



FACULDADE DE
MEDICINA DENTÁRIA
UNIVERSIDADE DO PORTO

SISTEMAS DE NAVEGAÇÃO DINÂMICA NA COLOCAÇÃO DE IMPLANTES DENTÁRIOS – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

DYNAMIC NAVIGATION SYSTEMS IN THE PLACEMENT OF
DENTAL IMPLANTS – LITERATURE REVIEW

MONOGRAFIA
Mestrado Integrado em Medicina Dentária

Romeu Eduardo Pereirinha Henriques Ferreira de Andrade

Porto, 2025

**Dissertação apresentada à Faculdade de Medicina
Dentária da Universidade do Porto para obtenção do
grau de Mestre em Medicina Dentária**

***“Se eu vi mais longe, foi
porque estava sobre os
ombros de gigantes.”***

- Sir Isaac Newton

AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador, Prof. Doutor Manuel Sampaio Fernandes, pelo perfeccionismo, espírito crítico, paciência e motivação. Para este desafio de orientar uma tese à distância, não podia ter escolhido melhor orientador.

Ao meu coorientador, Prof. Doutor Paulo Rocha, pelo conhecimento, sabedoria e ambição de tornar esta monografia na melhor possível.

À minha Mãe Cristina, a voz da exigência, do trabalho e do sacrifício, mas também do carinho, do amor e da empatia. A minha motivação ativa, que me transmitiu os seus melhores valores, e que tudo de si me entregou. É um privilégio chamar-te de Mãe e poder, finalmente, retribuir uma fração do orgulho que tenho em ti. Um mero agradecimento é pouco.

Ao meu Pai Fernando, que ensina e educa através da razão, ao invés da autoridade. A minha motivação serena, que com um pequeno toque na consciência, oferece os melhores conselhos do mundo. Aquele com o coração que, embora tão grande, não tem espaço para maldade. Que daqui a 35 anos me possa olhar ao espelho e ver metade da tua figura, meu Pai. Por todo o esforço, juízo e estímulo à razão, o meu enorme agradecimento.

Aos seus parceiros, Francisco e Fátima que, por os fazerem felizes, acabam por me fazer feliz a mim.

Ao meu avô Zé, a fonte infinita de histórias e de boa disposição, o cúmulo da bondade em pessoa. Nunca me lembro de ti sem o teu sorriso, que prontamente desperta o meu. Por toda a motivação, todas as lições e todas as aprendizagens. Finalmente, brindaremos juntos a esta conquista.

À minha avó Leopoldina, cuja teimosia tanto contrasta os seus mimos e regalos. Que as discussões durem muitos mais anos, camufladas sob o amor de família. Não precisas de perguntar mais. Chegou o dia.

À minha avó São, a pessoa mais doce e ternurenta à face da Terra. Obrigado pela constante alegria e pelo brilho reluzente nos teus olhos no meio da tua simplicidade. Uma verdadeira inspiração.

Ao meu avô Adelino, cuja ambição o fez voar tão alto, que agora pode acompanhar esta conquista lá das alturas. Pelo teu legado, que prometo seguir, obrigado.

Ao meu irmão Raul e à minha cunhada Jeniffer, pela esperança e pelos bons momentos. Convosco, a luz ao fundo do túnel aproximou-se mais rápido.

Aos meus padrinhos Paulo e Isabel e às minhas primas Margarida e Rita, pelo exemplo da alegria, ambição e responsabilidade com que encaram a vida, de forma igualmente tão simples.

Aos meus tios Elsa e Tozé e às minhas primas Matilde, Clarisse e Verónica, pelo incentivo, pela motivação, e por todas as memórias que, entre momentos altos e baixos, partilhamos.

À D. Paula, ao Sr. Armando e à Bea, que com os braços abertos me receberam e apoiaram, entregando-me tudo de si. Pela atenção, disponibilidade e carinho, o meu maior agradecimento.

Aos meus ex-colegas de casa Reis, Gonçalo e Magalhães, e ao Jesus (que é como se fosse), pela nostalgia que ainda sinto, pelas memórias inesquecíveis e por me fazerem sentir que o Porto sempre foi a minha casa. Apesar de tudo, nunca conheci gajos tão chatos.

À Raquel, por enfrentar comigo todas as batalhas do outro lado do Atlântico. A tua presença fez a Argentina parecer um pouco mais perto de casa.

A vos, Profesor Aníbal, por el cariño que me diste desde el primer día que entré en ese hermoso país latinoamericano. Por la ayuda, por el conocimiento y por la amistad que llevaré para siempre conmigo, muchísimas gracias.

Ao Moisés, a melhor amizade que a faculdade me deu, pelo seu humor, boa disposição e, sobretudo, pelo seu exemplo de superação, determinação e espírito de sacrifício.

À Eleonora, minha binómia de Múrcia, que chegou como aprendiz, mas de aprendiz não tinha nada. Grazie mille.

Aos meus amigos Félix, Guerra, Mário, Miguel, Morgado, João Diogo, João Silva, JP, Martim, Palhares, Pedro Silva, Pina, Ramos, Ricky e Vasco, por tantos momentos, tantas memórias, e por serem a boa e a má influência nos devidos momentos.

À FMDUP, UBA E UM, por serem as 3 instituições marcadas neste meu percurso, por tudo o que me proporcionaram para que pudesse um dia chegar aqui. A todos os colegas, funcionários e professores, o meu sincero obrigado.

A todos os que não mencionei e que, de uma forma ou de outra, tiveram alguma contribuição neste meu caminho.

E, por fim, à minha namorada Isabel, que foi o mapa e a luz do meu caminho, que nunca desistiu de mim e nunca me deixou ir abaixo, mesmo nos piores momentos. Por seres a minha fonte de inspiração e o meu exemplo de foco, dedicação, espírito de sacrifício, força de vontade, ambição e perfeccionismo. Em cada passo meu, há uma pegada tua. Um obrigado não chega.

RESUMO

Introdução: O correto posicionamento de implantes dentários desempenha um papel crucial no sucesso e longevidade das reabilitações implantossuportadas. O crescente desenvolvimento e aperfeiçoamento de técnicas e softwares que auxiliam na colocação cirúrgica de implantes requer um acompanhamento permanente por parte da comunidade científica. Uma das tecnologias mais recentes na implantologia é a navegação dinâmica.

Objetivos: Os objetivos desta revisão bibliográfica são: 1) sistematizar os resultados obtidos nas investigações realizadas sobre a navegação dinâmica e 2) comparar a técnica de navegação dinâmica com a técnica convencional de cirurgia mão livre e cirurgia guiada estática.

Material e métodos: A pesquisa foi realizada nas bases de dados PubMed/MEDLINE e Scopus. Foram inseridos os termos de pesquisa “*dynamic navigation*” e “*implant*” para artigos publicados entre 2020 e 2025. As 245 publicações obtidas na pesquisa inicial foram analisadas em 3 etapas e, após aplicados os critérios de exclusão, incluíram-se 50 artigos.

Desenvolvimento: Em oposição às técnicas de *freehand* e cirurgia guiada estática, a navegação dinâmica permite realizar a cirurgia com visualização permanente em 3 dimensões da posição das brocas e do implante num monitor. Esta técnica possibilita ao cirurgião realizar verificações frequentes e alterações intraoperatórias ao planejamento previamente efetuado.

Conclusões: Com base nos estudos incluídos nesta revisão, podemos observar que a navegação dinâmica oferece bons resultados de precisão e segurança na colocação de implantes dentários, bem como vantagens em comparação com as técnicas de *freehand* e cirurgia guiada estática, pelo que deve continuar a ser alvo de estudos.

Palavras-chave: Accuracy; Dynamic navigation; Implant; Precision; Rehabilitation.

ABSTRACT

Introduction: Accurate placement of dental implants plays a crucial role in the success and longevity of implant-supported rehabilitations. The growing development and refinement of techniques and software that assist in the surgical placement of dental implants require permanent monitoring by the scientific community. One of the most recent technologies in implantology is dynamic navigation.

Objectives: The aims of this literature review are: 1) to systematize the findings of studies conducted on dynamic navigation; 2) to compare the dynamic navigation method with the conventional freehand and static guided surgery methods.

Material and Methods: A comprehensive search was conducted using the PubMed/MEDLINE and Scopus databases to identify studies related to dynamic navigation applied to implantology in dental medicine. The initial search yielded 245 publications, which were reviewed in three stages. After applying the exclusion criteria, 50 articles were included in the final analysis.

Results: In contrast to freehand and static guided surgical methods, dynamic navigation allows for real-time three-dimensional visualization of the drill and implant positions on a monitor. This method enables the surgeon to perform frequent checks and make intraoperative adjustments to the pre-established treatment plan.

