



UNIVERSIDADE
FERNANDO
PESSOA

COMPARAÇÃO DA PRECISÃO/EXATIDÃO ENTRE A CIRURGIA NAVEGADA E TOTAL GUIADA EM IMPLANTOLOGIA: REVISÃO SISTEMÁTICA

Comparison of precision/accuracy between navigated and total guided surgery in
Implantology: systematic review

Dissertação de Mestrado

Mestrado Integrado em Medicina Dentária

Tiago David Miquelino Cruz

Orientador:

Dr. Filipe Castro

Junho 2025

**COMPARAÇÃO DA PRECISÃO/EXATIDÃO ENTRE A CIRURGIA
NAVEGADA E TOTAL GUIADA EM IMPLANTOLOGIA:
REVISÃO SISTEMÁTICA**

“Comparison of precision/accuracy between navigated and total guided surgery in
Implantology: systematic review”

Dissertação de Mestrado

Mestrado Integrado em Medicina Dentária

Tiago David Miquelino Cruz

Orientador:

Dr. Filipe Castro

Junho 2025

À minha família.

Ao meu pai David, por todos os dias ser o exemplo, o comandante. Por me ensinar a não desistir, por me ensinar que os verdadeiros valores do ser humano são inegociáveis e que a sorte dá muito trabalho. Por querer estar sempre presente e querer que eu também o faça. Por me demonstrar diariamente como deve ser e funcionar uma verdadeira família. Pela maneira racional com que trata os assuntos.

À minha mãe Sónia, por ser o coração da casa. Pelas lições de humanidade transmitidas, por todo o cuidado que tem com os de casa e com os de fora. Pelo sorriso e a boa disposição. Por ser mãe. Pela maneira pedagógica com que sempre tratou os assuntos.

Ao meu irmão Bruno, o meu verdadeiro mentor. O meu melhor amigo. Por querer que eu faça sempre parte da equação, levando-me com ele a todo o lado e por cumprir de forma exemplar o papel de irmão mais velho. Porque termino mais uma etapa do meu percurso académico e posso afirmar que foi ele a minha maior fonte de inspiração. Por todos os valores que me transmitiu, tanto no desporto, como na vida pessoal, académica e associativa.

Aos meus avós maternos Maria Cândida e Dimas pelo exemplo de superação e resiliência. Pela humildade, pelo exemplo de amor eterno um pelo outro. Pela preocupação constante e por quererem ser parte ativa da minha vida pessoal e académica. Por me divertir muito na companhia deles. Por nunca me faltarem com nada.

Aos meus avós paternos Angelina e Adelino. À minha avó Angelina, porque sei que está a torcer por mim onde quer que esteja. Por sentir que ainda estou no seu colo eternamente. Ao meu avô Cruz, pelo exemplo de homem forte, pela figura inabalável que representa, pelas poucas palavras e pela sua capacidade de trabalho incrível. Por tudo o que construiu.

AGRADECIMENTOS

Aos que foram e são casa, bagunça e viagem.

Ao meu orientador, Dr. Filipe Castro. Pela amizade, pela confiança, pela boa disposição, pela honestidade, pelos ensinamentos, pelos momentos incríveis que partilhamos, pela disponibilidade e pela excelente orientação. Também por ser uma inspiração, pelo seu percurso e pela sua capacidade de trabalho. Foi sem dúvida um elemento indispensável e importante durante a elaboração deste trabalho.

A todos os docentes e colaboradores da Universidade. Aos docentes por todos os ensinamentos, por me ensinarem a dar os primeiros passos. Aos colaboradores por darem esses passos comigo, de mão dada. Por dedicarem tanto de vós para que cada aluno desfrute dos anos académicos melhor e de forma mais capaz.

À minha família, que para além de uma dedicatória merece também um agradecimento especial. Pelo amor incondicional, pelo suporte dado e por todos os sacrifícios que fizeram para que eu tivesse ferramentas para tornar os meus sonhos realidade.

Aos meus amigos de Esposende, por me fazerem sempre lembrar onde é casa, de onde eu vim e para onde eu devo ir. Por serem família, por serem amigos de verdade. Pela genuinidade e genialidade. Pelo apoio e admiração. Pelo exemplo, pela partilha, por vibrarem comigo. Tenho a certeza que hoje tenho em mim, um pedacinho de cada um de vocês.

Aos amigos que fiz no Desporto, aos treinadores, em Especial ao José Manuel Faria e a todos os adversários. Pela vontade de vencer, pela vontade de ser melhor todos os dias, pelo fair-play, pelo respeito pelo adversário e pelas regras, pelo trabalho individual e de equipa. Pela liderança, pelo sacrifício. Por aprender a lidar com as derrotas. Por perceber que é importante festejar as vitórias. Por todas as viagens e todos os momentos bons que passamos. O Desporto foi uma escola importantíssima, que me deu e dá ferramentas para que todos os dias possa ser melhor como pessoa e futuramente como Médico Dentista.

Aos que se cruzaram comigo durante estes anos, nas salas de aulas, nos corredores, na rua e nas pistas de dança. Pelos momentos que passamos e que fomos felizes. Nunca me esquecerei do vosso sorriso.

Aos que trabalharam ao meu lado nos projetos associativos, quero expressar a minha

gratidão. Por acreditarem, nos projetos, em mim e em vocês. Pela missão altruísta, pela coragem, pela dedicação, pelo amor, por todo o trabalho desenvolvido. Que bonito que foi. Foram milhares de horas dedicadas, ao movimento estudantil. Uma voz ativa. Passando pelos núcleos académicos, pelo Desporto Académico, pelo Departamento da Cultura e Eventos. A todos os que trabalharam comigo, colaboradores e membros da direção da Associação Académica da Fernando Pessoa, a todos os que conferenciaram comigo nos Encontros Nacionais de Direções Associativas, nos Encontros Nacionais da Juventude e na organização de Jornadas Académicas e Congressos de Medicina Dentária e Eventos da Ordem dos Médicos Dentistas. Aos membros do Conselho Pedagógico da Faculdade de Ciências da Saúde da Universidade Fernando Pessoa e da Comissão Independente de Revisão da Normativa Académica, pelos contributos e por todos os ensinamentos.

Aos que diariamente desenvolvem comigo projetos associativos fora da Universidade, por me fazerem crescer em outras valências da vida. Por me fazerem perceber que nem todos os trabalhos têm de ser remunerados. Por me demonstrarem que pequenos gestos podem impactar um local ou uma comunidade. Por me demonstrarem que com pouco é possível fazer muito. Que nem tudo se resolve com dinheiro, mas sim com estratégia, com pensamento crítico e autocrítico, com imaginação e uma vontade imensa de fazer acontecer.

Aos meus amigos e gentes da cidade do Porto, por em todos os momentos sentir que estava em casa. Pela intensidade das palavras e dos gestos. Por fazerem cumprir, "Antiga, Mui Nobre, Sempre Leal e Invicta". Será para sempre um Porto Seguro, um Porto de Encontro.

RESUMO

Introdução: A exatidão, precisão e o paralelismo na colocação de um implante, em relação ao que foi previamente planejado, são determinantes para a taxa de sucesso e a longevidade do mesmo. Por esse motivo, é fundamental assegurar que o implante seja posicionado o mais próximo possível da posição ideal definida durante o planejamento, uma vez que esta representa a localização mais adequada para a sua instalação.

