam um grande desafio para o médico dentista, por isso, possuir um vasto conhecimento da anatomia externa e interna radicular e canalar é fundamental para o sucesso do tratamento endodôntico. Os clínicos devem estar cientes quer da anatomia dentária normal quer das alterações que esta possa sofrer, antes de qualquer intervenção endodôntica, para que se possam prevenir possíveis iatrogenias que condicionem o sucesso do tratamento endodôntico não cirúrgico (Guimarães et al., 2023; Sert & Bayirly,

Endodontia guiada, o caminho para um tratamento endodôntico não cirúrgico mais conservador:

uma revisão narrativa

2004; Vertucci, 2005, as cited in Karobari et al., 2024).

Apesar do vasto conhecimento atual da anatomia radicular, que é possível obter recorrendo principalmente à tomografia computadorizada de feixe cônico, implementar esse conhecimento na prática clínica pode ser um desafio. Além disso, a complexidade anatômica resultante das curvaturas dos canais radiculares desempenha um papel importante na tomada de decisão sobre o tamanho da preparação apical, instrumentação mecânica e irrigação, afetando a quantidade de dentina removida durante a instrumentação. Os objetivos do desbridamento do canal radicular devem, por isso, ser direcionados para uma instrumentação que respeite a anatomia original, permitindo ao mesmo tempo a desinfecção do sistema de canais radiculares. Devido à alta variabilidade anatômica radicular, em muitos casos são necessárias diversas abordagens, para alcançar os objetivos do tratamento (Chaniotis & Ordinola-Zapata, 2022; Neelakantan et al., 2022).

2.2.2. Canais atrésicos

De acordo com Schilder (1974), o sistema de canais radiculares deve ser instrumentado para que seja removida toda a matéria orgânica e preparado para um preenchimento tridimensional. Contudo, estes princípios podem não ser atingíveis quando nos deparamos com canais curvos, constrictos ou atrésicos. Os canais radiculares podem possuir curvaturas ao longo de toda a sua extensão, assim como o seu diâmetro pode ser afetado pelo processo fisiológico de envelhecimento, formação de dentina secundária e calcificações. Posto isto, cinco objetivos mecânicos foram sugeridos: (Schilder, 1974, as cited in Chaniotis & Ordinola-Zapata, 2022).

1. O canal deve ser afinado desde o ápice até à cavidade de acesso.
2. O diâmetro transversal deve ser mais estreito à medida que nos direcionamos para o ápice.
3. A preparação do canal radicular deve acompanhar a forma do canal original.
4. Não deve ser alterada a posição do foramen apical.
5. A constrição apical deve ser mantida tão pequena quanto possível.

E quatro objetivos biológicos:

1. A instrumentação deve estar confinada apenas às raízes.
2. O tecido necrótico não deve ser forçado para além do foramen apical.
3. Deve ser feita a remoção de todo o tecido necrótico ou inflamado do espaço do canal radicular.
4. Deve ser criado espaço suficiente para medicamentos intracanales, caso se justifique.

Os objetivos anteriormente mencionados podem ser facilmente atingidos em canais radiculares retos e largos. Contudo, quando nos deparamos com canais atrésicos e\ou curvos é necessário um planeamento mais detalhado do dente a tratar e adequar o protocolo de instrumentação mecânica à anatomia. A instrumentação deste tipo de morfologias canales, obriga a forças de torção e flexão que podem causar forças desiguais, levando em muitas situações à ocorrência de iatrogenias como transporte canal, desvio do trajeto original, perfuração apical ou fratura do instrumento (Schäfer & Dammaschke, 2006, as cited in Chaniotis & Ordinola-Zapata, 2022).

2.2.3. Calcificação pulpar

A calcificação pulpar é definida como “uma evidência radiográfica de aumento de produção de dentina, principalmente como resposta a trauma, e o resultado final deste processo é um canal calcificado ou atresiado, o que não é necessariamente indicativo de uma polpa doente ou inexistente” (American Association of Endodontists, 2020, p. 9).

Lazzaretti et al. (2014), observaram que na polpa coronal a calcificação existente normalmente apresentava-se sob a forma de cálculos pulpares discretos e concêntricos, enquanto que nos canais radiculares tendia a ser mais difusa. Para além disso, indicaram que quando se apresentavam em grande número e dimensão, as calcificações pulpares eram capazes de obliterar total ou parcialmente a cavidade pulpar (Lazzaretti et al., 2014, as cited in Parashos, 2023).

As calcificações difusas normalmente podem ser observadas nos canais radiculares de pacientes mais velhos, causadas pela aposição contínua de dentina secundária ou terciária ao longo da vida, o que pode resultar numa calcificação severa do canal pulpar. No entanto, podem também estar presentes na câmara pulpar de pacientes mais jovens

Endodontia guiada, o caminho para um tratamento endodôntico não cirúrgico mais conservador:

uma revisão narrativa

quando afetados por cáries. Normalmente, o processo de calcificação progride numa direção corono-apical, por isso, após o acesso inicial ao canal ser realizado com sucesso, a instrumentação tende a ser realizada mais facilmente à medida que se progride em direção à zona apical (Foreman & Soames, 1988, as cited in Kiefner et al., 2016; McCabe & Dummer, 2012, as cited in Chaniotis & Ordinola-Zapata, 2022).

Neste contexto, a avaliação da anatomia da câmara pulpar e do sistema de canais radiculares é uma prioridade para a negociação de canais calcificados. Localizar os canais e manter a sua permeabilidade são as partes mais desafiantes da instrumentação mecânica (Pujol et al., 2021).

2.3. Princípios da Endodontia Guiada

Em 2016, surgiu uma nova abordagem em endodontia utilizando guias impressas em 3D, baseada nas cirurgias de implantes, recorrendo ao uso dos dispositivos mencionados para guiar a colocação dos implantes. Autores como Buchgreitz J, Connert T, Krastl G, e Zhender MS, entre outros, publicaram os primeiros estudos com o objetivo de avaliar a precisão desses sistemas no acesso aos canais radiculares, obtendo resultados muito satisfatórios (Kulinkovych-Levchuk et al., 2022).

Graças à fiel reprodução da anatomia interna proporcionada pelo avanço dos dispositivos de tomografia computadorizada de feixe cónico e *softwares*, associada aos recursos digitais de planeamento e impressão 3D, foi possível o aparecimento da endodontia guiada, tendo sido a técnica estática a primeira a surgir. Três anos após o surgimento do conceito de endodontia guiada, em 2019, foram introduzidos sistemas de navegação dinâmica na medicina dentária também com o objetivo de auxiliar na área da implantologia, tendo sido estes também posteriormente aplicados na área da endodontia (Chong et al., 2019; Decurcio et al., 2021; Zubizarreta-Macho et al., 2021).

Estudos pré-clínicos, recorrendo a modelos impressos, relatam a alta precisão do procedimento na preparação da cavidade de acesso até ao terço apical da raiz quando comparamos os resultados do tratamento executado com o que estava inicialmente previsto. Para além disto, o recurso à guia endodôntica pode também levar à redução do tempo necessário para realização do tratamento endodôntico não cirúrgico (Connert et al., 2019; Zehnder et al., 2016).

Duas revisões sistemáticas realizadas por Moreno-Rabié et al. (2019) e Zubizarreta-Macho et al. (2021), também concluíram que a endodontia guiada é uma "técnica

altamente precisa e bem-sucedida" na permeabilização dos canais radiculares. No entanto, o nível de evidência ainda é reduzido e são necessários mais estudos de alta qualidade (Moreno-Rabié et al., 2019; Zubizarreta-Macho et al., 2021).

2.4. Tecnologia utilizada na endodontia guiada e as suas técnicas

Nas últimas três décadas, houve muitos avanços tecnológicos na área da medicina dentária digital. Entre os novos avanços estão as impressoras 3D e a tomografia computadorizada de feixe cônico, sendo esta última considerada a base do planeamento digital em endodontia (Dabrowski et al., 2022; Decurcio et al., 2021).