Conclusions: Based on the studies included in this review, dynamic navigation demonstrates good results in terms of accuracy and safety in dental implant placement, as well as advantages when compared to freehand and static guided methods. Therefore, it should continue to be the focus of further research.

Keywords: Accuracy; Dynamic navigation; Implant; Precision; Rehabilitation.

ÍNDICE

AGRADECIMENTOS	IV
RESUMO	VIII
ABSTRACT	IX
ÍNDICE DE FIGURAS.....	XII
LISTA DE ABREVIATURAS	XIII
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. MATERIAIS E MÉTODOS.....	3
3. DESENVOLVIMENTO.....	5
3.1. Técnicas cirúrgicas em implantologia	5
3.1.1. <i>Freehand</i>.....	5
3.1.2. Cirurgia Guiada Estática Totalmente Limitante.....	6
3.1.3. Navegação Dinâmica.....	8
3.1.3.1. Conceitos gerais	8
3.1.3.2. Protocolo	10
3.1.3.3. Precisão	13
3.1.3.4. Satisfação do Paciente	15
3.1.3.5. Vantagens	16
3.1.3.6. Desvantagens	18
4. CONCLUSÕES.....	20
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	21
ANEXOS.....	Erro! Marcador não definido.

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1 – FLUXOGRAMA DO PROCESSO DE PESQUISA BIBLIOGRÁFICA	4
FIGURA 2 – FLUXOGRAMA DA NAVEGAÇÃO DINÂMICA.....	9
FIGURA 3 – MONITORIZAÇÃO NA NAVEGAÇÃO DINÂMICA.	9
FIGURA 4 – ACESSÓRIOS DA NAVEGAÇÃO DINÂMICA.....	10
FIGURA 5 – IMAGEM NO MONITOR DE NAVEGAÇÃO DINÂMICA.	12
FIGURA 6 – POSIÇÃO ERGONÓMICA DA EQUIPANA NAVEGAÇÃO DINÂMICA.....	13

LISTA DE ABREVIATURAS

3D – Três Dimensões

CAD/CAM – Computer-aided design/computer-aided manufacturing

CBCT – Cone Beam Computed Tomography (Computorização Tomográfica de Feixe Cônico)

CRP – Proteína C-Reativa

IL-6 – Interleucina-6

mm – Milímetros

1. INTRODUÇÃO

A perda de peças dentárias traz consequências em vários aspetos da saúde e bem-estar do indivíduo ^(1,2). Sob o ponto de vista funcional, a falta de dentes compromete a qualidade da mastigação e pode causar desequilíbrios oclusais e, conseqüentemente, dor orofacial, seja ela muscular, articular ou por trauma oclusal devido a sobrecarga ^(1,2). A migração e inclinação dentária são, também, fatores que contribuem para desequilíbrios oclusais ⁽¹⁾. Do ponto de vista estético, a perda de dentes pode ter um efeito negativo no sorriso, sobretudo no caso do setor anterior ⁽³⁾. Esta alteração estética poderá ainda ter consequências indiretas na saúde psicológica e emocional dos pacientes, diminuindo a sua autoestima ^(1,3). Também de forma indireta, a reabsorção óssea, conseqüente à perda dentária, pode ter impacto estético, visto que a diminuição do volume ósseo provoca alterações no perfil facial ^(1,2).

A reabilitação oral permite repor as funções do aparelho estomatognático. No entanto, a reabilitação com prótese removível não satisfaz as necessidades de muitos pacientes e as reabilitações fixas sobre dentes naturais, muitas vezes, não são uma opção viável ou não são o tratamento mais indicado ⁽¹⁾.

Num mundo em rápida e constante evolução tecnológica, a intervenção de recursos informáticos tem sido amplamente utilizada em vários setores de atividade humana, como a Medicina ^(4,5). Em medicina dentária, a colocação de implantes é, frequentemente, o tratamento de eleição na reabilitação de peças dentárias ausentes. É uma opção de reabilitação duradoura, que proporciona excelentes resultados funcionais e estéticos, bem como preservação óssea ⁽⁶⁾. Para assegurar a qualidade e longevidade destas reabilitações, é importante que a colocação dos implantes seja de elevada precisão, pelo que a implantologia tem evoluído no sentido de desenvolver novas técnicas e tecnologias que facilitem um ótimo planeamento e a sua precisa execução ⁽⁷⁾.

Considera-se que a era moderna da implantologia dentária teve o seu início na década de 1960, com a introdução dos primeiros implantes de titânio para substituição dos dentes ausentes. Desde então, a evolução protocolar destes procedimentos tem sido contínua, acompanhando a paralela evolução

tecnológica que fornece novas ferramentas para a otimização deste tratamento. Este paralelismo evolutivo resultou numa tendência de substituição de métodos analógicos por métodos digitais, com introdução contínua de novos recursos que visam otimizar a qualidade, tempo e facilidade na planificação e no exercício de cirurgias de colocação de implantes ^(8,9).

Atualmente, numa época em que a cirurgia guiada já é uma prática presente na reabilitação com implantes, também ela começa a ser alvo de evolução. Um dos mais recentes recursos nesta vertente é a navegação dinâmica, cujo potencial para otimizar a colocação cirúrgica de implantes tem sido descrito na literatura, com resultados bastante prometedores a nível de precisão, facilidade e tempo da cirurgia ^(10,11).

A técnica de colocação de implantes com recurso a sistemas de navegação dinâmica segue um planeamento digital idêntico ao da cirurgia guiada convencional. No entanto, a cirurgia não é guiada por uma guia física, mas sim por um sistema informático, que rastreia em tempo real a posição dos instrumentos, com base em sensores óticos ou eletromagnéticos. O operador realiza a cirurgia em frente a um monitor, que o guia nos diversos passos do procedimento, exibindo em tempo real a posição e a trajetória exatas da broca em relação à estrutura óssea e ao local previamente planeado para a colocação do implante ⁽¹²⁾.

O objetivo deste trabalho é rever e sistematizar os resultados e conclusões obtidos nas diversas investigações desenvolvidas sobre a técnica de navegação dinâmica, abordando as suas particularidades tanto de um ponto de vista absoluto, como de um ponto de vista comparativo, relativamente às técnicas de cirurgia guiada estática e técnica *freehand*.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Para esta revisão bibliográfica, foi efetuada, por 1 revisor, uma pesquisa eletrônica de estudos publicados nas bases de dados PubMed/MEDLINE e Scopus, em concordância com as recomendações dos principais itens para Revisões Sistemáticas e Meta-Análises (PRISMA).

Na estratégia de busca, foram utilizados os termos “dynamic navigation” AND “implant”.

Como critérios de inclusão, consideraram-se os artigos publicados de 2020 a 2025 com texto integral disponível, nos idiomas português, inglês e espanhol. Foram incluídos artigos de investigação, revisão sistemática, meta-análise e casos clínicos.

A pesquisa original resultou em 245 artigos, dos quais 86 foram eliminados por serem duplicados. Após a leitura do título e do *abstract*, foram eliminados 101 artigos, resultando em 58 artigos, cujo conteúdo foi lido na íntegra. Após a leitura integral do conteúdo destes artigos, de acordo com os critérios de inclusão e exclusão, foram selecionados 50 artigos para a elaboração desta dissertação (Figura 1).

A seleção de artigos incluídos foca-se na técnica de colocação de implantes com recurso a sistemas de navegação dinâmica, abordando diferentes variáveis como a precisão, facilidade, tempo e conforto para o paciente. Paralelamente, foram também incluídos artigos que permitem comparar a técnica em estudo com outras técnicas como a de *freehand* e a de cirurgia guiada estática.