Objetivo: Investigar se a técnica de navegação dinâmica oferece exatidão e precisão superiores, bem como menor desvio no paralelismo dos implantes, quando comparada à cirurgia guiada em implantologia.

Metodologia: Pesquisa bibliográfica em artigos publicados nas bases de dados PubMed, B-on, Web of Science, SciELO, Cochrane, Science Direct e Gray Lit. A seleção dos estudos seguiu critérios de inclusão e exclusão previamente definidos, sendo complementada pelas diretrizes do PRISMA. Os artigos mais relevantes para o objetivo do estudo foram selecionados. A avaliação do risco de viés foi realizada utilizando o instrumento *Joanna Briggs Institute Critical Appraisal* (2020).

Resultados: Dos 36 415 artigos recolhidos, 20 deles foram incluídos no estudo. Verificaram-se dificuldades como a ausência de respeito pela curva de aprendizagem, as amostras utilizadas, a ausência de estudos comparativos entre as 2 técnicas e a falta de padronização dos estudos.

Conclusão: De acordo com a literatura vigente ambas as técnicas, cirurgia dinâmica e total guiada assistida por computador, apresentam resultados promissores ao nível da precisão e exatidão, sendo necessários mais estudos com protocolos mais padronizados e amostras mais amplas para uma seleção e para obter uma preferência.

Palavras-chave: “cirurgia assistida por computador”, “implantes dentários”, “navegação dinâmica”, “eficácia”, “cirurgia guiada de implantes”.

ABSTRACT

Introduction: The accuracy, precision, and parallelism in implant placement, in relation to what was previously planned, are decisive for the success rate and longevity of the implant. For this reason, it is essential to ensure that the implant is positioned as close as possible to the ideal location defined during the planning phase, as this represents the most suitable site for its installation.

Objective: To investigate whether dynamic navigation offers superior accuracy and precision, as well as less deviation in implant parallelism, when compared to guided surgery in implantology.

Methodology: A literature review was conducted using articles published in the PubMed, B-on, Web of Science, SciELO, Cochrane, ScienceDirect, Gray Lit databases. The selection of studies followed previously defined inclusion and exclusion criteria and was complemented by the PRISMA guidelines. The most relevant articles for the objective of the study were selected. The risk of bias was assessed using the Joanna Briggs Institute Critical Appraisal tool (2023).

Results: Of the 36415 articles collected, 20 were included in the study. Difficulties such as lack of respect for the learning curve, the samples used, the absence of comparative studies between the two techniques, and the lack of standardization of the studies were noted.

Conclusion: According to current literature, both techniques, computer-assisted dynamic and total guided surgery, present promising results in terms of precision and accuracy, and further studies are needed with more standardized protocols and larger samples for selection and to obtain a preference.

Keywords: “computer-assisted surgery,” “dental implants,” “dynamic navigation,” “efficacy,” “guided implant surgery.”

ÍNDICE

1. INTRODUÇÃO	1
2. MATERIAIS E MÉTODOS	5
2.1. Protocolo e Registo.....	5
2.2. Estratégia de Pesquisa	6
2.3. Critérios de inclusão e exclusão	6
2.4. Seleção dos Artigos e Elegibilidade	7
2.5. Avaliação do Risco de Viés	8
2.6. Níveis de Significância.....	8
3. RESULTADOS	13
3.1. Tia et al. (2025).....	13
3.2. Yu et al. (2025)	13
3.3. Shi et al. (2024).....	14
3.4. Younis et al. (2024)	15
3.5. Parekar et al. (2024)	16
3.6. Jorba-García et al. (2023)	17
3.7. Yotpibulwong et al. (2023)	19
3.8. Feng et al. (2022).....	19
3.9. Liu et al. (2022)	21
3.10. Battista et al. (2022).....	22
3.11. Kim et al. (2022).....	23
3.12. Ayman et al. (2022).....	23
3.13. Yimarj et al. (2020).....	24
3.14. Varga et al. (2020).....	25
3.15. Sun et al. (2020).....	26
3.16. Aydemir & Arisan (2020).....	27
3.17. Smitkarn et al. (2019)	28
3.18. Kaewsiri et al. (2019).....	28
3.19. Younes et al. (2018).....	29
3.20. Block et al. (2017).....	30
4. DISCUSSÃO	32
5. CONCLUSÃO.....	36
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	38

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Diagrama de fluxo Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analysis (PRISMA, 2020).....	5
---	---

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 Critérios PICO	6
Tabela 2 Critérios de seleção dos artigos científicos.....	7
Tabela 3 Resumo dos resultados recolhidos dos artigos avaliados	9
Tabela 4 Avaliação metodológica dos ensaios clínicos randomizados – determinação do risco de viés com Joanna Briggs Institute critical appraisal, 2020.....	10
Tabela 5 Tabela dos valores de significância (p)	11

LISTAS DE ABREVIATURAS, SIGLAS, SÍMBOLOS OU ACRÓNIMOS

®	Marca Registrada
°	Grau
2D	Duas dimensões
3D	Três dimensões
3Ddev. angle	Desvio Tridimensional do Implante Colocado em Comparação com o Previamente Planeado, ao Nível do Ângulo Axial do Implante
3Ddev. apex	Desvio Tridimensional do Implante Colocado em Comparação com o Previamente Planeado, ao Nível do Ápice do Implante
3Ddev. Plat.	Desvio Tridimensional do Implante Colocado em Comparação com o Previamente Planeado, ao Nível da Plataforma do Implante
AD	Discrepância Angular
AGD	Discrepância Global Apical
Ang.	Ângulo Axial do Implante
Apc.	Âpice do Implante
AR	Realidade Aumentada
CAD/CAM	Desenho Assistido por Computador/Fabricação Assistida por Computador
CAIS	Cirurgia de Implante Assistida por Computador
CBCT	Tomografia Computadorizada de Feixe Cônico
CGD	Discrepância Global Coronal
CT/CBCT	Tomografia Computadorizada/Tomografia Computadorizada de Feixe Cônico
Dan	Discrepância Angular
Dap	Nível da Ápice

dCais	Cirurgia Dinâmica/Navegação Dinâmica de Implante Assistida por Computador
DICOM	Digital Imaging and Communications in Medicine
Dpl	Nível da Plataforma
FG	<i>Full-Guided surgery</i>
ITV	Valor de Torque de Inserção
mm	Milímetro
n	Número
Ncm	Newton por Centímetro
p	Valores de Significância
PICO	População, Intervenção, Comparação e Resultado/Precisão (do inglês Population, Intervention, Comparison e Outcome/Accuracy)
Plat.	Plataforma do Implante
PRISMA	Itens de Relatório Preferidos para Revisões Sistemáticas e Meta-Análises (do inglês Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses)
RCT	Ensaio Clínico Randomizado e Controlado (do inglês Randomized controled trial)
RS	Robótica
sCais	Cirurgia Estática de Implante Assistida por Computador
STL	Idioma Padrão do Triângulo (do inglês Standard Triangle Language)
TC	Tomografia Computadorizada
VO	Sobreposição de Voxel (do inglês Voxel Overlap)

1. INTRODUÇÃO

A implantologia dentária evoluiu significativamente desde as suas origens na abordagem convencional, baseada na habilidade manual do cirurgião e ao nível de exames radiográficos bidimensionais. A técnica tradicional, caracterizada pela cirurgia guiada manualmente (freehand), dependia fortemente da experiência do profissional para garantir a precisão na colocação dos implantes, sendo limitada pela ausência de ferramentas digitais e guias cirúrgicos (Feng et al., 2022; Younes et al., 2018).