O *software* de planeamento digital também foi fundamental para que a endodontia avançasse no sentido de desenvolver guias aplicadas à endodontia. Este *software* importa arquivos DICOM (Digital Imaging and Communications in Medicine) de exames de tomografia computadorizada de feixe cônico e utiliza-os como parâmetros para desenhar guias com ferramentas de *design* assistido por computador (CAD - Computer-Aided Design). Ao desenhar as guias, o *software* de planeamento digital vai combinar o arquivo DICOM com o arquivo digital de um modelo da arcada do paciente (dependendo onde está localizado o dente a ser tratado) no formato STL (Standard Tessellation Language). O modelo digital é obtido através de um *scanner* intra-oral, sendo importante ressaltar o facto de que a sua precisão depende da sua tecnologia de digitalização ótica, do princípio de captura, do *software* utilizado e da sua calibração. *Softwares* como coDiagnostiX (Dental Wings) ou o Simplant (Dentsply Sirona) são dos programas mais usados no planeamento virtual da cavidade de acesso. Após isso, um modelo virtual 3D é produzido para obter o modelo físico da guia endodôntica que orientará a broca no canal radicular obliterado (Alauddin et al., 2021; Fonseca Tavares et al., 2018; Nayak et al., 2018; Torres et al., 2023).

É a tecnologia de impressão 3D que permite a produção de guias endodônticas. O *design* tridimensional da guia desenvolvido pelo *software* de planeamento digital também é exportado no formato STL. Antes da impressão 3D, o STL planeado precisa ser preparado para transformar o arquivo STL da guia numa sequência de numerosas camadas. Quanto menor a espessura dessas camadas, maior a viabilidade da guia impressa; por outro lado, mais tempo será despendido no processo de impressão (Park & Shin, 2018).

A endodontia guiada estática assenta no método anteriormente descrito, onde um orifício

Endodontia guiada, o caminho para um tratamento endodôntico não cirúrgico mais conservador:

uma revisão narrativa

de perfuração pode ser projetado na guia impressa com um diâmetro e angulação específicos, apropriados para permitir o acesso direto ao canal calcificado. Cilindros ou "mangas" podem então ser projetados para permitir o acesso estável e controlado de uma broca ao interior do canal radicular através do orifício de perfuração, sendo o cilindro interno menor e feito de metal. Para prosseguir com o uso da guia, é realizado o isolamento com dique de borracha e a guia é testada para garantir que se ajusta aos dentes do paciente de forma estável. O cilindro interno de metal é o que guiará a broca no acesso e remoção do tecido calcificado, e uma vez removido completamente, o tratamento do canal radicular continua de maneira convencional (Kim et al., 2021; Van der Meer et al., 2016).

É importante que a guia endodôntica esteja bem adaptada à superfície oclusal, pois quanto maior a sua estabilidade, menor o risco de ocorrerem desvios na trajetória de acesso à câmara pulpar. Para além disso, o facto de ser suportada por um número reduzido de dentes será também um fator desfavorável para a sua estabilização, devendo nestes casos optar-se pela utilização de pinos de fixação no osso adjacente (Decurcio et al., 2021; Lara-Mendes et al., 2018).

Por sua vez, a técnica de endodontia guiada dinâmica utiliza um sistema que combina imagens da área de interesse nos planos axial, coronal e sagital da tomografia computadorizada de feixe cónico, através de um dispositivo de posicionamento ótico controlado por uma *interface* computadorizada. O seu sistema consiste num computador portátil com *software* de planeamento digital, um acessório para peça de mão que funciona como um marcador ótico, que irá fornecer informações da posição e orientação do instrumento (ex: *Drill Tag*), um acessório para a maxila marcado também óticamente (ex: *Head-Tracker* para dentes maxilares e ex: *Jaw-Tracker* para dentes mandibulares), um sensor de posição ótica (câmara estereoscópica, ex: *Micron Tracker*) e uma unidade móvel para transporte. Durante o tratamento, o sistema de navegação dinâmica monitoriza a posição do *Drill Tag* e mapeia-a para a tomografia computadorizada de feixe cónico previamente realizada para disponibilizar o *feedback* de perfuração em tempo real. Quando o *Drill Tag* se aproxima da área operatória previamente planeada e enquanto é preparada a cavidade de acesso, a posição e movimento da broca nos diferentes planos são imediatamente exibidos, podendo o médico dentista corrigir ou ajustar a sua angulação, orientação e profundidade, de acordo com as marcas de referência e do planeamento realizado. Ao contrário da navegação estática, este procedimento é

dependente da experiência do operador e requer uma certa destreza e prática. No entanto, sabe-se pela experiência na área da implantologia, que se pode alcançar uma precisão semelhante à da navegação estática (Block et al., 2017; Chong et al., 2019; Connert et al., 2022; Gambarini et al., 2019, as cited in Villa-Machado et al., 2021; Wei et al., 2023; Zubizarreta-Macho et al., 2020).

Apesar de serem ambas eficazes e se sobreporem ao tratamento endodôntico não cirúrgico convencional em vários aspetos, uma vantagem da navegação dinâmica comparativamente à estática é que o seu planeamento é mais rápido pois tem como base apenas a imagem obtida da tomografia computadorizada de feixe cónico, eliminado a necessidade de *scanner* intra-oral e impressão de guia 3D, permitindo assim tratar mais rapidamente os pacientes com sintomatologia (Connert et al., 2021).

2.5. Eficácia e precisão das técnicas guiadas

Tanto os sistemas estáticos quanto os dinâmicos têm as suas próprias vantagens e desvantagens. Uma grande vantagem do planeamento digital é que permite visualizar previamente a localização do canal radicular e programar a navegação em detalhe, sem a necessidade de transferir mentalmente o planeamento para o procedimento clínico a ser executado. Isso possibilita aos médicos dentistas a obtenção de resultados previsíveis e seguros (Van der Meer et al., 2016).

A endodontia guiada estática realizada com guias cirúrgicas, evita a necessidade de orientação de perfuração durante o tratamento. Esta técnica, recorrendo ao uso de uma única broca ou duas brocas, garante a precisão do procedimento de perfuração. Dispensa o uso de microscópio e mostrou ser bastante eficaz na preservação da estrutura dentária e diminuição da ocorrência de iatrogenias como desvios da anatomia e perfurações radiculares. Contudo, segundo Van der Meer et al., (2016), a visualização acaba por ser restrita durante o tratamento quando a guia é utilizada, mesmo possuindo uma elevada transparência. A remoção intermitente da guia pode ser necessária com o objetivo de garantir que a trajetória planeada e adequada está a ser executada (Connert et al., 2017; Pujol et al., 2021; Shah & Chong, 2018; Van der Meer et al., 2016).

Connert et al. (2019) compararam a endodontia guiada e a endodontia convencional com o objetivo de perceber qual seria a técnica mais vantajosa na deteção de canais radiculares, na quantidade de desgaste dentinário e na duração do procedimento. Para isso, foram

Endodontia guiada, o caminho para um tratamento endodôntico não cirúrgico mais conservador:

uma revisão narrativa

produzidos 6 conjuntos idênticos - três da mandíbula e três da maxila - que continham dentes incisivos com canais atrésicos. Os conjuntos foram submetidos à realização de tomografia computadorizada de feixe cônico para que se procedesse ao planeamento e impressão de uma guia endodôntica. Um dos grupos de operadores ficou com 6 para que fosse realizada a cavidade de acesso de forma convencional e o outro grupo com 6 para uso da endodontia guiada estática. Os operadores escolhidos foram 3 médicos dentistas com variados graus de experiência e prática clínica. Após realização das cavidades de acesso, recolheram-se os dados e procedeu-se à sua organização e análise. A soma de estrutura perdida no acesso convencional foi de 49 mm, enquanto que na endodontia guiada se registaram apenas 9 mm. Quanto à duração do procedimento, registaram-se 21,8 mins. para a técnica convencional e 11 mins. para a técnica guiada. Relativamente ao número de canais encontrados, na técnica convencional encontraram-se 10 dos 24 canais, enquanto que através da endodontia guiada, 22 dos 24 canais foram acedidos (Connert et al., 2019).