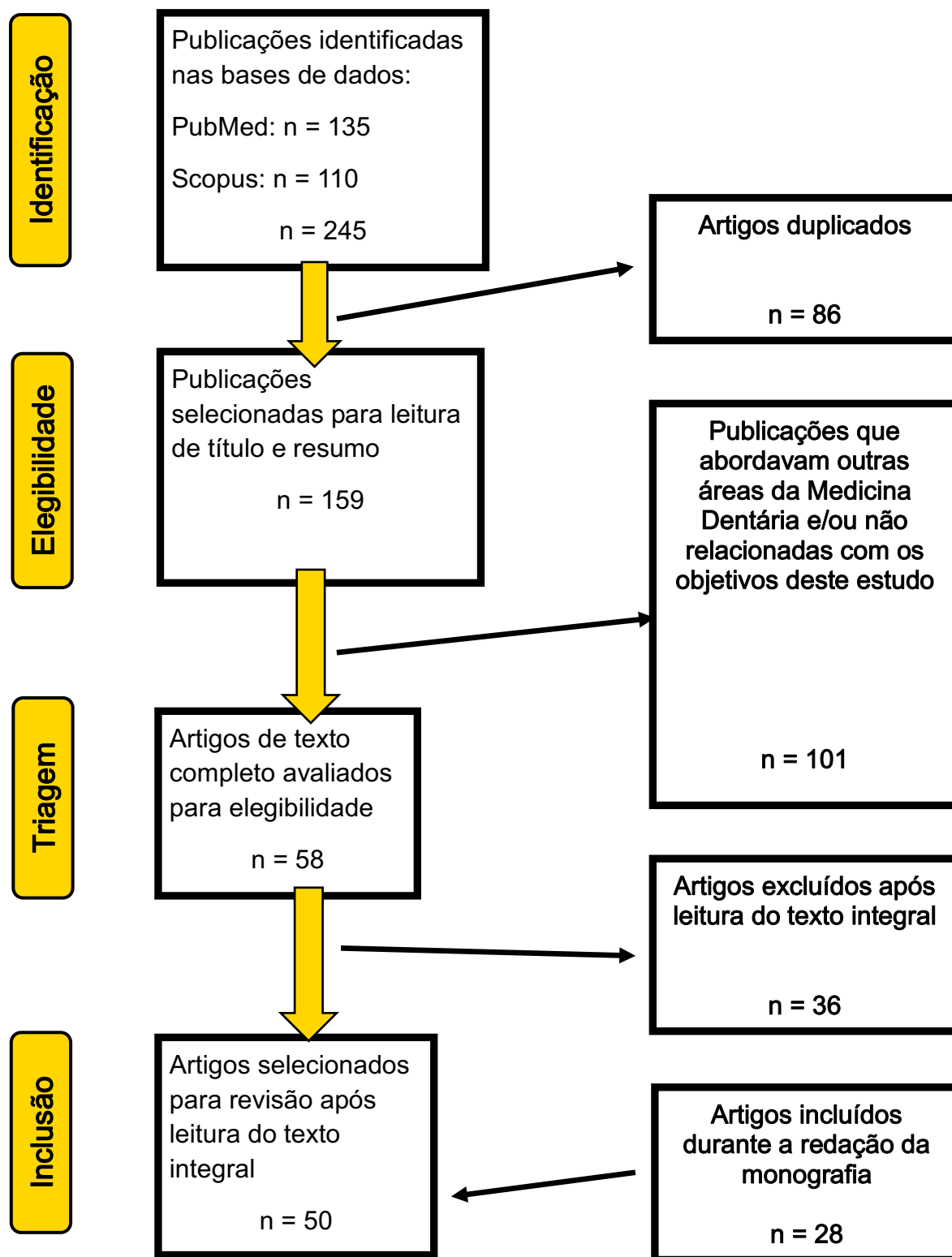


Figura 1 – Fluxograma do processo de pesquisa bibliográfica

3. DESENVOLVIMENTO

3.1. Técnicas cirúrgicas em implantologia

O planeamento e a precisão da colocação de implantes dentários são fundamentais para o sucesso e longevidade das reabilitações. Para otimizar os resultados, o médico dentista deve planificar a colocação do implante respeitando a orientação ideal do desenho da prótese final ⁽¹³⁾. Clark *et al.* ⁽¹⁴⁾ afirmam que 6.89% das complicações na implantologia estão relacionadas com falhas na posição tridimensional da colocação dos implantes, que podem causar danos nas estruturas anatómicas adjacentes ⁽¹⁴⁾. Algumas das complicações relatadas são, por exemplo, implantes localizados no seio maxilar, região submandibular ou cavidade nasal ^(15–17). A imprecisão na colocação de implantes também pode trazer consequências funcionais, como por exemplo, para a função da língua. Na posição fisiológica de repouso, a língua encontra-se usualmente em repouso contra a parte anterior do palato duro, e esta posição é importante no papel da fala e na qualidade do sono. A invasão deste espaço pode limitar o espaço funcional da língua, o que pode causar sobreprojeção da língua, mordida aberta, rotações dentárias e traumas nos bordos laterais da língua ^(18–20). O risco de invasão deste espaço pode ser minimizado realizando um correto planeamento e utilizando técnicas cirúrgicas com elevada precisão ^(21,22).

O conceito de implantologia proteticamente guiada enfatiza a importância de uma posição tridimensional precisa na colocação de um implante ⁽²³⁾. No sentido de otimizar a durabilidade e os resultados das reabilitações, novas técnicas e tecnologias têm sido desenvolvidas, procurando melhorar o planeamento e a precisão da execução cirúrgica. Segundo a técnica utilizada, a cirurgia de colocação de implantes pode classificar-se em: *freehand*, guiada estática ou dinâmica ⁽⁷⁾.

3.1.1. *Freehand*

A técnica *freehand* (mão-livre) é a técnica mais comum utilizada atualmente para a colocação de implantes. Ainda que com o auxílio de exames

radiográficos, baseia-se na experiência e na orientação espacial do operador para obter resultados favoráveis ^(12,24,25). O planeamento é feito com recurso a um CBCT (*cone beam computed tomography*) e pode ainda ser utilizado um *software* de planeamento para planear a posição ideal do implante. No entanto, o planeamento apenas serve de referência para orientar o cirurgião. O sucesso da cirurgia está, para além de outros fatores, dependente da experiência e perceção visual do cirurgião, que procura aproximar a colocação do implante da posição previamente planeada ^(13,25).

Adicionalmente, podem ser utilizadas guias cirúrgicas baseadas em enceramentos analógicos ou digitais para orientação do cirurgião. Uma guia cirúrgica é definida como uma férula usada para orientação na colocação cirúrgica de implantes. Em cirurgias de colocação de implantes com a técnica *freehand*, podem ser usadas guias não limitantes e guias parcialmente limitantes. Uma guia cirúrgica não limitante é uma guia que fornece uma localização generalizada do local idealizado para o implante, baseada no enceramento de diagnóstico. Não oferece qualquer restrição de movimentos na perfuração, mas sim apenas os contornos vestibulares e linguais da posição ideal da futura reabilitação protética. Uma guia cirúrgica parcialmente limitante incorpora uma anilha de restrição da angulação para uma única broca, normalmente a broca piloto. Assim sendo, após a perfuração com a primeira broca, a restante osteotomia é realizada com a técnica de *freehand* ⁽¹³⁾.

3.1.2. Cirurgia Guiada Estática Totalmente Limitante

Esta técnica é realizada com recurso a uma guia cirúrgica previamente produzida por tecnologia CAD/CAM (*computer-aided design/computer-aided manufacturing*), que guia a posição, angulação e profundidade da osteotomia. O planeamento é feito com recurso à digitalização intraoral do paciente e ao CBCT, cuja sobreposição permite o desenho da guia em softwares específicos (ex: Exoplan®). A confeção da guia baseia-se na posição do implante estabelecida no planeamento da cirurgia, em concordância com a reabilitação protética a realizar. A guia pode ser produzida por métodos aditivos, como impressoras 3D, ou por métodos subtrativos, como fresadoras ^(13,25).

Nesta técnica, a guia orienta, sob total restrição, a posição, angulação e profundidade da osteotomia, através de anilhas previamente fixadas. Com estas guias, a posição final do implante já é conhecida antes da cirurgia, pelo que esta técnica permite ainda a confecção das restaurações provisórias previamente à cirurgia. O ato cirúrgico é realizado com um kit de brocas específico para cirurgia guiada estática, de acordo com o implante a colocar, e a sequência de brocas a utilizar vai depender do desenho da guia e da posição planeada para o implante (13).

Tendo em conta o suporte, as guias podem ter suporte dentário, ósseo ou mucoso (13).

As guias com suporte dentário são as mais fáceis de utilizar (26,27). A guia deve ser estável e não ter oscilações quando manipulada. O espaçamento entre a guia e os dentes deve ser reduzido. Está indicada em pacientes parcialmente desdentados, mas com dentes suficientes para a suportar de forma estável. Não é recomendado utilizar em dentes comprometidos periodontalmente (13).

As guias com suporte ósseo podem ser utilizadas em pacientes parcial ou totalmente desdentados. O uso destas guias requer a execução de retalhos extensos com exposição da crista óssea, de forma a garantir um assentamento adequado da guia. Requer ainda uma meticulosa avaliação do sítio da osteotomia para avaliação dos contornos ósseos, já que pequenas protuberâncias podem existir que vão para além da resolução do CBCT (13).

As guias com suporte mucoso apenas estão indicadas em pacientes totalmente edêntulos. Os casos mais complexos para o uso de guias com suporte mucoso são, geralmente, maxilares superiores com o palato aplanado e mandíbulas com o assoalho da boca muito elevado e reduzido espaço vestibular. Nestes casos, pode ser difícil conseguir um correto assentamento da guia (13).