Apesar da sua acessibilidade económica, essa abordagem apresentou menor previsibilidade e maior variabilidade nos resultados clínicos, sobretudo em regiões anatómicas complexas como a maxila anterior (Liu et al., 2024; Sun et al., 2020).

Com o avanço das tecnologias, o aparecimento de sistemas computadorizados que assistem a realização de cirurgias guiadas, oferece uma maior exatidão através do planeamento digital detalhado, através do uso de guias estereolitográficos suportados por dentes, e tem demonstrado uma elevada estabilidade e precisão cirúrgica (Block et al., 2017; Younes et al., 2018).

A integração de tecnologias como realidade aumentada (AR) e navegação dinâmica, permitiu à medicina dentária, uma melhoria significativa na execução cirúrgica, especialmente em regiões anteriores da mandíbula (Mai et al., 2023; Sun et al., 2020; Yotpibulwong et al., 2023).

A cirurgia robótica e dinâmica introduziu níveis superiores de precisão, com menor ocorrência de desvios angulares e longitudinais. Estas tecnologias mostraram-se particularmente eficazes em áreas de difícil acesso e com baixa densidade óssea, reduzindo as limitações observadas na implantologia convencional (Chen et al., 2023; Kang et al., 2024).

Apesar disso, a adoção clínica de sistemas robóticos ainda enfrenta barreiras devido à falta de validação robusta e à necessidade de ajustes metodológicos contínuos (Wu & Sun, 2024; Jorba-García et al., 2023).

Estudos comparativos demonstraram que abordagens assistidas por computador superam significativamente os métodos convencionais em termos de exatidão posicional, embora ambos possam ser eficazes em casos com anatomia favorável (Yu et al., 2023; Jain et al.,

2024).

Assim, as práticas modernas consolidam-se ao integrarem softwares dinâmicos e ferramentas automatizadas, proporcionando melhorias clínicas tanto na fase diagnóstica como na cirúrgica (Aydemir & Arisa, 2020; Parekar et al., 2024).

A cirurgia totalmente guiada representa uma evolução significativa na implantologia dentária, assentando-se na integração de tecnologias como a tomografia computadorizada (CT/CBCT) e softwares de planeamento tridimensional. Esta abordagem visa garantir precisão elevada na colocação de implantes, por meio da transferência exata do plano virtual para o campo clínico através de guias cirúrgicos fixos (Kaewsiri et al., 2019; Varga et al., 2020).

A estabilidade dos guias e a experiência do cirurgião continuam a ser fatores críticos para a eficácia do procedimento (Younes et al., 2018; Jaemsuwan et al., 2023).

Estudos têm demonstrado que esta técnica reduz significativamente os desvios angulares e lineares em comparação com métodos manuais ou parcialmente assistidos (Varga et al., 2020; Jorba-García et al., 2023; Yu et al., 2023). Além disso, a cirurgia totalmente guiada contribui para menor trauma cirúrgico, menor necessidade de ajustes intraoperatórios e melhor integração entre o planeamento protético e a execução clínica (Kaewsiri et al., 2019; Feng et al., 2022).

A precisão e eficiência da cirurgia guiada destacam-se especialmente pela previsibilidade clínica, mesmo em casos complexos, como a instalação imediata com próteses pré-fabricadas (Yotpibulwong et al., 2023). Comparativamente, os desvios médios obtidos com cirurgia estática são inferiores aos observados com métodos dinâmicos ou freehand (Block et al., 2017; Younes et al., 2018).

Relativamente às complicações pós-operatórias, técnicas totalmente guiadas têm demonstrado menor incidência de inflamações, sobrecarga biomecânica e dor residual, com redução significativa de falhas associadas à proximidade de estruturas sensíveis (Aydemir & Arisa, 2020; Varga et al., 2020; Mai et al., 2023; Wu & Sun, 2024). A eficácia também se expressa na menor necessidade de correções protéticas subsequentes (Younes et al., 2018; Parekar et al., 2024).

O planeamento pré-operatório tridimensional, realizado com CBCT e modelos digitais, permite identificar desvios entre a simulação virtual e o resultado clínico real. Métodos como o Iterative Closest Point (ICP) e a utilização de marcadores fiduciais auxiliam na

correspondência precisa entre os dados anatômicos e o plano cirúrgico (Feng et al., 2022; Yu et al., 2025; Wu & Sun, 2024). Esta integração digital contribui para o aumento da previsibilidade e sucesso da reabilitação oral.

As técnicas cirúrgicas envolvem o uso de sistemas computadorizados dinâmicos, com sensores em tempo real e feedback háptico (Yu et al., 2025), e guias estáticos com base em planejamento CBCT, frequentemente utilizados para confecção prévia de próteses (Battista et al., 2022; Block et al., 2017). Ambos os métodos apresentam elevada precisão, embora com diferenças em adaptabilidade intraoperatória (Shi et al., 2024; Yimarj et al., 2020).

As guias cirúrgicas, particularmente as dento-suportadas, têm revelado maior estabilidade e eficácia, com impacto positivo na redução de desvios posicionais e na adaptação a condições anatômicas variáveis (Jain et al., 2024; Kim et al., 2022; Sun et al., 2020). A seleção entre sistemas dinâmicos e estáticos depende do cenário clínico, sendo que cada técnica apresenta benefícios e limitações específicas (Aydemir & Arısa, 2020; Khaohoen et al., 2024).

Assim, o planejamento tridimensional aliado à cirurgia totalmente guiada consolida-se como uma abordagem precisa, segura e eficiente na implantodontia contemporânea, destacando-se pelo seu impacto positivo nos desfechos clínicos e funcionais dos pacientes parcialmente edêntulos (Feng et al., 2022; Wu & Sun, 2024; Younes et al., 2018; Yu et al., 2025).

A cirurgia estática guiada representa uma abordagem consolidada na implantodontia digital, caracterizada pela utilização de guias pré-fabricados com base em modelos tridimensionais obtidos por tomografia computadorizada de feixe cônico (CBCT) e imagens intraorais digitais (Feng et al., 2022; Yu et al., 2025). Esta técnica visa aumentar a precisão na colocação dos implantes ao transferir diretamente o planejamento virtual para o campo operatório, respeitando princípios biológicos e protéticos. A calibração rigorosa, o design anatômico personalizado e o alinhamento digital entre dados STL e imagens radiográficas são elementos centrais para a sua eficácia (Liu et al., 2024; Younes et al., 2018).