Num estudo *ex vivo* realizado em 2016, cujo objetivo era a avaliação do grau de precisão do acesso realizado em dentes com calcificação canalar recorrendo a uma guia endodôntica, concluiu-se que a distância média entre o trajeto da broca e o alvo era inferior a 0,70 mm, estando na faixa dos 0,46 mm. Nesse mesmo ano, outros autores realizaram um estudo *in vitro* com o objetivo de avaliar o quão eficaz era a impressão 3D na produção de guias endodônticas, e mostraram que os desvios eram reduzidos entre as cavidades de acesso planeadas e as efetivamente realizadas, com dimensões médias variando entre 0,17 mm e 0,47 mm na ponta da broca, e o desvio angular médio foi de 1,81° (Buchgreitz et al., 2016; Zhender et al., 2016).

Numa revisão sistemática e de meta-análise de Zubizarreta-Macho et al. (2021), concluiu-se que localizar o canal radicular utilizando técnicas de navegação assistidas por computador teve uma elevada taxa de sucesso (98,1%) sem diferenças estatisticamente significativas ($p = 0,451$) entre as técnicas de endodontia guiada estática ou dinâmica. Dito isso, as técnicas de endodontia guiada estática mostraram uma taxa de sucesso ligeiramente superior na localização do canal radicular (98,5%) em comparação com as técnicas de endodontia guiada dinâmica (94,5%). Concluiu-se que estes resultados podem ter sido influenciados pelo pequeno número de estudos sobre a técnica de endodontia guiada dinâmica comparativamente ao maior número de estudos sobre a técnica de endodontia guiada estática, justificada sobretudo pelo facto de a endodontia guiada

estática ter surgido antes da técnica da endodontia guiada dinâmica; portanto pode ter sido mais aprimorada e documentada na literatura científica. De qualquer forma, independentemente da técnica de endodontia guiada analisada, verificou-se uma melhoria na taxa de sucesso da localização do canal radicular relativamente às cavidades de acesso endodôntico convencionais, podendo então assumir-se que as técnicas de navegação estática e dinâmica assistidas por computador podem ser recomendadas devido à sua elevada capacidade e eficácia na localização do canal radicular, especialmente em casos de metamorfose calcificante ou malformações dentárias (Zubizarreta-Macho et al., 2021).

Apesar da utilização da endodontia guiada dinâmica ser ainda bastante recente, um dos primeiros estudos, realizado por Chong et al. (2019), demonstrou em modelos com dentes extraídos que a navegação dinâmica conseguiu detetar os canais radiculares em 26 dos 29 casos. Em dois dos três dentes restantes apenas um canal pôde ser detetado (em molares superiores), devido a dificuldades de localização, e no terceiro dente (também um molar superior), a preparação da cavidade de acesso foi executada incorretamente (Chong et al., 2019).

Torres et al. (2023) propuseram um método que pode auxiliar a verificar clinicamente a precisão da endodontia guiada, comparando o trajeto da cavidade de acesso preparada com o trajeto planeado digitalmente. Ao ser realizado um *scanner* intraoral do dente, e inserindo a broca no interior da cavidade de acesso, o eixo da broca pode ser calculado e comparado ao trajeto planeado utilizando *software* 3D, com a vantagem de não expor o paciente a radiação adicional (Torres et al., 2023).

2.6. Aplicações clínicas da endodontia guiada

O complexo dentino-pulpar representa uma região particularmente vulnerável a danos que podem resultar na obliteração dos canais radiculares. Este fenómeno é provocado por uma variedade de fatores, incluindo cáries, envelhecimento, traumas, tratamento ortodôntico, entre outros, que podem comprometer a estrutura dentária. Sabe-se que 25% dos dentes que apresentam calcificação pulpar acabam por desenvolver patologia apical a longo prazo. Posto isto, o estudo sobre a melhor abordagem terapêutica destes casos é de extrema relevância clínica (Buchgreitz et al., 2016; Paquete et al., 2019).

Em 2016, Krastl et al. e Zehnder et al. propuseram a utilização da endodontia guiada como uma opção para facilitar o tratamento endodôntico não cirúrgico de dentes que

Endodontia guiada, o caminho para um tratamento endodôntico não cirúrgico mais conservador:

uma revisão narrativa

apresentam calcificação parcial ou total do canal radicular, tornando-se assim a endodontia guiada numa das mais conhecidas técnicas utilizadas no tratamento endodôntico de dentes com calcificações pulpares severas. Isto deve-se ao facto de o tratamento endodôntico não cirúrgico convencional de dentes nestas condições normalmente carecerem de longos períodos de consulta e exigirem cautela e experiência profissional, associada à necessidade de realização de radiografias frequentes para verificação e confirmação da trajetória do canal radicular. Para além disso, nestes casos a realização de uma cavidade de acesso adequada e a pesquisa e identificação de todos os canais é um enorme desafio que pode originar uma tremenda perda de estrutura dentária, associada a um maior risco de fratura e, conseqüentemente, a uma alta taxa de insucesso (Cvek et al., 1982, as cited in Kiefner et al., 2016; Krastl et al., 2016; Lara-Mendes et al., 2019; Van-der-Meer et al., 2016; Zehnder et al., 2016).

Apesar de inicialmente esta técnica ter sido indicada para auxiliar no acesso de dentes anteriores, devido ao espaço necessário para a adaptação da guia endodôntica, alguns autores relataram o uso da endodontia guiada no tratamento de dentes posteriores, após algumas adaptações em relação à fixação da guia endodôntica e ao posicionamento da broca (Krastl et al., 2016; Lara-Mendes et al., 2018; Maia et al., 2019; Zehnder et al., 2016).

Mesmo recorrendo à imagem obtida através da tomografia computadorizada de feixe cónico, é sempre necessário que o profissional conheça a anatomia dentária e seja capaz de projetar mentalmente o sistema de canais radiculares no momento da realização da cavidade de acesso convencional. Geralmente, as cavidades de acesso convencionais são caracterizadas pelo acesso reto aos canais radiculares, no entanto, um ponto a ser considerado sobre estas, é que a quantidade de estrutura dentária removida pode diminuir a resistência do dente à fratura quando sujeito a forças funcionais. Como alternativa a essa abordagem tradicional, são descritas cavidades de acesso minimamente invasivas, que levam em conta a preservação da estrutura dentária, incluindo a dentina pericervical, tendo já sido comprovado que aumentam a resistência à fratura em pré-molares e molares, embora esse tipo de acesso possa comprometer a efetividade da instrumentação em molares mandibulares (Rover et al., 2017; Van-der-Meer et al., 2016).

A endodontia guiada tem um papel de destaque na preparação de uma cavidade de acesso mais conservadora, que pode ser considerada uma evolução na prática da endodontia, consistente com a tendência de medicina dentária minimamente invasiva. Semelhante ao

conceito de conservação máxima de estrutura dentária nos procedimentos restauradores para prolongar a vida útil das peças dentárias, a preservação do tecido dentinário durante a preparação da cavidade de acesso endodôntica tem sido sugerida, e isso pode explicar a elevada quantidade de estudos existentes que se concentraram no impacto do *design* da cavidade de acesso no prognóstico do dente, após o tratamento endodôntico não cirúrgico. Apesar disso, este conceito gera ainda alguma controvérsia, existindo alguns autores que continuam a recomendar a realização das cavidades de acesso de forma convencional ao invés de o fazerem de forma conservadora caso não seja possível aos médicos dentistas acederem a magnificação e iluminação forte aquando da sua realização, correndo o risco de obter uma cavidade de acesso insuficiente que conseqüentemente irá condicionar o tratamento em todas as suas fases. Os avanços tecnológicos na área da medicina dentária, incluindo nos métodos auxiliares de diagnóstico, programas de *software* e recursos utilizados na instrumentação dos canais radiculares (material constituinte e *design* das limas), resultaram em novas estratégias que se baseiam em conceitos minimamente invasivos e mais conservadores nas diferentes fases do tratamento endodôntico não cirúrgico, incluindo no *design* da cavidade de acesso, sendo fundamental nos casos em que existe calcificação canalar onde a pesquisa e acesso aos canais radiculares é de elevada dificuldade e imprevisibilidade (Ballester et al., 2021; Jonaityte et al., 2022; Noor Al-Helou et al., 2023).