Estudos comparativos entre os três tipos de guias demonstraram que as guias com suporte dentário são as mais precisas, seguidas das guias com suporte ósseo. Guias com suporte mucoso são as menos precisas devido à instabilidade tridimensional dos tecidos moles (26,28).

3.1.3. Navegação Dinâmica

3.1.3.1. Conceitos gerais

A navegação dinâmica é uma ferramenta tecnológica com recurso a sistemas informáticos, que permite ao operador trabalhar com *feedback* do sistema informático em tempo real. Para além da implantologia, é uma ferramenta amplamente usada em vários ramos da medicina, como neurocirurgia, cirurgia vascular e cirurgia plástica, bem como na área da cirurgia maxilofacial, em reduções de fraturas do terço médio da face, cirurgia ortognática ou tratamento de problemas na articulação temporomandibular ^(4,5,25).

Os sistemas de navegação dinâmica consistem em três componentes básicos: o(s) instrumento(s) cirúrgico(s), um localizador (câmara estereoscópica) e um ecrã, no qual é projetada a imagem radiográfica pré-operatória (CBCT). A relação entre o instrumento cirúrgico e o localizador pode ser estabelecida por meios mecânicos, eletromagnéticos, ultrassonográficos ou óticos ^(12,25).

Os sistemas de navegação dinâmica funcionam maioritariamente via monitorização ótica, cujo sistema pode ser ativo ou passivo. Nos sistemas de monitorização ativa, uma câmara estereoscópica apenas capta e rastreia a radiação infravermelha emitida pelos instrumentos. Nos sistemas de monitorização passiva, a radiação infravermelha é emitida por uma fonte colocada sobre o paciente, sendo refletida por esferas refletoras presentes nos instrumentos cirúrgicos e em aparelhos de monitorização, também colocados sobre o paciente (figura 3). Simultaneamente, a radiação refletida é captada pela câmara estereoscópica e a informação é processada e emparelhada com o CBCT do paciente, através de um processo chamado registo (*registration*). O registo, feito com recurso a marcadores fiduciais, ou seja, marcadores anatómicos de referência, é a calibração da relação espacial entre o paciente, enquanto campo real da operação, e a radiografia, que representa este campo em forma de mapa digital. Após o registo, o operador pode realizar o procedimento com uma guia em tempo real, onde a posição física dos instrumentos operatórios no campo cirúrgico coincide constantemente com a sua posição no ecrã que exhibe o CBCT ^(12,25).

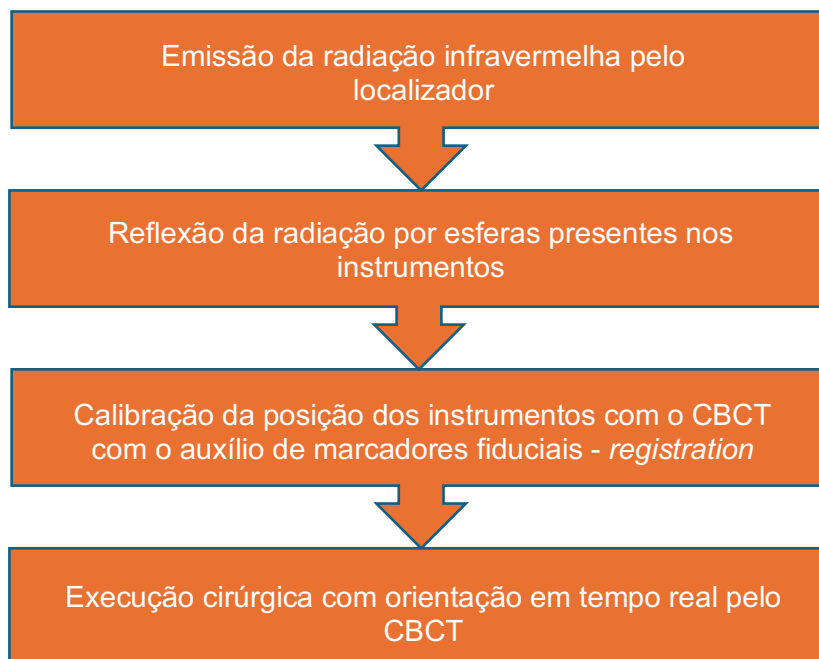


Figura 2 – Fluxograma da navegação dinâmica ⁽¹²⁾.

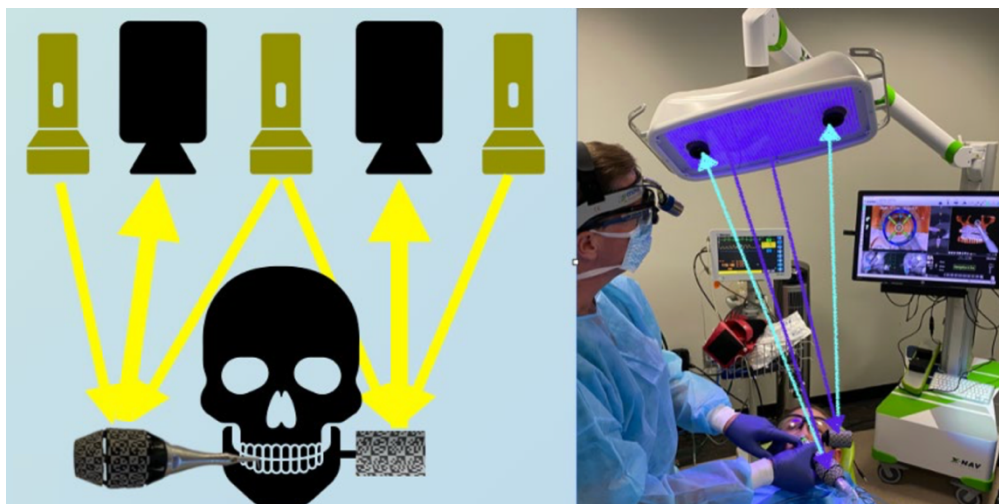


Figura 3 – Monitorização na navegação dinâmica. Representação esquemática da monitorização na técnica de navegação dinâmica (esquerda); disposição do operador, paciente e acessórios do sistema durante uma cirurgia de colocação de implantes com a técnica de navegação dinâmica (direita) ⁽³⁰⁾.

Deste modo, na abordagem da colocação de implantes com recurso a navegação dinâmica, o operador pode acompanhar a posição exata dos instrumentos no monitor, possibilitando avaliação e ajustes constantes em tempo real. O operador pode, então, monitorar a profundidade, angulação e posição da osteotomia e do implante durante todo o procedimento ⁽²⁹⁾.

3.1.3.2. Protocolo

O protocolo de colocação de implantes com a técnica de navegação dinâmica começa com a obtenção de um CBCT do paciente, podendo ser acompanhado pela sua digitalização intraoral com um *scanner* intraoral. Nos casos de pacientes com dentes, insere-se um *clip* termoplástico com marcadores fiduciais na boca para realizar o CBCT. Este *clip* leva acoplado um *tracking array* (matriz de rastreamento – figura 4), que permite a automatização do processo de registo. É importante que a posição do *clip* durante a obtenção do CBCT seja fielmente reproduzível no ato cirúrgico. Por essa razão, nos casos de pacientes edêntulos ou pacientes cujos dentes não são capazes de reproduzir fielmente essa posição (dentes insuficientes ou com excessiva mobilidade), é necessário anexar, cirurgicamente, com parafusos, uma matriz de rastreamento ao maxilar que queremos rastrear. Estes parafusos desempenham, então, o papel de marcadores fiduciais (figura 5) ^(12,25,30).

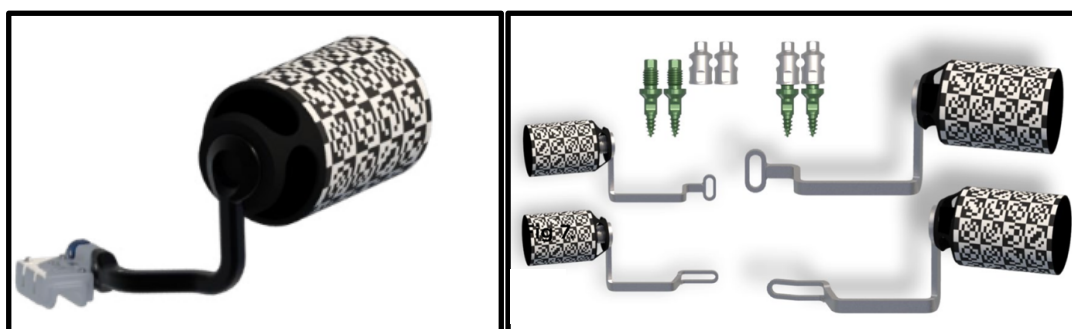


Figura 4 – Acessórios da navegação dinâmica. **4A** – Clip termoplástico com matriz de rastreamento. **4B** – Matrizes de rastreamento e parafusos ⁽³⁰⁾.