A modelagem dos guias pode ser realizada manualmente ou por processos computadorizados. A modelagem manual permite maior controle anatômico, mas está sujeita a variações e erros de adaptação clínica (Sun et al., 2020; Kang et al., 2024). Já a

modelagem computadorizada, baseada na conversão de dados em arquivos STL e impressão 3D, apresenta elevada exatidão, embora dependa de qualidade de imagem, calibração adequada e correta fixação intraoral (Feng et al., 2022; Lia et al., 2024). Ambas as metodologias, contudo, apresentam limitações associadas ao ajuste intraoperatório e à variabilidade anatômica dos pacientes (Yu et al., 2023; Yu et al., 2025).

Em termos de desempenho clínico, a cirurgia estática demonstrou elevada eficiência e precisão, com desvios mínimos quando comparada a técnicas manuais, especialmente em edêntulos parciais (Chen et al., 2023; Lia et al., 2024). No entanto, limitações de adaptação clínica incluem densidade óssea variável, movimento do paciente, presença de fluídos orais e dificuldade de acesso a determinadas regiões anatômicas (Jain et al., 2024; Jorba-García et al., 2023). A técnica flapless, por exemplo, requer CBCTs de alta resolução e grande rigor na fixação do guia (Yotpibulwong et al., 2023).

A comparação entre cirurgia estática (sCAIS) e cirurgia dinâmica assistida por computador (dCAIS) revela vantagens específicas em cada abordagem. A dCAIS permite ajustes intraoperatórios e maior flexibilidade, mas exige curva de aprendizagem acentuada e elevado nível de coordenação visual-motora (Sun et al., 2020; Jain et al., 2024). Estudos mostram que ambas as técnicas oferecem precisão comparável na maioria dos parâmetros avaliados, embora a dCAIS, com auxílio de sistemas robóticos, tenda a obter menor desvio angular e maior adaptabilidade em tempo real (Khaohoen et al., 2024; Yu et al., 2025).

Apesar do elevado custo e complexidade técnica, as tecnologias robóticas e dinâmicas demonstram promissor potencial clínico. No entanto, a cirurgia estática guiada continua a ser uma opção viável e eficaz, sobretudo em contextos clínicos onde a previsibilidade, a simplicidade operatória e a reprodução do planejamento virtual são prioritárias (Chen et al., 2023; Aydemir & Arisa, 2020).

Neste sentido, o objetivo da elaboração deste trabalho científico sistemático é avaliar a precisão e exatidão na instalação de implantes dentários entre as técnicas de Cirurgia Dinâmica (dCAIS) e total guiada (Fg-sCAIS).

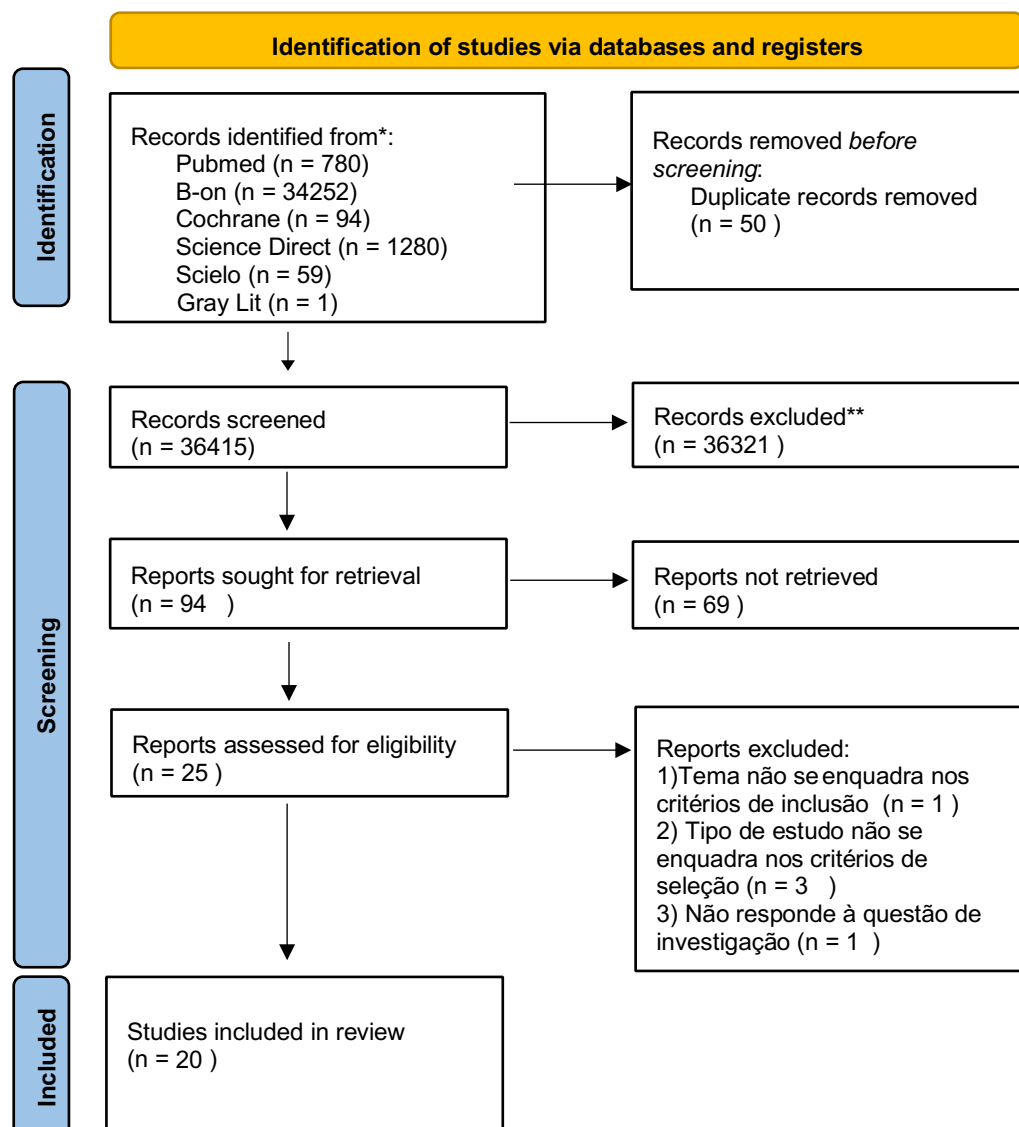
2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1. Protocolo e Registo

Esta metodologia está representada de acordo com o diagrama PRISMA, 2020 (*Preferred Reporting Items for Systematic reviews and Meta- analyses*) que se encontra como Figura 1.

Figura 1

Diagrama de fluxo Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analysis (PRISMA, 2020)



2.2. Estratégia de Pesquisa

A análise foi realizada de forma independente por dois investigadores (F.C. e T.C). Em casos de divergência, foi designado um terceiro investigador (G.F) para proceder à análise dos respetivos resultados. Estes foram posteriormente discutidos e analisados com base na aplicação dos critérios de inclusão e exclusão. A avaliação individual de cada artigo envolveu a leitura do título, do resumo (abstract) e, sempre que necessário, a leitura integral do artigo. Este processo resultou na seleção de 20 artigos que serão incluídos na presente revisão sistemática. A metodologia seguida encontra-se representada no diagrama PRISMA 2020 (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses), apresentado na Figura 1.