Por vezes, é apresentada como alternativa no tratamento de dentes com calcificação canalar e periodontite apical, a microcirurgia endodôntica. No entanto, além do desafio de identificar o canal radicular calcificado após a apicectomia e da sua preparação, a microcirurgia endodôntica sem uma instrumentação ortógrada não permite que haja uma preparação química e mecânica completa, nem a desinfeção de todo o sistema de canais radiculares, condicionando assim os resultados obtidos e prognóstico (Krstl et al., 2016; McCabe & Dummer, 2012, as cited in Villa-Machado et al., 2022).

Além do tratamento de dentes com presença de calcificação pulpar, a aplicabilidade da endodontia guiada verifica-se também no tratamento de dentes com variações anatómicas e malformações, como dens invaginatus, dens evaginatus e displasia dentinária. Esta técnica avançada reduz significativamente o risco de danificação da estrutura dentária, resultantes do posicionamento e angulação incorretos das brocas durante a abertura da cavidade de acesso. A utilização de guias permite uma abordagem mais segura e eficaz,

Endodontia guiada, o caminho para um tratamento endodôntico não cirúrgico mais conservador:

uma revisão narrativa

melhorando a previsibilidade dos resultados e minimizando a invasividade do procedimento (Ali et al., 2019; Mena-Álvarez et al., 2017; Krug et al., 2020).

2.7. Vantagens e desvantagens da endodontia guiada

Para além de ser bastante precisa, do seu resultado ser altamente previsível e o risco de iatrogenia ser reduzido, a endodontia guiada é bastante eficaz na preservação da estrutura dentária. Apesar de atualmente o custo associado ser elevado quando comparado ao do tratamento endodôntico convencional, acaba por ter como uma das suas vantagens a redução do custo na fase restauradora, pois em alguns casos o desgaste excessivo da dentina na preparação da cavidade de acesso ou na pesquisa de canais no tratamento endodôntico não cirúrgico convencional, pode levar à necessidade do uso de espigões de fibra de vidro e restaurações cerâmicas indiretas de grandes dimensões (Connert et al., 2017; Lara-Mendes et al., 2018; Pujol et al., 2021; Torres et al., 2023).

Quando o dente necessita de tratamento endodôntico não cirúrgico e se encontra sintomático, justifica-se a intervenção imediata, e por isso o tratamento deverá ser iniciado assim que possível. No entanto, o tempo que um médico dentista com prática clínica em endodontia leva na localização de canais radiculares calcificados, com ou sem o uso de um microscópio operatório, pode ser mais demorado do que com auxílio de uma guia 3D. Sabe-se que, em média, o tempo para localizar um canal radicular calcificado através do método convencional pode variar entre 15 minutos a 1 hora, e apesar de ser necessário investir algum tempo no planeamento previamente à aplicação da endodontia guiada, o tempo necessário para o preparo cavitário usando esta técnica foi de 30 segundos em média, variando entre 9 e 208 segundos (Connert et al., 2017; Kiefner et al., 2016; Torres et al., 2018; Zehnder et al., 2016).

Relativamente ao tratamento endodôntico não cirúrgico convencional, este exige uma elevada prudência, habilidade e experiência profissional, ao contrário da endodontia guiada, tendo uma curva de aprendizagem bastante reduzida. Connert et al. (2021) compararam a quantidade de estrutura dentária removida no acesso aos canais radiculares entre a endodontia convencional e a endodontia guiada dinâmica, e descobriram que operadores com menos experiência removeram significativamente mais estrutura dentária recorrendo à técnica convencional do que os clínicos mais experientes, no entanto, não se verificaram diferenças estatisticamente significativas entre os mesmos operadores ao utilizarem a técnica da endodontia guiada dinâmica (Connert et al., 2021; Krastl et al.,

2016; Van-der-Meer et al., 2016).

Para além de exigir um planeamento prévio à sua utilização, uma das principais limitações da endodontia guiada estática é o facto de apenas canais retos serem passíveis de instrumentação. Além disso, a sua utilização em zonas mais posteriores estará dificultada pelo reduzido espaço existente para a guia endodôntica e para a broca de acesso pois esta é estreita e não deformável, podendo ser utilizada na porção reta do canal, mas não na porção onde a conformidade do canal se torne mais curva. Apesar de já ter sido demonstrado por alguns autores que é possível aplicar esta técnica em molares que possam ter grandes curvaturas, no geral, a reduzida abertura de boca representa uma limitação ao tentar aplicar-se a técnica na região mais posterior da arcada (Buchgreitz, et al., 2019; Connert et al., 2017, 2018; Dianat et al., 2020; Lara-Mendes et al., 2018; Shi et al., 2018; Torres et al., 2019).

Não só o espaço existente pode ser uma limitação como também a espessura da raiz deve ser tomada em consideração, principalmente na projeção da cavidade de acesso em incisivos inferiores com raízes mais estreitas comparativamente aos incisivos centrais superiores, assim, justifica-se a utilização de brocas mais finas evitando a formação de “*micro-cracks*” durante o preparo com a broca de acesso nesta técnica, que ocorrem sobretudo devido às forças geradas serem elevadas. Para além disso, e de forma a evitar que as temperaturas elevadas geradas na superfície da raiz durante o desgaste representem um risco potencial para o ligamento periodontal e osso adjacente, uma irrigação abundante deve acompanhar a fresagem (Connert et al., 2017; Decurcio et al., 2021; Krastl et al., 2016).

Outros autores referem ainda que no caso da endodontia guiada estática, a falta de fixação da guia endodôntica à estrutura óssea do paciente e as discrepâncias geradas pelo *software* utilizado, podem resultar em iatrogenias como a perfuração radicular. A microcirurgia endodôntica revelou ser eficaz na resolução destes casos, podendo por isso ser considerada como uma possível solução quando não existe segurança suficiente para recorrer à endodontia guiada ou quando esta fracassa (Tavares et al., 2022).

Endodontia guiada, o caminho para um tratamento endodôntico não cirúrgico mais conservador:
uma revisão narrativa

2.8. Estudos de caso e resultados clínicos

Krastl et al. (2016) descreveram o caso clínico de um paciente masculino de 15 anos, com dor no dente incisivo central superior direito e presença de lesão periapical. Após análise radiográfica, os autores consideraram de elevada dificuldade a realização da cavidade de acesso neste dente e apresentava por isso um elevado risco de iatrogenia. Posto isto, sugeriu-se recorrer à técnica da endodontia guiada estática, começando com a realização de uma tomografia computadorizada de feixe cónico, planeamento digital e produção de uma guia endodôntica 3D. Após se verificar a sua estabilidade em boca, realizou-se então numa primeira fase o acesso ao canal radicular com uma broca específica, e o paciente retornou algumas semanas depois para se proceder à obturação canalar. Após quinze meses, apresentou-se sem sintomas e sem sensibilidade à percussão, associado ainda ao facto da lesão periapical ter cicatrizado completamente. Os autores concluíram que a endodontia guiada é um método altamente eficaz e seguro para casos de calcificação do canal radicular (Krastl et al., 2016).

Van der Meer et al. (2016) discutiram a complexidade do tratamento de canais radiculares calcificados, mesmo utilizando técnicas endodônticas avançadas. Descreveram três casos de pacientes com obliteração canalar, que foram sujeitos à realização de uma tomografia computadorizada de feixe cónico, permitindo o planeamento e impressão de uma guia em acrílico 3D para direccionar a broca no acesso aos sistemas de canais radiculares, tendo este sido realizado com sucesso. Seguiu-se a instrumentação químico-mecânica, colocação medicação intracanal e, finalmente, a obturação e selamento dos canais. Os autores destacaram que o acesso foi simples e prático em todos os casos, com monitorização através de microscópio operatório para evitar iatrogenias, que felizmente não ocorreram. Concluíram que o tratamento endodôntico guiado é eficaz, permite resultados excelentes mesmo para profissionais menos experientes e reduz o tempo de consulta na resolução de casos de calcificação (Van der Meer et al., 2016).