O passo seguinte é o planeamento cirúrgico, no qual a posição do implante é definida com recurso a *softwares* específicos de planeamento digital, de forma idêntica ao planeamento para cirurgia guiada estática ^(25,30).

O próximo passo, denominado calibração, é realizado no início do ato cirúrgico, já com o paciente posicionado na cadeira. A calibração é o processo no qual o sistema reconhece a posição dos instrumentos cirúrgicos no campo real da operação (paciente) e emparelha essa posição com o campo virtual (CBCT). O objetivo da calibração é garantir que o *software* reconhece perfeitamente a posição e orientação de cada instrumento relativamente ao

paciente, permitindo que o sistema guie e mostre com precisão a trajetória da broca e de cada um desses instrumentos. O primeiro passo para que seja possível calibrar os instrumentos é acoplá-los à respectiva matriz de rastreamento. Para completar a calibração, o sistema terá de reconhecer a posição geométrica do instrumento relativamente à matriz de rastreamento. Para tal, os instrumentos e as respectivas matrizes têm de ser colocados em frente às câmaras estereoscópicas. Desta forma, a posição dos instrumentos no monitor estará perfeitamente sincronizada com a posição na boca do paciente ^(25,30).

Logo de seguida, é realizado o registo, que apresenta algumas diferenças em pacientes com dentes e pacientes edêntulos ^(25,30).

Em pacientes dentados, o registo é automatizado, uma vez que o CBCT foi feito com o *clip* termoplástico com marcadores fiduciais em boca. Quando o CBCT é carregado no *software* de planeamento, a posição do *clip* termoplástico é reconhecida através da matriz de rastreamento acoplada. No entanto, para assegurar a máxima precisão do registo, é feita uma sondagem utilizando uma sonda de registo. Esta sonda também leva acoplada uma matriz de rastreamento, para que o sistema reconheça a posição e inclinação exata da ponta da sonda. Com a ponta da sonda, o operador toca nos marcadores fiduciais para que o sistema reconheça com a maior exatidão possível as estruturas intraorais do paciente. Isto corrige possíveis erros de desvio do *clip* entre o CBCT e o momento cirúrgico, deformações do material, micromovimentos ou erros na inserção do *clip*. Em resumo, a sondagem de registo serve para eliminar quaisquer erros que possam ter sido produzidos durante o processo de registo automatizado, ainda que, teoricamente, o registo automatizado seja bastante fiável. Após estes procedimentos, o registo está concluído e o paciente está fiavelmente registado no sistema de rastreamento ^(25,30).

Nos casos de pacientes edêntulos ou de pacientes dentados cujo CBCT foi feito com a matriz de rastreamento anexada com parafusos, é realizado o processo de registo anatómico. O registo do paciente faz-se, então, quando o operador usa a sonda de registo para tocar nos marcadores fiduciais (parafusos) que selecionou no CBCT. Finalizado o registo, é necessário realizar a verificação de sistema. O cirurgião toca com a sonda de registo num parafuso (marcador

fiducial), olhando para o monitor. Se a imagem no monitor corresponder ao ponto do paciente onde está a tocar, o sistema está a fazer um rastreamento correto. Após este passo, o sistema está pronto para a navegação ^(25,30,31).

Neste momento, o ato cirúrgico propriamente dito pode ser realizado. O cirurgião procede à perfuração observando o monitor, recebendo informação em tempo real sobre a posição da broca. A ponta da broca é representada por um ponto azul no monitor e o topo da broca por um arco verde. O anel mais exterior indica a profundidade, e muda progressivamente de amarelo para verde (num espaço de 1mm relativamente à profundidade ideal), e para vermelho, caso a profundidade seja excedida (figura 5). Terminada a osteotomia, a inserção do implante é realizada com uma abordagem semelhante. Durante a cirurgia, o cirurgião foca a sua atenção no monitor, enquanto os assistentes asseguram uma correta retração dos tecidos moles. Este enquadramento permite uma posição confortável e ergonómica para toda a equipa cirúrgica (figura 6) ^(30,32).

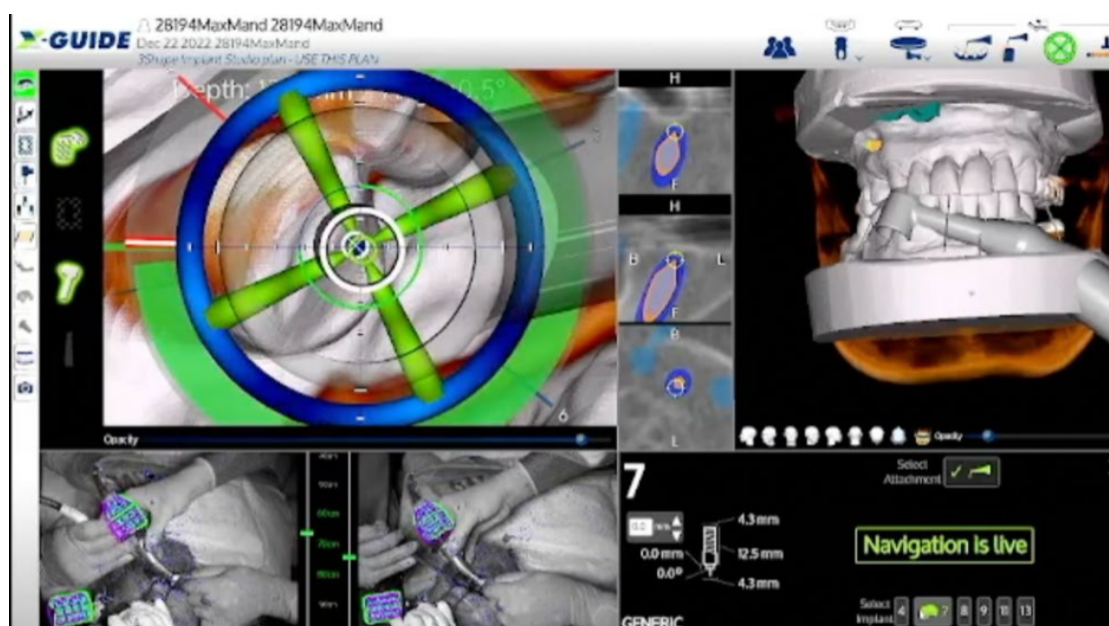


Figura 5 – Imagem no monitor de navegação dinâmica. A ponta da broca (ponto azul) está alinhada com o topo da broca, (arco verde mais interior). O círculo verde exterior representa a profundidade ideal, na posição das 9 horas ⁽³⁰⁾.



Figura 6 – Posição ergonômica da equipe na navegação dinâmica. Durante a navegação dinâmica, o procedimento é exibido no monitor ao nível dos olhos do operador. O operador não precisa de olhar diretamente para baixo para o paciente ⁽³⁰⁾.

3.1.3.3. Precisão

O sucesso e a longevidade das reabilitações implantossuportadas estão intimamente relacionados com a precisão na colocação dos mesmos ⁽¹³⁾.

Nos últimos anos, diversos estudos de investigação têm demonstrado valores de precisão satisfatórios na colocação de implantes usando a técnica de navegação dinâmica ^(33–38).

Dong Wu *et al.* ⁽³³⁾ concluíram que a precisão da colocação de implantes com navegação dinâmica é semelhante à da cirurgia guiada estática, atingindo os níveis de precisão necessários para a prática diária na colocação de implantes. Além disso, concluíram que, com a formação necessária na utilização da tecnologia de navegação dinâmica, a experiência do cirurgião não tem influência na precisão da colocação dos implantes ⁽³³⁾.

Hamza Younis *et al.* ⁽³⁴⁾ realizaram um estudo de investigação *in vivo* comparativo entre a precisão das técnicas *freehand*, cirurgia guiada estática e navegação dinâmica. Neste estudo, os operadores tinham entre 1 e 15 anos de experiência em implantologia, sendo que todos receberam formação especializada em navegação dinâmica. Os autores concluíram que a precisão e consistência nas técnicas de cirurgia guiada estática e de navegação dinâmica

são superiores, particularmente na navegação dinâmica, quando comparadas com as da técnica *freehand*. Deste modo, afirmam que a navegação dinâmica é uma técnica muito promissora para melhorar os resultados das cirurgias de colocação de implantes ⁽³⁴⁾.

Robert Stünkel *et al.* ⁽³⁵⁾, num estudo *in vitro*, também chegaram à conclusão de que a navegação dinâmica é uma ferramenta que permite colocar implantes de forma precisa e fiável ⁽³⁵⁾.