Este trabalho tenta responder de acordo com a estratégia PICO (Tabela 1) à seguinte questão de investigação "Será que a cirurgia navegada apresenta maior exatidão/precisão na colocação de implantes dentários, quando comparada com a cirurgia total guiada?"

Tabela 1

Critérios PICO

Population:	Pacientes parcialmente edêntulos.
Intervention:	Colocação de implantes dentários.
Comparison:	Comparação da eficácia, precisão e paralelismo na colocação de implantes dentários entre as técnicas Cirurgia Navegada e Cirurgia Total Guiada.
Outcome/Accuracy:	Discrepância entre a posição tridimensional do implante planeada e a posição pós-cirúrgica.

2.3. Critérios de inclusão e exclusão

A pesquisa foi realizada com base em critérios de inclusão e exclusão previamente estabelecidos (Tabela 2). Foram selecionados exclusivamente artigos redigidos em inglês, publicados nos últimos 10 anos e que abordassem informações pertinentes e relevantes para a temática em análise.

Tabela 2

Critérios de seleção dos artigos científicos

	Critérios de Seleção
<u>Critérios de inclusão</u>	<ul style="list-style-type: none">• Últimos 10 anos• Estudos em humanos• Idioma: inglês• Estudos c/Navegada Dinâmica• Estudos c/Total Guiada• Tipo de estudo:<ul style="list-style-type: none">○ RCT○ Ensaio Clínico○ Estudo Comparativos○ Estudo Retrospectivo
<u>Critérios de exclusão</u>	<ul style="list-style-type: none">• Mais de 10 anos• Estudos <i>in vitro</i> e <i>in vivo</i>• Outros idiomas além de inglês• Estudos Secundários:• Revisões literárias ou Revisões sistemáticas• Estudos apenas Técnica Manual• Estudos sCAIS n/Full Guided

2.4. Seleção dos Artigos e Elegibilidade

Em termos metodológicos, e tendo por base os objetivos previamente delineados, foi realizada uma revisão sistemática mediante a pesquisa e análise de artigos científicos disponíveis em bases de dados online: *PubMed Central (PMC)*, *Biblioteca do Conhecimento Online (B-On)*, *ScienceDirect*, *Scielo*, *Cochrane Library* e *Web of Science e Gray Lit*. A pesquisa decorreu entre os meses de outubro de 2024 e Junho de 2025, utilizando as seguintes palavras-chave: "*computer aided surgery*", "*dental implants*", "*dynamic navigation*", "*accuracy*", "*guided-implant surgery*", combinadas através dos operadores booleanos "AND" e "OR".

Equação de pesquisa: (((computer aided surgery) OR (dynamic navigation)) OR (guided-implant surgery)) AND (dental implants)) AND (accuracy)

Na fase de identificação, foram inicialmente obtidos 36.465 artigos, dos quais 50 foram excluídos por duplicação, resultando em 36.415 artigos. Na fase de seleção, e após análise dos títulos, foram excluídos 36.321 artigos por não apresentarem relevância para o tema em estudo, permanecendo 94 artigos. Posteriormente, após a leitura dos resumos (*abstracts*), foram excluídos mais 69 artigos, restando 25 artigos para análise integral.

Estes 25 artigos foram analisados na íntegra por dois investigadores (F.C. e T.C.) e, em caso de discordância, a avaliação foi realizada por um terceiro investigador (G.F.). Após esta fase, foi excluído 1 artigo que não cumpria os critérios de inclusão, 3 artigos devido ao tipo de estudo não se enquadrar nos critérios de seleção e 1 artigos por não responderem à questão de investigação. Assim, dos 25 artigos inicialmente avaliados, foram finalmente incluídos 20 artigos que cumpriam integralmente os critérios de inclusão e exclusão definidos, estando os respetivos resultados apresentados na Tabela 4.

2.5. Avaliação do Risco de Viés

Após a leitura e análise integral dos 20 artigos selecionados, procedeu-se à avaliação do risco de viés através da ferramenta *Joanna Briggs Institute Critical Appraisal* (2020). A aplicação desta ferramenta permitiu a manutenção dos 20 artigos na revisão, uma vez que todos os estudos apresentaram uma avaliação favorável, demonstrando um bom nível de qualidade metodológica e de evidência científica. Os resultados desta análise encontram-se representados na Tabela 3.

2.6. Níveis de Significância

Os níveis de significância de cada estudo podem ser consultados na Tabela 5.

Tabela 3

Avaliação metodológica dos ensaios clínicos randomizados – determinação do risco de viés com Joanna Briggs Institute critical appraisal, 2020.

	Tia et al. (2025)	Yu et al. (2025)	Shi et al. (2024)	Younis et al. (2024)	Parekar et al. (2024)	Jorba-García et al. (2023)	Yotpibulwong et al. (2023)	Feng et al. (2022)	Liu et al. (2022)	Battista et al. (2022)	Kim et al. (2022)	Ayman et al. (2022)	Yimarj et al. (2020)	Varga et al. (2020)	Sun et al. (2020)	Aydemir & Arisan (2019)	Smitkam et al. (2019)	Kaewsiri et al. (2019)	Younes et al. (2018)	Block et al. (2017)	
Were patient’s demographic characteristics clearly described?	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Was the patient’s history clearly described and presented as a timeline?	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Was the current clinical condition of the patient on presentation clearly described?	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Were diagnostic tests or assessment methods and the results clearly described?	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Was the intervention(s) or treatment procedure(s) clearly described?	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Was the post-intervention clinical condition clearly described?	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Were adverse events (harms) or unanticipated events identified and described?	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Does the case report provide takeaway lessons?	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●

Tabela 4

Resumo dos resultados recolhidos dos artigos avaliados.