Lara-Mendes et al. (2018) descreveram de que forma a calcificação pode afetar a câmara pulpar e a complexidade do tratamento endodôntico não cirúrgico de dentes nestas condições. Documentaram o caso clínico de uma paciente, com 61 anos de idade, que compareceu com sintomatologia dolorosa no segundo e terceiro molares esquerdos, e com lesões periapicais associadas. Após análise radiográfica, perceberam que a identificação e localização dos canais radiculares não era possível devido à calcificação dos mesmos, o que limitava bastante a realização do tratamento endodôntico não cirúrgico

convencional. Face a esta situação, recorreram à endodontia guiada, submetendo a paciente à realização de uma tomografia computadorizada de feixe cônico, seguindo-se o planejamento e impressão da guia 3D, que iria auxiliar no acesso aos canais radiculares. A restante preparação química mecânica foi realizada de forma convencional, tendo sido colocada medicação intracanal após estar terminada, e a paciente retornou após catorze dias para que fosse realizada a obturação. Ao fim de três meses, na consulta de *follow-up*, clinicamente confirmou-se ausência de sintomatologia e radiograficamente comprovou-se uma grande melhoria na dimensão das lesões periapicais. Contudo, considerou-se que o acompanhamento da paciente se deveria prolongar durante mais um ano para se analisar se efetivamente a técnica teve sucesso na cura da lesão. Os autores concluíram que ao ser utilizada em molares superiores, a endodontia guiada provou ser uma técnica bastante rápida, que ofereceu segurança e previsibilidade (Lara-Mendes et al., 2018).

Em 2018, Shi et al. e Torres et al. abordaram, através de casos clínicos, a dificuldade do tratamento endodôntico de dentes com calcificação canalar concomitante com lesão periapical. De forma a conferir uma maior precisão e melhor abordagem, os autores recorreram à utilização da técnica de endodontia guiada estática na fase inicial do tratamento, concluindo-o de maneira convencional. Em ambos os casos, o *follow-up* após seis meses revelou uma cicatrização completa das lesões previamente detetadas. Ambos os autores concluíram que esta técnica é essencial no tratamento de peças dentárias nas condições inicialmente referidas, inclusive em casos de lesões apicais persistentes onde o tratamento endodôntico não cirúrgico convencional revelou não ser suficiente (Shi et al., 2018; Torres et al., 2018).

Zubizarreta-Macho et al. (2019) documentaram o caso do tratamento endodôntico não cirúrgico de um dente que apresentava invaginação do tipo 2, e cujo ápice se encontrava fraturado. No acesso e tratamento deste dente, considerou-se a utilização de endodontia guiada estática como a opção mais viável. Findo o tratamento do sistema de canais radiculares, o dente foi reabilitado com uma coroa cerâmica e, por fim, realizou-se uma cirurgia com o objetivo de eliminar o fragmento apical fraturado. Na consulta de *follow-up* ao fim de dezoito meses, a paciente apresentou-se assintomática e a lesão periapical havia cicatrizado praticamente na totalidade (Zubizarreta-Macho et al., 2019).

Em 2022, um relatório de Villa-Machado et al. descreve a utilidade do sistema de navegação dinâmica assistida por computador no tratamento endodôntico de peças

Endodontia guiada, o caminho para um tratamento endodôntico não cirúrgico mais conservador:

uma revisão narrativa

dentárias que sofreram trauma, resultando em canais radiculares extremamente calcificados e alteração de cor da coroa. Todos os dentes foram tratados utilizando um sistema de navegação dinâmica assistida por computador, que permitiu a localização precisa do canal radicular assim como a realização de uma cavidade de acesso bastante conservadora. Os autores relataram que na consulta de *follow-up*, após doze meses, os pacientes permaneceram assintomáticos, o complexo mucogengival não apresentava qualquer alteração, a restauração encontrava-se adequada relativamente à cor do dente e as estruturas periapicais estavam intactas (Villa-Machado et al., 2022).

2.9. Inovações futuras e desenvolvimento tecnológico

A endodontia guiada estática já é considerada uma técnica relativamente fiável, contudo, o ideal seria que existisse uma maior variedade de brocas disponíveis em diâmetro e comprimento, com o objetivo de permitir uma abordagem mais personalizada e orientada para o caso de cada paciente. Sabe-se que existe um grande aumento na temperatura gerada quando são utilizadas brocas de maior diâmetro. Mesmo sendo possível recorrer à irrigação durante a fresagem, o ideal seria reduzir o diâmetro das brocas na endodontia guiada, pois diminuiria a produção de calor na superfície radicular, que se refletiria positivamente no prognóstico e nos resultados do tratamento. Quanto ao comprimento, é nas zonas posteriores que um sistema de brocas graduadas se revelaria de enorme utilidade, permitindo compensar o espaço limitado disponível. Para essas mesmas regiões foram também já sugeridas alterações na posição da guia em relação à crista óssea, assim como a remoção da anilha metálica no orifício guia (guias não restritivos), assim o manuseio da peça de mão durante a fresagem não estaria tão condicionado pelo reduzido espaço disponível nessas zonas (Connert et al., 2022; Hussey et al., 1997, as cited in Connert et al., 2018; Torres et al., 2021).

Apesar da American Association of Physicists in Medicine ter afirmado que doses de radiação abaixo de 100 mSv são adequadas e que os seus benefícios terapêuticos superam quaisquer pequenos potenciais riscos, qualquer exposição à radiação deve ser controlada e ponderada. Nesse sentido, considerou-se que a ressonância magnética também pode ganhar um papel de relevo na medicina dentária no futuro. A sua utilização levaria à eliminação da radiação ionizante, o que teria um grande impacto sobretudo no tratamento de crianças, já que os seus tecidos e órgãos são mais sensíveis à radiação. Leontiev et al. (2021) mostraram num estudo de prova de conceito em laboratório que é possível a realização de cavidades de acesso bastante precisas, utilizando a ressonância magnética.

A visualização (indireta) da estrutura dentária foi alcançada utilizando uma férula com gel húmido, que possibilitou a sobreposição bem-sucedida dos dados da ressonância magnética com a digitalização da superfície. Assim, a visualização bem-sucedida dos canais radiculares foi alcançada em 91 dos 100 casos, com uma média de desvio angular de 1,82°. No entanto, os autores consideram que esses resultados precisam ser confirmados clinicamente e *in vivo*, e atualmente o equipamento de ressonância magnética não está ainda disponível no gabinete do médico dentista. Contudo, dependendo do progresso técnico, a aplicação desta tecnologia é desejável e concebível no futuro (American Association of Physicists in Medicine, as cited in Villa-Machado et al., 2022; Dula et al., 2014, as cited in Connert et al., 2022; Leontiev et al., 2021).

Na endodontia guiada dinâmica, seria desejável que futuramente os sistemas fossem mais reduzidos em tamanho para melhorar o seu manuseamento e facilitar a sua utilização e transporte. Atualmente já se aborda o facto da realidade aumentada na endodontia guiada dinâmica poder representar o próximo avanço para simplificar e aprimorar a experiência médico dentista durante o procedimento. Ao invés de depender de monitores separados, a realidade aumentada permite sobrepor imagens como radiografias e trajetos de navegação diretamente na visão do campo operatório através de *headsets* específicos, óculos de realidade aumentada ou microscópios dedicados. Dessa forma, os operadores podem visualizar simultaneamente o campo operatório e imagens de navegação 3D, sem precisar desviar o olhar para um monitor externo. Embora esta abordagem já tenha sido adotada noutras áreas da medicina, a sua implementação na área da endodontia foi proposta, mas ainda não foi efetivamente concretizada. Nesse sentido, um estudo *in vitro* recente, conduzido por Farronato et al., (2023) avaliou a utilidade e eficácia da realidade aumentada na preparação de cavidades de acesso minimamente invasivas em mandíbulas e maxilas impressas em 3D, e apesar dos resultados terem sido bastante promissores, os autores consideram que é necessária mais pesquisa e que a técnica deve ser desenvolvida antes de ser aplicada na prática clínica (Connert et al., 2022; Farronato et al., 2023; Song et al., 2018).

2.10. Aspetos económicos e acessibilidade

A saúde oral consiste numa condição em que há ausência de dor, desconforto e alterações na cavidade oral e na face. No entanto, o acesso a essa condição representa um grande e negligenciado desafio para a população mundial. Em 2017, estimou-se que a prevalência

Endodontia guiada, o caminho para um tratamento endodôntico não cirúrgico mais conservador:

uma revisão narrativa

mundial de cáries dentárias não tratadas em dentes permanentes era de 29,4% (Peres et al., 2019, as cited in Merchan et al., 2022).