Miaozhen Wang *et al.* ⁽³⁶⁾, num estudo de investigação *in vitro*, compararam a precisão das técnicas de cirurgia guiada estática e de navegação dinâmica, tanto em implantes pós-extracionais como em regiões edêntulas. Os resultados desta investigação demonstraram que a técnica de navegação dinâmica exibiu erros significativamente menores, tanto a nível da posição de entrada da broca piloto no início da perfuração óssea, como a nível da profundidade do implante ⁽³⁶⁾.

Também em situações de elevada complexidade, como em casos de altura reduzida da crista alveolar mandibular no setor posterior, foi demonstrado que a navegação dinâmica oferece bons resultados de precisão e segurança na colocação de implantes ^(37,38). Chen Liang-Wen *et al.* ⁽³⁷⁾ relataram um caso clínico de uma paciente com ausência das peças dentárias 36 e 37. Neste caso, a distância vertical do nervo alveolar inferior ao topo da crista óssea era inferior a 5 mm (milímetros) na região do segundo molar, e insuficiente para possibilitar a colocação de um implante com altura padrão. Deste modo, os autores optaram pelo procedimento de colocação trans-nervo alveolar inferior, com recurso a navegação dinâmica, e o implante foi colocado a vestibular do nervo. O CBCT pós-operatório confirmou que a distância de segurança foi cumprida entre o implante e o nervo alveolar inferior. Os autores concluíram, então, que a técnica de navegação pode assegurar precisão e segurança em casos complexos, como reduzida altura da crista mandibular ⁽³⁷⁾.

Shiwei Che *et al.* ⁽³⁸⁾ relataram dois casos de reabilitação com implantes, com um total de 3 implantes colocados em posição trans-nervo alveolar inferior e um implante ultracurto. Após obtenção e discussão dos resultados pós-operatórios, os autores concluíram que o uso da tecnologia de navegação

dinâmica aumenta a precisão e a segurança dos procedimentos de reabilitação com implantes, sobretudo em casos de pacientes com altura óssea limitada ⁽³⁸⁾.

Numa revisão e meta-análise de janeiro de 2025 que comparou a precisão dos três métodos supracitados, Saurav Banerjee *et al.* ⁽³⁹⁾ concluíram que a técnica de navegação dinâmica oferece melhores resultados de precisão e consistência em relação às técnicas de cirurgia guiada estática e *freehand*. Para a navegação dinâmica, os autores apresentaram resultados de desvio posicional (*platform deviation*) de 0.64-1.73 mm, desvios angulares de 2.49°-5.75° e desvios apicais de 0.89-1.86 mm. Os sistemas de cirurgia guiada estática apresentaram valores de variabilidade ligeiramente superiores, com desvios posicionais de 0.97-2.34 mm e desvios angulares de 2.2°-4.98°. Em relação à técnica *freehand*, os autores afirmam que esta mostrou os maiores valores de desvios, apresentando resultados de até 3.48 mm de desvio posicional e de até 10.09° de desvio angular. Desta forma, os autores concluíram que, em comparação com as técnicas de *freehand* e cirurgia guiada estática, a navegação dinâmica obteve um melhor desempenho na redução do desvio posicional, angular e apical dos implantes, resultando numa diminuição de complicações intraoperatórias e num aumento da satisfação do paciente ⁽³⁹⁾.

3.1.3.4. Satisfação do Paciente

Estudos comparativos recentes têm sugerido resultados promissores da técnica de navegação dinâmica no conforto e satisfação do paciente durante a cirurgia de colocação de implantes dentários e no pós-operatório ^(40,41).

Em 2023, Pragati Nirula *et al.* ⁽⁴⁰⁾ realizaram um estudo para avaliar o *feedback* dos pacientes às técnicas de navegação dinâmica e *freehand* através de um questionário pós-operatório. Quando questionados sobre a ansiedade e a sensação de dor durante o procedimento, o *feedback* dos pacientes foi mais favorável à técnica de navegação dinâmica em comparação com a técnica *freehand*. Os autores revelam ainda que os níveis de conforto e dor pós-operatória imediatamente após a cirurgia foram mais satisfatórios nos pacientes submetidos à cirurgia guiada com navegação dinâmica ⁽⁴⁰⁾.

Kacper Wachol *et al.* ⁽⁴¹⁾ também realizaram um estudo comparativo entre estas duas técnicas. Nesse estudo, compararam o *feedback* sobre a dor pós-operatória, utilizando uma escala visual analógica, e os níveis dos biomarcadores inflamatórios proteína c-reativa (CRP) e interleucina-6 (IL-6) presentes na saliva dos pacientes submetidos a ambas as técnicas, 1 e 7 dias após o procedimento cirúrgico. Com respeito à dor pós-operatória, o estudo demonstrou diferenças significativas no *feedback* do dia 1 após a cirurgia, com os pacientes submetidos a navegação dinâmica a relatarem sentir menor dor face aos pacientes submetidos a cirurgia *freehand*. Em relação à CRP, as diferenças encontradas entre os dois grupos não foram estatisticamente significativas, tanto no dia 1 como no dia 7 após a cirurgia. No entanto, os resultados mostraram uma tendência de redução da inflamação mais rápida nos pacientes submetidos à técnica de navegação dinâmica. Avaliando os níveis de IL-6, os autores também não encontraram diferenças estatisticamente significativas. No entanto, uma vez mais, são visíveis as tendências, com os resultados a apresentarem uma média de aumento de concentração de IL-6 na saliva consideravelmente maior no grupo de controlo (*freehand*) no dia 1 pós-operatório ⁽⁴¹⁾.

No entanto, num estudo de 2023 entre as técnicas de navegação dinâmica e *freehand*, Jorba-Garcia *et al.* ⁽⁴²⁾ não encontraram diferenças significativas quanto à satisfação do paciente e à dor pós-operatória ⁽⁴²⁾.

3.1.3.5. Vantagens

A técnica de navegação dinâmica em implantologia oral apresenta vantagens consideráveis relativamente às técnicas de *freehand* e cirurgia guiada estática ^(12,32).

Ao contrário das técnicas de *freehand* e cirurgia guiada estática, a navegação dinâmica permite a verificação da precisão e fiabilidade da colocação do implante durante qualquer momento da cirurgia, aumentando a previsibilidade e a segurança do procedimento. Em cirurgia guiada estática, se existir algum erro na guia ou se a guia não estiver devidamente colocada ou fixa, podem ocorrer erros graves, que comprometem toda a cirurgia ^(12,25,43).

Este método permite ainda ao cirurgião mudar o sistema, tamanho e parâmetros de localização do implante no intraoperatório, sempre que a situação clínica dite uma alteração ⁽²⁵⁾.

As vantagens da cirurgia com navegação dinâmica em comparação com as técnicas *freehand* e cirurgia guiada estática a nível de precisão, nomeadamente na redução do desvio posicional, angular e apical dos implantes, também estão descritas na literatura ⁽³⁹⁾.

A preferência do paciente pela técnica de navegação dinâmica em comparação com a técnica de *freehand* é também uma vantagem. Segundo Nirula *et al.* ⁽⁴⁰⁾, a perceção de dor pós-operatória e os níveis de conforto sentidos durante a cirurgia foram mais favoráveis na técnica de navegação dinâmica ⁽⁴⁰⁾.

Kelvin I. Afrashtehfar ⁽⁴⁴⁾ comparou os tempos cirúrgicos das técnicas de *freehand*, cirurgia guiada estática e navegação dinâmica. Os resultados obtidos foram de 70.30 ± 47.08 minutos para a cirurgia *freehand*, 89.70 ± 45.75 minutos para a cirurgia guiada estática e 70.95 ± 42.48 minutos para a navegação dinâmica. Embora o autor não tenha encontrado diferenças estatisticamente significativas entre os três grupos, o tempo cirúrgico da navegação dinâmica parece ser semelhante ao da técnica *freehand*. Em relação à técnica de cirurgia guiada estática, o tempo cirúrgico da navegação dinâmica parece ser inferior, pelo que esta pode ser uma vantagem da navegação dinâmica em relação à cirurgia guiada estática ⁽⁴⁴⁾.

Em comparação com a cirurgia guiada estática, existe ainda a vantagem de que a cirurgia pode ser planeada e executada no mesmo dia, sempre que exista um CBCT no consultório. Não existem custos associados à confeção de guias, nem é necessário esperar por essa mesma confeção ^(12,25,43).