Autor	Tipo de Estudo	Dynamic Cais (dCAIS)			Static Cais (FG-sCAIS)		
		3Ddev. Plat.	3Ddev. apex.	3Ddev. angle.	3Ddev. Plat.	3Ddev. apex.	3Ddev. angle.
Tia et al. (2025)	Estudo Clínico Retrospectivo	x	x	x	0.43 ± 0.20mm	0.24 ± 0.07mm	1.46° ± 0.31°
Yu et al. (2025)	Estudo Clínico Prospetivo Comparativo	1.12 ± 0.51mm	1.36 ± 0.57mm	3.61° ± 1.65°	x	x	x
Shi et al. (2024)	RCT	1.3 ± 0.6mm	1.9 ± 0.9mm	5.5° ± 3.5°	1.1 ± 0.6mm	2.0 ± 1.2mm	6.2° ± 4.0°
Younis et al. (2024)	Estudo Clínico Prospetivo Comparativo	0.99 ± 0.52mm	1.14 ± 0.56mm	3.66° ± 1.64°	0.92 ± 0.36mm	1.06 ± 0.47mm	2.52° ± 1.18°
Parekar et al. (2024)	Estudo Clínico Prospetivo Comparativo	IP1-0.55±0.56mm IP2-2.52±2.02mm	IP1-0.88±0.51mm IP2-0.9 ± 0.6mm	IP1-0.42°±0.5° IP2-1.1° ± 0.5°	IP1-5.61 ± 3.1mm IP2-5.53±2.93mm	IP1-1.2±0.8mm IP2-1.14 ± 0.8mm	IP1-3.1°±2.9° IP2-2° ± 1.2°
Jorba-García et al. (2023)	RCT	1.12 ± 0.38mm	1.42 ± 0.52mm	4.02° ± 2.80°	x	x	x
Yotpibulwong et al. (2023)	RCT	1.02 ± 0.45mm	1.28 ± 0.50mm	3.28° ± 1.57°	1.06 ± 0.67mm	1.40 ± 0.71mm	3.18° ± 2.04°
Feng et al. (2022)	Estudo Clínico Prospetivo Randomizado	1.06 ± 0.55mm	1.18 ± 0.53mm	3.23° ± 1.67°	0.99 ± 0.63mm	1.50 ± 0.75mm	3.07° ± 2.18°
Liu et al. (2022)	Estudo Clínico Retrospectivo	1.07 ± 0.57mm	1.26 ± 0.53mm	2.14° ± 1.20°	0.92 ± 0.46mm	1.31 ± 0.43mm	3.31° ± 1.61°
Battista et al. (2022)	Estudo Clínico Prospetivo	0.77 ± 0.25mm	1.2 ± 0.61mm	2.5° ± 0.41°	x	x	x
Kim et al. (2022)	Estudo Clínico Prospetivo	x	x	x	0.97 ± 0.37mm	1.13 ± 0.36mm	3.42° ± 2.12°
Ayman et al. (2022)	RCT	x	x	x	0.69 ± 0.36mm	1.26 ± 0.42mm	3.14 °± 1.37°
Yimarj et al. (2020)	RCT	1.24 ± 0.39mm	1.58 ± 0.56mm	3.78° ± 1.84°	1.04 ± 0.67mm	1.54 ± 0.79mm	4.08°± 1.69°
Varga et al. (2020)	RCT	x	x	x	1,40 ± 0,54mm	1,59 ± 0,59mm	3,04°± 1,51°
Sun et al. (2020)	Estudo Clínico Prospetivo Comparativo	1,25 ± 0,09mm	0,73 ± 0,13mm	3,24° ± 0,36°	1,49 ± 0,08mm	1,00 ± 0,15mm	4,54°± 0,29°
Aydemir and Arisan (2019)	RCT	1,01 ± 0,07mm	1,83 ± 0,12mm	5,59° ± 0,39°	x	x	x
Smitkarn et al. (2019)	RCT	x	x	x	1,0 ± 0,6mm	1,3± 0,6mm	3,1° ± 2,3°
Kaewsiri et al. (2019)	RCT	1.05 ± 0.44mm	1.29 ± 0.50mm	3.06°± 1.37°	0.97 ± 0.44mm	1.28 ± 0.46mm	2.84° ± 1.71°
Younes et al. (2018)	RCT	x	x	x	0.73 ± 0.10mm	0.97 ± 0.19mm	2.30° ± 0.92°
Block et al. (2017)	Estudo Clínico Prospetivo	1,37 ± 0,55mm	1,56 ± 0,69mm	3,62° ± 2,73°	x	x	x

3Ddev. Plat. – desvio tridimensional do implante colocado em comparação com o previamente planeado, ao nível da plataforma do implante; 3Ddev. apex – desvio tridimensional do implante colocado em comparação com o previamente planeado, ao nível do ápice do implante; 3Ddev. angle – desvio tridimensional do implante colocado em comparação com o previamente planeado, ao nível do ângulo axial do implante; Static Cais (Full Guided) – Cirurgia Guiada Estática (Totalmente Guiada); Dynamic Cais – Cirurgia Guiada Dinâmica; IP1- primeiro implante; IP2- segundo implante

Tabela 5

Tabela dos valores de significância (p)

Estudo	Técnica	Plataforma	Ápex	Ângulo
Tia et al. (2025)	sCAIS	NA	NA	NA
Yu et al. (2025)	dCAIS	NA	NA	NA
Shi et al. (2024)	dCAIS vs sCAIS	NA	NA	NA
Younis et al. (2024)	dCAIS vs sCAIS	NA	NA	p= 0.002*
Parekar et al. (2024)	dCAIS vs sCAIS	IP1-p=0.01**	IP1-p=0.43	IP1-p=0.00***
		IP2-p=0.02*	IP2-p=0.59	IP2-p=0.01*
Jorba-García et al. (2023)	dCAIS	NA	NA	NA
Yotpibulwong et al. (2023)	dCAIS vs sCAIS	NA	NA	NA
Feng et al. (2022)	dCAIS vs sCAIS	p=0.659	p=0.231	p=0.547
Liu et al. (2022)	dCAIS vs sCAIS	p=0.669	p=0.566	p=0.893
Battista et al. (2022)	dCAIS	NA	NA	NA
Kim et al. (2022)	sCAIS	p=0.13	p=0.13	p=0.098
Ayman et al. (2022)	sCAIS	NA	NA	NA
Yimarj et al. (2020)	dCAIS vs sCAIS	p=0.11	p=0.57	p=0.64
Varga et al. (2020)	sCAIS	NA	NA	NA
Sun et al. (2020)	dCAIS vs sCAIS	NA	NA	NA
Aydemir & Arisan (2019)	dCAIS	NA	NA	NA
Smitkarn et al. (2019)	sCAIS	NA	NA	NA
Kaewsiri et al. (2019)	dCAIS vs sCAIS	p=0.47	p=0.94	p=0.60
Younes et al. (2018)	sCAIS	NA	NA	NA
Block et al. (2017)	dCAIS	p=0.619	p=0.274	p=0.176

Os dados indicam valores de (p): *p< 0.05 (significativo) se CI=95%; ** p< 0.01 (muito significativo) se CI=95%; *** p< 0.001 (altamente significativo) se CI=95%

NA- não se aplica; IP1- primeiro implante; IP2- segundo implante;

Comparação da precisão/exatidão entre a cirurgia navegada e total guiada em implantologia: revisão sistemática

3. RESULTADOS

3.1. Tia et al. (2025)

Neste estudo retrospectivo, foram incluídos 21 pacientes parcialmente edêntulos com o objetivo de avaliar a precisão da colocação de implantes utilizando a técnica de cirurgia guiada estática totalmente assistida (Static CAIS – Full Guided). O planejamento digital envolveu a aquisição de exames CBCT e de modelos intraorais digitais, permitindo a integração dos ficheiros em software específico para a criação de guias cirúrgicas dentossuportadas, personalizadas e fabricadas por impressão 3D.

Foram colocados 37 implantes com recurso ao protocolo flapless e guias estereolitográficas dentossuportadas com mangas metálicas. A análise da precisão cirúrgica foi realizada pela sobreposição dos CBCT pré e pós-operatórios no software digital avaliando-se o desvio linear ao nível da crista (mesiodistal), no ápice e o desvio angular entre a posição planeada e a efetiva dos implantes.

Os resultados revelaram valores médios de desvio de ($0,43 \pm 0,20$ mm) ao nível da plataforma, ($0,24 \pm 0,07$ mm) ao nível do ápice e ($1,46^\circ \pm 0,31^\circ$) de desvio angular. A cicatrização decorreu sem intercorrências em todos os pacientes, não se registando, falhas implantárias ou protéticas, tendo os pacientes manifestando níveis de satisfação funcional e estética. Uma vez que este estudo não comparou diretamente a técnica FG-sCAIS com a técnica dCais, não foram reportadas análises de significância estatística para esta comparação.