Com a evolução tecnológica em todas as áreas da medicina, a procura constante pela melhoria na qualidade e eficácia dos tratamentos dentários também abrange a endodontia. No caso da preparação química mecânica do sistema de canais radiculares, tem-se verificado um grande desenvolvimento, sobretudo na transição da instrumentação manual para a implementação de novas tecnologias e sistemas na prática clínica, que inevitavelmente resultaram no aumento dos custos associados ao tratamento endodôntico (Merchan et al., 2022).

Apesar de atualmente os custos inerentes à utilização da endodontia guiada serem ainda elevados, sobretudo quando é necessário recorrer à confecção das guias endodônticas, Van der Meer et al. consideraram em 2016 que tudo indicava que existiria uma redução do seu custo no futuro. Nos últimos anos verificou-se uma crescente oferta no mercado das impressoras 3D, o que conseqüentemente se refletiu numa redução no custo de aquisição desta tecnologia, assim como dos seus materiais e consumíveis. No entanto, o impacto desta vasta oferta de dispositivos ainda não se verificou de forma significativa no valor do tratamento endodôntico recorrendo à técnica da endodontia guiada como havia sido previsto (Nasseh & Al-Rawi, 2018; Van Der Meer et al., 2016).

Atualmente, a difusão e a facilidade de acesso à tecnologia de tomografia computadorizada de feixe cónico têm vindo a aumentar na área da medicina dentária, uma vez que as imagens tridimensionais se tornaram cada vez mais essenciais para a realização de um correto diagnóstico e acompanhamento do paciente, assim como uma ferramenta no planeamento e realização do tratamento. Por ser fundamental a sua utilização na endodontia guiada, acaba por contribuir para o aumento do custo total do tratamento endodôntico. No entanto, quando comparado com o custo de uma tomografia computadorizada convencional, é bastante inferior (Van der Meer et al., 2016).

É fulcral que o médico dentista exponha e explique ao paciente o custo-benefício do tratamento endodôntico não cirúrgico recorrendo à endodontia guiada, especialmente se analisarmos os custos de outros tratamentos como a colocação de implantes dentários, que para além de serem mais caros e muito mais invasivos, carecem de períodos pós-operatórios mais longos e dolorosos (Connert et al., 2017).

2.11. Perspetivas e experiência do paciente

A importância da tomografia computadorizada de feixe cónico no planeamento do tratamento endodôntico nas técnicas guiadas é indiscutível. Quando o paciente é submetido à sua realização, na maioria dos equipamentos utilizados encontra-se sentado ou de pé, ao contrário dos equipamentos de tomografia computadorizada convencional. Devido ao paciente se encontrar numa posição vertical, associado ao facto destes dispositivos terem um *design* de estrutura menos fechado, isso resulta na diminuição da sensação de claustrofobia e melhora significativamente o conforto e a sua aceitação por parte do paciente (Connert et al., 2022; Nasseh and Al-Rawi., 2018).

Num tratamento realizado recorrendo à endodontia guiada estática, Lara-Mendes et al. (2018) abordaram especificamente o processo de fixação da guia endodôntica e o seu impacto no pós-operatório. Descreveram que durante o tratamento se procedeu à aplicação de anestesia local e fixação da guia 3D através de parafusos no osso/mucosa adjacente, e após a sua remoção não foi necessária qualquer sutura, tendo sido suficiente a compressão com gaze para que fosse promovida a hemostasia. Na consulta de *follow-up*, os pacientes relataram ausência de desconforto no período pós-operatório e uma rápida recuperação, não havendo necessidade de consumo de medicação analgésica durante esse período (Lara-Mendes et al., 2018).

São vários os casos de sucesso do tratamento endodôntico recorrendo à endodontia guiada que se refletiram na satisfação e bem-estar do paciente, tendo um impacto positivo na sua qualidade de vida e confiança no tratamento proposto. A redução do tempo de consulta e a diminuição do número de sessões necessárias (sendo possível a sua realização em sessão única) foi possível, independentemente da experiência do operador, dando ao paciente a perceção da precisão e rapidez desta técnica, o que condiciona a sua experiência, expectativa e opinião relativamente à qualidade do tratamento (Lara-Mendes et al., 2018, 2019; Maia et al., 2019; Torres et al., 2018; Zubizarreta-Macho et al., 2019).

Endodontia guiada, o caminho para um tratamento endodôntico não cirúrgico mais conservador:
uma revisão narrativa

3. Conclusão

A endodontia guiada oferece um resultado altamente previsível e um reduzido risco de iatrogenia, sendo em simultâneo considerada uma técnica bastante conservadora e que proporcionou um grande avanço à medicina dentária, mais especificamente ao tratamento endodôntico não cirúrgico. Com o auxílio das tecnologias emergentes, como a tomografia computadorizada de feixe cónico, impressão 3D, *scanner* intra-oral e todas as ferramentas que contribuem para o planeamento digital, esta abordagem demonstra ser um método seguro e bastante eficaz na abordagem de casos exigentes como na identificação de canais radiculares calcificados e no tratamento de dentes com anatomias variáveis ou malformações. Com a crescente acessibilidade a estas tecnologias, é esperado que a endodontia guiada se torne cada vez mais comum na prática clínica, beneficiando tanto o médico dentista quanto o paciente, e possibilitando que a sua utilização permita a preservação das peças dentárias na cavidade oral, evitando tratamentos mais invasivos. Assim, é imperativo que os médicos dentistas integrem estas tecnologias na sua prática clínica, garantindo a continuidade e a melhoria na qualidade dos tratamentos endodônticos realizados. Seria de extrema importância que economicamente a endodontia guiada se tornasse mais acessível à população em geral, assim como a literacia nesta área, para que fosse compreendida a importância da preservação da dentição natural. Até à data, os estudos realizados e os casos clínicos documentados, sendo estes últimos sobretudo acompanhamentos a curto/médio prazo, proporcionaram evidências robustas sobre a eficácia, segurança e vantagens, quer da navegação estática quer da navegação dinâmica em diferentes cenários clínicos. Contudo, considera-se que são necessários mais estudos clínicos *in vivo* de alta qualidade sobre ambas as técnicas assim como *follow-ups* a longo prazo.

4. Referências bibliográficas

- Alauddin, M. S., Baharuddin, A. S., & Ghazali, M. I. M. (2021). The Modern and Digital Transformation of Oral Health Care: A mini review. *Healthcare*, 9(2), 118. <https://doi.org/10.3390/healthcare9020118>
- Al-Helou, N., Zaki, A. A., Agha, M. A., Moawad, E., & Jarad, F. (2023). Which endodontic access cavity is best? A literature review. *British Dental Journal*, 234(5), 335–339. <https://doi.org/10.1038/s41415-023-5581-7>
- Ali, A., Arslan, H., & Jethani, B. (2019). Conservative management of Type II dens invaginatus with guided endodontic approach: A case series. *Journal of Conservative Dentistry*, 22(5), 503. https://doi.org/10.4103/jcd.jcd_30_20
- American Association of Endodontists. (2020). *Glossary of Endodontic Terms (Tenth Edition)*. <https://www.aae.org/specialty/clinical-resources/glossary-endodontic-terms/>
- Ballester, B. et al. (2021) ‘Current strategies for conservative endodontic access cavity preparation techniques—systematic review, meta-analysis, and decision-making Protocol’, *Clinical Oral Investigations*. 25(11), 6027–6044. doi:10.1007/s00784-021-04080-7.
- Block, M. S., Emery, R. W., Cullum, D. R., & Sheikh, A. (2017). Implant placement is more accurate using dynamic navigation. *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, 75(7), 1377–1386. <https://doi.org/10.1016/j.joms.2017.02.026>
- Braga Diniz, J. M., Diniz Oliveira, H. F., Pinto Coelho, R. C., Manzi, F., Silva, F. E., Carvalho Machado, V., Ribeiro Sobrinho, A. P., & Fonseca Tavares, W. L. (2022). Guided Endodontic Approach in Teeth with Pulp Canal Obliteration and Previous Iatrogenic Deviation: A Case Series. *Iranian endodontic journal*, 17(2), 78–84. <https://doi.org/10.22037/iej.v17i2.36830>
- Buchgreitz, J., Buchgreitz, M., Mortensen, D., & Bjørndal, L. (2016). Guided access cavity preparation using cone-beam computed tomography and optical surface scans – an ex vivo study. *International Endodontic Journal*, 49(8), 790–795. <https://doi.org/10.1111/iej.12516>
- Chanotis, A., & Ordinola-Zapata, R. (2022). Present status and future directions: Management of curved and calcified root canals. *International Endodontic Journal*, 55(S3), 656–684. <https://doi.org/10.1111/iej.13685>
- Chong, B. S., Dhesi, M., & Makdissi, J. (2019). Computer-aided dynamic navigation: a novel method for guided endodontics. *Quintessence International*, 50(3), 196–202. <https://doi.org/10.3290/j.qi.a41921>
- Connert, T., Krug, R., Eggmann, F., Emsermann, I., ElAyouti, A., Weiger, R., Kühl, S., & Krastl, G. (2019). Guided Endodontics versus Conventional Access Cavity Preparation: A Comparative Study on Substance Loss Using 3-dimensional–printed Teeth. *Journal of Endodontics*, 45(3), 327–331. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2018.11.006>
- Connert, T., Leontiev, W., Dagassan-Berndt, D., Kühl, S., ElAyouti, A., Krug, R., Krastl, G., & Weiger, R. (2021). Real-Time Guided Endodontics with a Miniaturized