Existem ainda vantagens para o cirurgião a nível de ergonomia, uma vez que a navegação dinâmica permite que o cirurgião olhe mais frequentemente para o ecrã do que para a boca do paciente, aumentando a comodidade e reduzindo a carga lombar e cervical ^(25,43). Até em casos de abertura de boca limitada, o procedimento pode ser realizado com mínima dificuldade, o que pode não acontecer em cirurgia guiada estática ^(45,46). Outra vantagem em casos de abertura de boca limitada, e também em casos de implantes posteriores com

difícil visualização, é que o cirurgião pode realizar a osteotomia e colocar o implante com visão direta, através do monitor ⁽²⁵⁾.

Ainda em comparação com a cirurgia guiada estática, a navegação dinâmica possui a vantagem de ser compatível com qualquer sistema de implantes ⁽⁴⁰⁾.

Outra vantagem da navegação dinâmica é que o paciente pode acompanhar o procedimento em tempo real no monitor ⁽¹²⁾.

A sustentabilidade ambiental é também uma vantagem, uma vez que a navegação dinâmica não requer gasto de recursos em impressões e na confecção de guias ⁽⁴⁰⁾.

3.1.3.6. Desvantagens

Uma das maiores desvantagens da navegação dinâmica é o investimento inicial que requer para a aquisição do sistema, incluindo *hardware* e *software*. Existem ainda custos relativos aos materiais de uso único, como *clips*, matrizes e parafusos, e ao *scanner* intraoral, embora a digitalização intraoral do paciente não seja um passo imprescindível no protocolo de cirurgia com navegação dinâmica ^(12,25). Adicionalmente, existe ainda a necessidade de ter um CBCT no consultório, ao contrário das técnicas *freehand* e cirurgia guiada estática. Uma vez que o CBCT tem de ser realizado com marcadores fiduciais determinados pelo sistema de navegação dinâmica, o CBCT tem de ser, obrigatoriamente, realizado no consultório, implicando, portanto, mais custos adicionais para o médico dentista no investimento inicial ⁽²⁵⁾.

A necessidade do CBCT ser realizado com os marcadores fiduciais traz outra desvantagem. Pacientes que tenham feito um CBCT prévio sem marcadores fiduciais terão de ser submetidos a uma nova dose de radiação para obter um CBCT com os marcadores fiduciais ^(12,25).

A total compreensão da técnica requer tempo e uma curva de aprendizagem, mesmo para cirurgiões experientes na colocação de implantes. ⁽¹²⁾. Cirurgiões com experiência reduzida com tecnologia e processamento de imagens virtuais podem ter dificuldades na transição para esta nova modalidade

de prática implantológica ⁽²⁵⁾. Michael S. Block *et al.* ⁽⁴⁷⁾ avaliaram a curva de aprendizagem de um sistema de navegação dinâmica. O cirurgião atingiu um nível estatisticamente equivalente de proficiência após 10 a 20 implantes colocados com o sistema ⁽⁴⁷⁾.

Outra desvantagem é que os pacientes edêntulos requerem exposição cirúrgica adicional para a colocação das placas e parafusos que funcionam como marcadores fiduciais ^(12,25,48,49).

Existe ainda uma complicação relevante frequentemente observada no uso desta técnica, que é a perda de conexão entre o sensor e a câmara estereoscópica ⁽⁵⁰⁾.

4. CONCLUSÕES

A navegação dinâmica é uma tecnologia emergente, que tem vindo a ganhar importância na área da reabilitação implantológica.

É uma técnica que apresenta bons resultados a nível de precisão e segurança na colocação de implantes ^(33–38).

Apresenta muitas vantagens em comparação com os métodos tradicionais de *freehand* e cirurgia guiada estática, sendo que a mais relevante é a possibilidade de verificação da precisão e fiabilidade durante todo o procedimento, possibilitando alterações e ajustes intraoperatórios ^(12,25,43).

As principais desvantagens são o investimento inicial, devido ao custo dos sistemas e acessórios, e a curva de aprendizagem, uma vez que requer tempo e prática para atingir resultados consistentes ^(12,25,47).

A colocação de implantes com recurso a sistemas de navegação dinâmica merece continuar a ser alvo de estudos, visto que tem demonstrado oferecer resultados bastante precisos, além de poder minimizar a dor pós-operatória dos pacientes e permitir maior conforto do procedimento ^(40,41).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Cortez GFP, Barbosa GZ, Tôrres LHDN, Unfer B. Razões e consequências das perdas dentárias em adultos e idosos no Brasil: metassíntese qualitativa. *Ciênc Saúde Coletiva*. maio de 2023;28(5):1413–24.
2. Gerritsen AE, Allen PF, Witter DJ, Bronkhorst EM, Creugers NH. Tooth loss and oral health-related quality of life: a systematic review and meta-analysis. *Health Qual Life Outcomes*. 2010;8(1):126.
3. Muhammad T, Srivastava S. Tooth loss and associated self-rated health and psychological and subjective wellbeing among community-dwelling older adults: A cross-sectional study in India. *BMC Public Health*. 4 de janeiro de 2022;22(1):7.
4. Mezger U, Jendrewski C, Bartels M. Navigation in surgery. *Langenbecks Arch Surg*. abril de 2013;398(4):501–14.
5. Benech A, Mazzanti C, Arcuri F, Giarda M, Brucoli M. Simultaneous Le Fort I Osteotomy and Computer-Guided Implant Placement. *J Craniofac Surg*. maio de 2011;22(3):1042–6.
6. Vogel R, Smith-Palmer J, Valentine W. Evaluating the Health Economic Implications and Cost-Effectiveness of Dental Implants: A Literature Review. *Int J Oral Maxillofac Implants*. março de 2013;28(2):343–56.
7. Luthra K. Implant success!!!.....simplified. *J Indian Soc Periodontol*. 2009;13(1):27.
8. Amorim AVD, Comunian CR, Ferreira Neto MD, Cruz EFD. Implantodontia: Histórico, evolução e atualidades / Implantology: History, Evolution and News. *ID Line Rev Psicol*. 30 de maio de 2019;13(45):36–48.
9. University of Medicine and Pharmacy of Craiova, Faculty of Dental Medicine, Ionescu M, Glodeanu AD, University of Medicine and Pharmacy of Craiova, Faculty of Medicine, Popescu SM, University of Medicine and Pharmacy of Craiova, Faculty of Dental Medicine, et al. A BRIEF HISTORY OF DENTAL IMPLANTS. *Analele Univ Din Craiova Ser Istior*. 6 de fevereiro de 2023;27(2):149–60.
10. Mediavilla Guzmán A, Riad Deglow E, Zubizarreta-Macho Á, Agustín-Panadero R, Hernández Montero S. Accuracy of Computer-Aided Dynamic Navigation Compared to Computer-Aided Static Navigation for Dental Implant Placement: An In Vitro Study. *J Clin Med*. 2 de dezembro de 2019;8(12):2123.
11. Taheri Otaghsara SS, Joda T, Thieringer FM. Accuracy of dental implant placement using static versus dynamic computer-assisted implant surgery: An in vitro study. *J Dent*. maio de 2023;132:104487.
12. Periodontics Division, Department of Dentistry, All India Institute of Medical Sciences, Bathinda, Punjab, India, Goyal L, Sankar H, Department of Dentistry, All India Institute of Medical Sciences, Bathinda, Punjab, Indi, Dewan M, Private Practice, Shimla, India; Former Scientist C, All India Institute of Medical Sciences,