3.2. Yu et al. (2025)

Avaliou, neste estudo prospetivo comparativo a precisão da colocação de implantes recorrendo à cirurgia guiada dinâmica (dCAIS), através da análise tridimensional dos desvios entre as posições planeadas e as efetivamente obtidas. Foram incluídos 40 pacientes parcialmente edêntulos, que receberam um total de 64 implantes.

O planejamento dos casos foi realizado digitalmente com recurso a CBCT pré e pós-operatório e modelos intraorais, permitindo a comparação entre o plano virtual e a posição final do implante. Os desvios foram medidos ao nível da plataforma, do ápice e do eixo

angular. O protocolo exigiu calibração intraoperatória dos instrumentos, de modo a garantir a fiabilidade do sistema.

A análise de precisão foi realizada por sobreposição dos CBCTs pós-operatórios, comparando as posições reais dos implantes com os planos iniciais. Os resultados revelaram que o grupo dCAIS, os valores médios foram de $(1,12 \pm 0,51 \text{ mm})$ na plataforma, $(1,36 \pm 0,57 \text{ mm})$ no ápice e $(3,61^\circ \pm 1,65^\circ)$ no ângulo. Durante o período de observação não foram reportadas complicações clínicas. No entanto, dado que o estudo não incluiu a técnica de Cirurgia Guiada Estática (FG-sCAIS), não foi possível realizar análise estatística de significância para esta comparação, razão pela qual os valores de (p) constam como “NA” na tabela correspondente.

3.3. Shi et al. (2024)

O estudo avaliou a eficácia entre metodologias distintas de apoio digital à colocação de implantes. Relativamente à técnica de Navegação Dinâmica (dCAIS) e Cirurgia Guiada (sCAIS – Fg).

Participaram 46 indivíduos, dos quais 45 completaram o estudo. Todos cumpriam os critérios de seleção definidos pelos autores, sendo distribuídos aleatoriamente pelos grupos em estudo – (sCAIS =15, 15 implantes; e dCAIS=15, 15 implantes). Cada participante tinha a necessidade de substituição de um dente na região posterior.

Todos os casos foram planeados digitalmente a partir de CBCT e modelos intraorais, garantindo critérios protéticos ideais para a emergência e estabilidade biológica do implante. O planeamento tridimensional foi posteriormente confrontado com a posição real dos implantes, registada e analisada após cirurgia, com o objetivo de quantificar desvios ao nível da plataforma (Plat), do ápice (Apc) e do ângulo (Ang).

No grupo sCAIS, recorreu-se a guias dento-suportadas, fabricadas em impressão 3D, totalmente guiadas, assegurando controlo da direção e da profundidade do preparo e da inserção.

Na técnica de Navegação Dinâmica (dCAIS), utilizou-se um sistema ótico de navegação assistido por visão estereoscópica, calibrado previamente e com emissores de infravermelhos acoplados ao paciente e aos instrumentos. Durante todo o ato operatório, o cirurgião conduziu as fresas e o implante sob feedback visual em tempo real.

Os resultados mostraram que o grupo sCAIS apresentou um desvio médio de $(1,1 \pm 0,6$ mm) ao nível da crista, $(2,0 \pm 1,2$ mm) ao nível do ápice e $(6,2^\circ \pm 4,0^\circ)$ de desvio angular. O grupo dCAIS revelou valores médios de $(1,3 \pm 0,6$ mm) na (Plat), $(1,9 \pm 0,9$ mm) no (Apc) e $(5,5^\circ \pm 3,5^\circ)$ no (Ang). Foi registado um evento adverso no grupo dCAIS, em que um implante ficou posicionado mais profundo que o planeado, necessitando substituição. Não se verificaram falhas protéticas ou complicações adicionais. No que respeita à análise estatística, não foram encontradas diferenças significativas entre dCAIS e sCAIS, por essa razão, os valores de (p) estão ausentes.

3.4. Younis et al. (2024)

Comparou, através deste estudo prospetivo a precisão da colocação de implantes através de duas técnicas distintas de cirurgia: Cirurgia Estática (sCAIS) e Cirurgia Dinâmica (dCAIS).

No estudo participaram 65 indivíduos, previamente selecionados e que cumpriam todos os critérios de elegibilidade estabelecidos. Foram submetidos à colocação de 94 implantes dentários, correspondendo a sCAIS = 30 implantes e dCAIS = 34 implantes.

Todos os casos foram planeados com base em CBCT pré-operatório aliado ao planeamento digital, sendo posteriormente confrontando com o CBCT pós-operatório, de forma a quantificar as discrepâncias entre a posição ideal e a posição final do implante.

No grupo sCAIS, o protocolo cirúrgico contemplou a utilização de guias cirúrgicas dentossuportadas, concebidas a partir de planeamento digital e produzidas por impressão 3D. As guias apresentavam 2mm de espessura e estavam equipadas com sleeves fechados, garantindo controlo da direção e profundidade durante a osteotomia e a inserção do implante. A estabilidade e adaptação da guia foram verificadas pelo cirurgião antes da execução do procedimento, mantendo a guia em posição ao longo de todo o ato cirúrgico.

Na técnica de Navegação Dinâmica (dCAIS), recorreu-se a um sistema ótico de rastreamento em tempo real, com emissores de infravermelhos acoplados ao paciente e ao instrumento cirúrgico. Após o registo das referências anatómicas por meio de fiduciais, foi efetuada a calibração da peça de mão e dos instrumentos utilizados. Durante todo o procedimento, a osteotomia e a inserção do implante foram conduzidas sob a orientação contínua de um software de navegação, que fornecia em monitor a visualização da relação espacial das fresas e do implante relativamente às estruturas anatómicas adjacentes.

No que respeita à análise das discrepâncias, verificou-se que ao nível da Plat, a sCais apresentou ($0,92 \pm 0,36\text{mm}$). Relativamente ao Apc, a sCais um desvio de ($1,06 \pm 0,47\text{mm}$). Já o Ang, com a dCais apresentou um desvio de ($2,52^\circ \pm 1,18^\circ$). Já na dCais, verificou-se que ao nível da Plat, apresentou ($0,99 \pm 0,52\text{mm}$). Relativamente ao Apc, a dCais um desvio de ($1,14 \pm 0,56\text{mm}$). Já o Ang, com a dCais apresentou um desvio de ($3,66^\circ \pm 1,64^\circ$). A análise estatística mostrou que não existiram diferenças significativas entre os dois métodos, exceto no desvio angular, em que a dCAIS apresentou valores superiores ($p=0.002$). Não foram reportadas complicações cirúrgicas nem falhas implantárias. Para efeitos desta dissertação, apenas foram considerados os grupos FG-sCAIS e dCAIS, sendo apenas os dados destas técnicas considerados.

3.5. Parekar et al. (2024)

Aferiu a precisão da colocação de implantes adjacentes paralelos através da comparação entre duas técnicas digitais distintas: a Navegação Dinâmica (dCAIS) e Cirurgia Estática (sCAIS).