Endodontia guiada, o caminho para um tratamento endodôntico não cirúrgico mais conservador:

uma revisão narrativa

- Dynamic Navigation System Versus Conventional Freehand Endodontic Access Cavity Preparation: Substance Loss and Procedure Time. *Journal of Endodontics*, 47(10), 1651–1656. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2021.07.012>
- Connert, T., Weiger, R., & Krastl, G. (2022). Present status and future directions – Guided endodontics. *International Endodontic Journal*, 55(S4), 995–1002. <https://doi.org/10.1111/iej.13687>
- Connert, T., Zehnder, M. S., Amato, M., Weiger, R., Köhl, S., & Krastl, G. (2018). Microguided Endodontics: a method to achieve minimally invasive access cavity preparation and root canal location in mandibular incisors using a novel computer-guided technique. *International Endodontic Journal*, 51(2), 247–255. <https://doi.org/10.1111/iej.12809>
- Connert, T., Zehnder, M. S., Weiger, R., Köhl, S., & Krastl, G. (2017). Microguided Endodontics: Accuracy of a miniaturized technique for apically extended access cavity preparation in anterior teeth. *Journal of Endodontics*, 43(5), 787–790. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2016.12.016>
- Dąbrowski, W., Puchalska, W., Ziemiński, A., & Ordyniec-Kwaśnica, I. (2022). Guided endodontics as a personalized tool for complicated clinical cases. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(16), 9958. <https://doi.org/10.3390/ijerph19169958>
- Decurcio, D. A., Bueno, M. R., Silva, J. A., Loureiro, M. a. Z., Sousa-Neto, M. D., & Estrela, C. (2021). Digital planning on guided endodontics technology. *Brazilian Dental Journal*, 32(5), 23–33. <https://doi.org/10.1590/0103-6440202104740>
- Dianat, O., Gupta, S., Price, J. B., & Mostoufi, B. (2021). Guided endodontic access in a maxillary molar using a dynamic navigation system. *Journal of Endodontics*, 47(4), 658–662. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2020.09.019>
- Dianat, O., Nosrat, A., Tordik, P. A., Aldahmash, S. A., Romberg, E., Price, J. B., & Mostoufi, B. (2020). Accuracy and efficiency of a dynamic navigation system for locating calcified canals. *Journal of Endodontics*, 46(11), 1719–1725. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2020.07.014>
- Farronato, M., Torres, A., Pedano, M. S., & Jacobs, R. (2023). Novel method for augmented reality guided endodontics: An in vitro study. *Journal of Dentistry*, 132, 104476. <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2023.104476>
- Guimarães, T. S., Marceliano-Alvares, M. F., Provenzano, J. C., Olivares, P. P., Limoeiro, A. G., Alves, F. R., & Dias, L. A. (2023). Morphological assessment of the isthmus in mesial root canals of first mandibular molars. *Acta Odontológica Latinoamericana*, 36(3), 163–168. <https://doi.org/10.54589/aol.36/3/163>
- Jonaityte, E. M., Bilvinaite, G., Drukteinis, S., & Torres, A. (2022). Accuracy of Dynamic Navigation for Non-Surgical Endodontic Treatment: A Systematic Review. *Journal of Clinical Medicine*, 11(12), 3441. <https://doi.org/10.3390/jcm11123441>
- Karobari, M. I., Batul, R., Khan, M., Patil, S. R., Basheer, S. N., Rezallah, N. N. F., Luke, A. M., & Noorani, T. Y. (2024). Micro computed tomography (Micro-CT) characterization of root and root canal morphology of mandibular first premolars: a systematic review and meta-analysis. *BMC Oral Health*, 24(1). <https://doi.org/10.1186/s12903-023-03624-5>
- Kiefner, P., Connert, T., ElAyouti, A., & Weiger, R. (2016). Treatment of calcified root

canals in elderly people: a clinical study about the accessibility, the time needed and the outcome with a three-year follow-up. *Gerodontology*, 34(2), 164–170. <https://doi.org/10.1111/ger.12238>

- Krastl, G., Zehnder, M. S., Connert, T., Weiger, R., & Kühl, S. (2016). Guided Endodontics: a novel treatment approach for teeth with pulp canal calcification and apical pathology. *Dental Traumatology*, 32(3), 240–246. <https://doi.org/10.1111/edt.12235>
- Krug, R., Volland, J., Reich, S., Soliman, S., Connert, T., & Krastl, G. (2020). Guided endodontic treatment of multiple teeth with dentin dysplasia: a case report. *Head & Face Medicine*, 16(1). <https://doi.org/10.1186/s13005-020-00240-4>
- Kulinkovych-Levchuk, K., Pecci-Lloret, M. P., Castelo-Baz, P., Pecci-Lloret, M. R., & Oñate-Sánchez, R. E. (2022). Guided Endodontics: A Literature review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(21), 13900. <https://doi.org/10.3390/ijerph192113900>
- Lara-Mendes, S. T., De Freitas M Barbosa, C., Machado, V. C., & Santa-Rosa, C. C. (2019). Endodontia Guiada como alternativa para o tratamento de canais severamente calcificados. *Dental Press Endodontics*, 9(1), 15–20. <https://doi.org/10.14436/2358-2545.9.1.015-020.oar>
- Lara-Mendes, S. T., De Freitas M Barbosa, C., Santa-Rosa, C. C., & Machado, V. C. (2018). Guided endodontic access in maxillary molars using Cone-Beam Computed tomography and Computer-aided Design/Computer-Aided Manufacturing System: a case report. *Journal of Endodontics*, 44(5), 875–879. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2018.02.009>
- Leontiev, W., Bieri, O., Madörin, P., Dagassan-Berndt, D., Kühl, S., Krastl, G., Krug, R., Weiger, R., & Connert, T. (2021). Suitability of magnetic resonance imaging for guided endodontics: proof of principle. *Journal of Endodontics*, 47(6), 954–960. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2021.03.011>
- Maia, L. M., De Carvalho Machado, V., Da Silva, N. R. F. A., Júnior, M. B., Da Silveira, R. R., Júnior, G. M., & Sobrinho, A. P. R. (2019). Case reports in maxillary posterior teeth by guided endodontic access. *Journal of Endodontics*, 45(2), 214–218. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2018.11.008>
- Mena-Álvarez, J., Rico-Romano, C., Lobo-Galindo, A. B., & Zubizarreta-Macho, Á. (2017). Endodontic treatment of dens evaginatus by performing a splint guided access cavity. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*, 29(6), 396–402. <https://doi.org/10.1111/jerd.12314>
- Merchan, L. P., Probst, L. F., Simões, A. C. C. D., Raimundo, A. C. S., Cavalcanti, Y. W., De Fátima Barros Cavalcante, D., Câmara, J. V. F., & Pereira, A. C. (2022). Economic analysis of the different endodontic instrumentation techniques used in the Unified Health System. *BMC Oral Health*, 22(1). <https://doi.org/10.1186/s12903-022-02369-x>
- Moreno-Rabié, C., Torres, A., Lambrechts, P., & Jacobs, R. (2019). Clinical applications, accuracy and limitations of guided endodontics: a systematic review. *International Endodontic Journal*, 53(2), 214–231. <https://doi.org/10.1111/iej.13216>
- Nasseh, I., & Al-Rawi, W. (2018). Cone Beam Computed Tomography. *Dental Clinics*