- New Delhi, India, et al. Dynamic Navigation in Dental Implantology. Discoveries. 31 de dezembro de 2023;11(4):e178.
13. Resnik R. Misch's Contemporary Implant Dentistry E-Book. 4th ed. Philadelphia: Mosby; 2020. 1 p.
 14. Clark D, Barbu H, Lorean A, Mijiritsky E, Levin L. Incidental findings of implant complications on postimplantation CBCTs: A cross-sectional study. Clin Implant Dent Relat Res. outubro de 2017;19(5):776–82.
 15. Bennardo F, Barone S, Buffone C, Colangeli W, Antonelli A, Giudice A. Removal of dental implants displaced into the maxillary sinus: a retrospective single-center study. Head Face Med. 17 de novembro de 2022;18(1):34.
 16. Ozgul O, Odabaşı F, Derdiyok U, Kocyigit D. Displacement of a dental implant into the submandibular space: Complication of an immediate placement. J Oral Implantol [Internet]. 16 de fevereiro de 2023 [citado 24 de maio de 2025]; Disponível em: <https://meridian.allenpress.com/joi/article/doi/10.1563/aaid-joi-D-22-00154/490912/Displacement-of-a-dental-implant-into-the>
 17. Safi Y, Mortazavi H, Sadeghian A, Hazrati P. Accidental displacement of a dental implant into the nasal cavity: Report of a rare case. Clin Case Rep. novembro de 2022;10(11):e6634.
 18. Żmudzki J, Chladek G, Krawczyk C. Relevance of Tongue Force on Mandibular Denture Stabilization during Mastication. J Prosthodont [Internet]. janeiro de 2019 [citado 24 de maio de 2025];28(1). Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/jopr.12719>
 19. Ulrich Sommer J, Birk R, Hörmann K, Stuck BA. Evaluation of the maximum isometric tongue force of healthy volunteers. Eur Arch Otorhinolaryngol. novembro de 2014;271(11):3077–84.
 20. Trawitzki LVV, Borges CGP, Giglio LD, Silva JB. Tongue strength of healthy young adults: TONGUE STRENGTH IN ADULTS. J Oral Rehabil. julho de 2011;38(7):482–6.
 21. Dal Carlo L, Dal Carlo Z, Pasqualini ME, Moglioni E, Shulman M. Effect of Tongue Thrust on Implants Integration. Eur J Med Health Sci. 5 de maio de 2022;4(3):7–12.
 22. Birk R, Stuck BA, Maurer JT, Schell A, Müller CE, Kramer B, et al. Maximum isometric tongue force in patients with obstructive sleep apnoea. Eur Arch Otorhinolaryngol. março de 2021;278(3):893–900.
 23. Ma L, Ye M, Wu M, Chen X, Shen S. A retrospective study of dynamic navigation system-assisted implant placement. BMC Oral Health. 14 de outubro de 2023;23(1):759.
 24. Varga E, Antal M, Major L, Kiscsatári R, Braunitzer G, Piffkó J. Guidance means accuracy: A randomized clinical trial on freehand versus guided dental implantation. Clin Oral Implants Res. maio de 2020;31(5):417–30.

25. Panchal N, Mahmood L, Retana A, Emery R. Dynamic Navigation for Dental Implant Surgery. *Oral Maxillofac Surg Clin N Am.* novembro de 2019;31(4):539–47.
26. Ozan O, Turkyilmaz I, Ersoy AE, McGlumphy EA, Rosenstiel SF. Clinical Accuracy of 3 Different Types of Computed Tomography-Derived Stereolithographic Surgical Guides in Implant Placement. *J Oral Maxillofac Surg.* fevereiro de 2009;67(2):394–401.
27. Nickenig HJ, Wichmann M, Hamel J, Schlegel KA, Eitner S. Evaluation of the difference in accuracy between implant placement by virtual planning data and surgical guide templates versus the conventional free-hand method – a combined in vivo – in vitro technique using cone-beam CT (Part II). *J Cranio-Maxillofac Surg.* outubro de 2010;38(7):488–93.
28. Turbush SK, Turkyilmaz I. Accuracy of three different types of stereolithographic surgical guide in implant placement: An in vitro study. *J Prosthet Dent.* setembro de 2012;108(3):181–8.
29. Ma F, Liu M, Liu X, Wei T, Liu L, Sun F. Proposal and Validation of a New Nonradiological Method for Postoperative Three-Dimensional Implant Position Analysis Based on the Dynamic Navigation System: An In Vitro Study. *J Pers Med.* 18 de fevereiro de 2023;13(2):362.
30. Robert W. Emery. Dynamic Navigation for Dental Implants and Beyond – The Key to a Complete Digital Workflow [Internet]. Chicago: BroadcastMed LLC; 2024 [citado 24 de maio de 2025]. Disponível em: <https://compendiumlive.com/ebooks/dynamic-navigation-for-dental-implants-and-beyond-the-key-to-a-complete-digital-workflow/>
31. Pei X, Weng J, Sun F, Ma Y, Iao S, Liu X. Accuracy and efficiency of a calibration approach in dynamic navigation for implant placement: An in vitro study. *J Dent Sci.* janeiro de 2024;19(1):51–7.
32. Parra-Tresserra A, Marquès-Guasch J, Ortega-Martínez J, Basilio-Monné J, Hernández-Alfaro F. Current state of dynamic surgery. A literature review. *Med Oral Patol Oral Cirugia Bucal.* 2021;e576–81.
33. Wu D, Zhou L, Yang J, Zhang B, Lin Y, Chen J, et al. Accuracy of dynamic navigation compared to static surgical guide for dental implant placement. *Int J Implant Dent.* dezembro de 2020;6(1):78.
34. Younis H, Lv C, Xu B, Zhou H, Du L, Liao L, et al. Accuracy of dynamic navigation compared to static surgical guides and the freehand approach in implant placement: a prospective clinical study. *Head Face Med.* 14 de maio de 2024;20(1):30.
35. Stünkel R, Zeller AN, Bohne T, Böhrnsen F, Wedi E, Raschke D, et al. Accuracy of intraoral real-time navigation versus static, CAD/CAM-manufactured pilot drilling guides in dental implant surgery: an in vitro study. *Int J Implant Dent.* 6 de outubro de 2022;8(1):41.
36. Wang M, Rausch-Fan X, Zhan Y, Shen H, Liu F. Comparison of Implant Placement Accuracy in Healed and Fresh Extraction Sockets between Static and Dynamic

- Computer-Assisted Implant Surgery Navigation Systems: A Model-Based Evaluation. *Materials*. 11 de abril de 2022;15(8):2806.
37. Chen LW, Zhao XE, Yan Q, Xia HB, Sun Q. Dynamic navigation system-guided trans-inferior alveolar nerve implant placement in the atrophic posterior mandible: A case report. *World J Clin Cases*. 26 de abril de 2022;10(12):3907–15.
 38. Che S, Ismail NH, Wang W, Awang RA. From freehand to precision: Dynamic navigation systems in transmandibular nerve canal implantation: A case series. *Medicine (Baltimore)*. 14 de março de 2025;104(11):e41922.
 39. Banerjee S, Debnath A, Paul P, Banerjee TN. Comparison of accuracy in freehand versus computer-assisted (dynamic and static) dental implant placement: A systematic review and meta-analysis. *J Indian Prosthodont Soc*. janeiro de 2025;25(1):22–9.
 40. Nirula P. Feedback on dental implants with dynamic navigation versus freehand. *Bioinformation*. 31 de março de 2023;19(3):290–4.
 41. Wachol K, Morawiec T, Szurko A, Baldi D, Nowak-Wachol A, Śmieszek-Wilczewska J, et al. Advantages of Dynamic Navigation in Prosthetic Implant Treatment in Terms of the Clinical Evaluation and Salivary Pro-Inflammatory Biomarkers: A Clinical Study. *Appl Sci*. 31 de agosto de 2023;13(17):9866.
 42. Jorba-García A, Bara-Casaus JJ, Camps-Font O, Sánchez-Garcés MÁ, Figueiredo R, Valmaseda-Castellón E. Accuracy of dental implant placement with or without the use of a dynamic navigation assisted system: A randomized clinical trial. *Clin Oral Implants Res*. maio de 2023;34(5):438–49.
 43. Stefanelli L, DeGroot B, Lipton D, Mandelaris G. Accuracy of a Dynamic Dental Implant Navigation System in a Private Practice. *Int J Oral Maxillofac Implants*. janeiro de 2019;34(1):205–13.
 44. Afrashtehfar KI. Conventional free-hand, dynamic navigation and static guided implant surgery produce similar short-term patient-reported outcome measures and experiences. *Evid Based Dent*. 17 de dezembro de 2021;22(4):143–5.
 45. Jorba-García A, González-Barnadas A, Camps-Font O, Figueiredo R, Valmaseda-Castellón E. Accuracy assessment of dynamic computer-aided implant placement: a systematic review and meta-analysis. *Clin Oral Investig*. maio de 2021;25(5):2479–94.
 46. Báez-Marrero N, Rafel JL, Rodríguez-Cárdenas YA, Aliaga-Del Castillo A, Dias-Da Silveira HL, Arriola-Guillén LE. Accuracy of computer-assisted surgery in immediate implant placement: An experimental study. *J Indian Soc Periodontol*. maio de 2022;26(3):219–23.
 47. Block MS, Emery RW, Cullum DR, Sheikh A. Implant Placement Is More Accurate Using Dynamic Navigation. *J Oral Maxillofac Surg*. julho de 2017;75(7):1377–86.

48. Gargallo-Albiol J, Barootchi S, Salomó-Coll O, Wang H lay. Advantages and disadvantages of implant navigation surgery. A systematic review. *Ann Anat - Anat Anz.* setembro de 2019;225:1–10.
49. D’haese J, Ackhurst J, Wismeijer D, De Bruyn H, Tahmaseb A. Current state of the art of computer-guided implant surgery. *Periodontol 2000.* fevereiro de 2017;73(1):121–33.
50. Behneke A, Burwinkel M, Behneke N. Factors influencing transfer accuracy of cone beam CT -derived template-based implant placement. *Clin Oral Implants Res.* abril de 2012;23(4):416–23.