Endodontia guiada, o caminho para um tratamento endodôntico não cirúrgico mais conservador:

uma revisão narrativa

of North America, 62(3), 361–391. <https://doi.org/10.1016/j.cden.2018.03.002>

- Nayak, A., Jain, P. K., Kankar, P., & Jain, N. (2018). Computer-aided design–based guided endodontic: A novel approach for root canal access cavity preparation. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers. Part H, Journal of Engineering in Medicine*, 232(8), 787–795. <https://doi.org/10.1177/0954411918788104>
- Neelakantan, P., Romero, M., Vera, J., Daood, U., Khan, A. U., Yan, A., & Cheung, G. S. P. (2017). Biofilms in Endodontics—Current status and future directions. *International Journal of Molecular Sciences*, 18(8), 1748. <https://doi.org/10.3390/ijms18081748>
- Neelakantan, P., Vishwanath, V., Taschieri, S., & Corbella, S. (2022). Present status and future directions: Minimally invasive root canal preparation and periradicular surgery. *International Endodontic Journal*, 55(S4), 845–871. <https://doi.org/10.1111/iej.13750>
- Paquete, M. et al. (2019). Endodontia Guiada Na Abordagem De Canais Pulpaes Calcificados. *O JornalDentistry*, 16–18.
- Parashos, P. (2023). Endodontic–orthodontic interactions: a review and treatment recommendations. *Australian Dental Journal*, 68(S1). <https://doi.org/10.1111/adj.12996>
- Park, M., & Shin, S. (2018). Three-dimensional comparative study on the accuracy and reproducibility of dental casts fabricated by 3D printers. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 119(5), 861.e1-861.e7. <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2017.08.020>
- Pujol, M. L., Vidal, C., Mercadé, M., Muñoz, M., & Ortolani-Seltenerich, S. (2021). Guided endodontics for managing severely calcified canals. *Journal of Endodontics*, 47(2), 315–321. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2020.11.026>
- Rover, G., Belladonna, F. G., Bortoluzzi, E. A., De-Deus, G., Silva, E. J. N. L., & Teixeira, C. S. (2017). Influence of access cavity design on root canal detection, instrumentation efficacy, and fracture resistance assessed in maxillary molars. *Journal of Endodontics*, 43(10), 1657–1662. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2017.05.006>
- Selvaraj, H., Krithikadatta, J., Shrivastava, D., Onazi, M. a. A., Algarni, H. A., Munaga, S., Hamza, M. O., Al-Fridy, T. S., Teja, K. V., Janani, K., Alam, M. K., & Srivastava, K. C. (2023). Systematic review fracture resistance of endodontically treated posterior teeth restored with fiber reinforced composites- a systematic review. *BMC Oral Health*, 23(1). <https://doi.org/10.1186/s12903-023-03217-2>
- Silva, E. J. N. L., De-Deus, G., Souza, E. M., Belladonna, F. G., Cavalcante, D. M., Simões-Carvalho, M., & Versiani, M. A. (2022). Present status and future directions – Minimal endodontic access cavities. *International Endodontic Journal*, 55(S3), 531–587. <https://doi.org/10.1111/iej.13696>
- Siqueira, J. F., Pérez, A. R., Marceliano-Alves, M. F., Provenzano, J. C., Silva, S. G., Pires, F. R., Vieira, G. C. S., Rôças, I. N., & Alves, F. R. F. (2018). What happens to unprepared root canal walls: a correlative analysis using micro-computed tomography and histology/scanning electron microscopy. *International Endodontic Journal*, 51(5), 501–508. <https://doi.org/10.1111/iej.12753>

- Shi, X., Zhao, S., Wang, W., Jiang, Q., & Yang, X. (2018). Novel navigation technique for the endodontic treatment of a molar with pulp canal calcification and apical pathology. *Australian Endodontic Journal*, 44(1), 66–70. <https://doi.org/10.1111/aej.12207>
- Song, T., Yang, C., Dianat, O., & Azimi, E. (2018). Endodontic guided treatment using augmented reality on a head-mounted display system. *Healthcare Technology Letters*, 5(5), 201–207. <https://doi.org/10.1049/htl.2018.5062>
- Tavares, W. L. F., De Oliveira Murta Pedrosa, N., Moreira, R. A., Braga, T., De Carvalho Machado, V., Sobrinho, A. P. R., & Amaral, R. R. (2022). Limitations and management of static-guided endodontics failure. *Journal of Endodontics*, 48(2), 273–279. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2021.11.004>
- Tavares, W. L. F., Viana, A. C. D., De Carvalho Machado, V., Henriques, L. C. F., & Sobrinho, A. P. R. (2018). Guided endodontic access of calcified anterior teeth. *Journal of Endodontics*, 44(7), 1195–1199. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2018.04.014>
- Torres, A., Dierickx, M., Coucke, W., Pedano, Lambrechts, P., & Jacobs, R. (2023). Ex-vivo and in-vivo validation of a novel measuring protocol for guided endodontics. *Journal of Dentistry*, 135, 104566. <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2023.104566>
- Torres, A., Lerut, K., Lambrechts, P., & Jacobs, R. (2021). Guided Endodontics: Use of a Sleeveless Guide System on an Upper Premolar with Pulp Canal Obliteration and Apical Periodontitis. *Journal of Endodontics*, 47(1), 133–139. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2020.09.016>
- Torres, A., Shaheen, E., Lambrechts, P., Politis, C., & Jacobs, R. (2018). Microguided Endodontics: a case report of a maxillary lateral incisor with pulp canal obliteration and apical periodontitis. *International Endodontic Journal*, 52(4), 540–549. <https://doi.org/10.1111/iej.13031>
- Van Der Meer, W. J., Vissink, A., Ng, Y. L., & Gulabivala, K. (2016). 3D Computer aided treatment planning in endodontics. *Journal of Dentistry*, 45, 67–72. <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2015.11.007>
- Villa-Machado, P. A., Restrepo-Restrepo, F. A., Sousa-Dias, H., & Tobón-Arroyave, S. I. (2021). Application of computer-assisted dynamic navigation in complex root canal treatments: Report of two cases of calcified canals. *Australian Endodontic Journal*, 48(1), 187–196. <https://doi.org/10.1111/aej.12614>
- Wei, X., Du, Y., Zhou, X., Yue, L., Yu, Q., Hou, B., Chen, Z., Liang, J., Chen, W., Qiu, L., Huang, X., Meng, L., Huang, D., Wang, X., Tian, Y., Tang, Z., Zhang, Q., Miao, L., Zhao, J., . . . Ling, J. (2023). Expert consensus on digital guided therapy for endodontic diseases. *International Journal of Oral Science*, 15(1). <https://doi.org/10.1038/s41368-023-00261-0>
- Zehnder, M. S., Connert, T., Weiger, R., Krastl, G., & Kühl, S. (2016). Guided endodontics: accuracy of a novel method for guided access cavity preparation and root canal location. *International Endodontic Journal*, 49(10), 966–972. <https://doi.org/10.1111/iej.12544>
- Zubizarreta-Macho, Á., Castaño, S. V., Montiel-Company, J. M., & Mena-Álvarez, J. (2021). Effect of Computer-Aided Navigation Techniques on the Accuracy of

Endodontia guiada, o caminho para um tratamento endodôntico não cirúrgico mais conservador:
uma revisão narrativa

Endodontic access Cavities: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Biology*, 10(3), 212. <https://doi.org/10.3390/biology10030212>

Zubizarreta-Macho, Á., De Pedro Muñoz, A., Deglow, E. R., Agustín-Panadero, R., & Álvarez, J. M. (2020). Accuracy of Computer-Aided dynamic Navigation compared to Computer-Aided static procedure for endodontic access cavities: an in vitro study. *Journal of Clinical Medicine*, 9(1), 129. <https://doi.org/10.3390/jcm9010129>

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