Foram incluídos no estudo, 20 pacientes, totalizando 40 implantes, distribuídos aleatoriamente em 2 grupos equivalentes: Grupo 1 – sCAIS = 20 e Grupo 2 – dCAIS = 20. Todos os participantes cumpriam os critérios de elegibilidade determinados.

Em ambos os grupos o planeamento foi realizado com base em CBCT pré-operatório e scanearamento intraoral, permitindo a definição virtual das posições ideais dos implantes. Após a cirurgia, realizou-se um CBCT pós-operatório para confrontar as posições planeadas com as efetivamente alcançadas, avaliando as discrepâncias nos parâmetros definidos: ao nível da plataforma (Plat), do ápice (Apc) e do ângulo (Ang).

No grupo sCAIS, os implantes foram colocados com recurso a guias impressas em 3D, desenhadas a partir de ficheiros STL exportados para softwares de planeamento, seguindo-se de fresagem guiada até à colocação final do implante.

No grupo dCAIS, utilizou-se um Software específico, com calibração prévia dos componentes, rastreamento da peça de mão e referenciação clínica dos dados radiográficos. Durante toda a cirurgia, o operador/cirurgião foi orientado em tempo real

pela imagem exibida no monitor, garantindo feedback constante sobre a trajetória das fresas e dos implantes.

Relativamente aos resultados, verificou-se que para o primeiro implante, a sCAIS, apresentou discrepâncias, ao nível da Plat ($5,61 \pm 3,1\text{mm}$). Relativamente ao Apc, um desvio de ($1,2 \pm 0,8\text{mm}$). Já o Ang, apresentou um desvio de ($3,1^\circ \pm 2,9^\circ$). Já a dCAIS, apresentou discrepâncias, ao nível da Plat ($0,55 \pm 0,56\text{ mm}$). Relativamente ao Apc, um desvio de ($0,88 \pm 0,51\text{mm}$). Já o Ang, apresentou um desvio de ($0,42^\circ \pm 0,5^\circ$).

Relativamente ao segundo implante verificou-se, a sCAIS, apresentou discrepâncias, ao nível da Plat ($5,53 \pm 2,93\text{ mm}$). Relativamente ao Apc, um desvio de ($1,14 \pm 0,8\text{mm}$). Já o Ang, apresentou um desvio de ($2^\circ \pm 1,2^\circ$). Já a dCAIS, apresentou discrepâncias, ao nível da Plat ($2,52 \pm 2,02\text{ mm}$). Relativamente ao Apc, um desvio de ($0,9 \pm 0,6\text{mm}$). Já o Ang, apresentou um desvio de ($1,1^\circ \pm 0,5^\circ$).

Verificou-se ainda diferenças significativa no tempo cirúrgico: ($30 \pm 4,5\text{min}$) no grupo sCAIS e ($60,7 \pm 10,1$) no grupo dCAIS ($p < 0,05$).

As análises estatísticas demonstraram diferenças significativas em favor da dCAIS para o primeiro implante ao nível da plataforma ($p=0,01$) e do ângulo ($p=0,00$), e para o segundo implante ao nível da plataforma ($p=0,02$) e do ângulo ($p=0,01$).

Durante o estudo, registaram-se limitações relacionadas com a utilização das guias estáticas, incluindo dificuldades de assentamento e fratura de guias após fresagem sequencial, aspetos considerados como adversos associados à técnica.

3.6. Jorba-García et al. (2023)

Neste estudo foi avaliada a precisão da colocação de implantes dentários através da técnica de Navegação Dinâmica (dCAIS). O estudo contou com a participação de 30 indivíduos, seleccionados de forma a comprimirem os critérios de elegibilidades definidos previamente ao estudo. Foram distribuídos aleatoriamente – dCAIS =15, 22 implantes.

Foi realizado um CBCT pré-operatório em todos os casos de forma a determinar através de planeamento digital, qual a posição ideal do implante. A avaliação da exatidão foi realizada através da realização de um CBCT pós-operatório e da sobreposição das imagens, permitindo medir as discrepâncias ao nível da Plataforma (Plat), do Ápice (Apc) e da Angulação (Ang). Sempre que clinicamente viável, a abordagem Flapless foi utilizada.

No grupo dCAIS, recorreu-se a um software específico, que utiliza marcadores óticos e calibração de pontos anatómicos de referência, fornecendo feedback em tempo real ao cirurgião, durante toda a cirurgia.

Os resultados mostraram uma discrepância média ao nível da Plat, na dCais de $(1,12 \pm 0,38\text{mm})$. Relativamente ao Apc, a dCais apresentou um desvio de $(1,42 \pm 0,52\text{mm})$. Já o Ang, com a dCais apresentou um desvio de $(4,02^\circ \pm 2,80^\circ)$.

Não foram reportadas complicações ou falhas durante os procedimentos. Não foi realizada análise comparativa entre dCAIS e FG-sCAIS, pelo que os valores de significância (p) se encontram ausentes.

3.7. Yotpibulwong et al. (2023)

Comparou a precisão de colocação de implantes dentários entre 4 técnicas cirúrgicas. Participaram neste estudo 120 participantes, que cumpriam os critérios de seleção determinados previamente pelos autores, que foram distribuídos em 4 grupos de 30 indivíduos – sCAIS =30; dCAIS =30.

O planeamento cirúrgico foi realizado a partir de exames CBCT pré-operatórios e modelos digitais, transpostos para softwares de navegação dinâmica e de planeamento estático. No grupo sCAIS, a cirurgia foi totalmente guiada pela guia estática. No grupo dCAIS, a execução foi realizada sob orientação da navegação dinâmica.

Todos os participantes foram submetidos a cirurgia sob anestesia local, com elevação de retalho em espessura total e quando necessário, regeneração óssea guiada em simultâneo. No pós-operatório, foi realizado novo CBCT, permitindo comparar a posição ideal do implante, previamente planeada com a posição real do implante pós-cirurgia.

Avaliando as discrepâncias, verificou-se que ao nível da Plat, a sCais apresentou ($1,06 \pm 0,67\text{mm}$), enquanto a dCais apresentou ($1,02 \pm 0,45\text{mm}$). Relativamente ao Apc, a sCais apresentou um desvio de ($1,40 \pm 0,71\text{mm}$) já a dCais um desvio de ($1,28 \pm 0,50\text{mm}$). Já o Ang, com a sCais a apresentar um desvio de ($3,18^\circ \pm 2,04^\circ$) enquanto dCais apresentou um desvio de ($3,28^\circ \pm 1,57^\circ$).

Não foram encontradas diferenças estatisticamente significativas entre os grupos em estudo. Não se registaram complicações clínicas durante o período de estudo.

3.8. Feng et al. (2022)

Aferiu, através deste estudo prospetivo a eficácia do implante imediato na zona estética da maxila, através da comparação da utilização de duas técnicas distintas de colocação de implantes dentários – Cirurgia Estática (sCAIS) relativamente à Cirurgia Dinâmica (dCAIS), numa zona estética da maxila.

Contou com a participação de 40 participantes, voluntários, divididos em 2 grupos equivalentes: sCAIS =20 e dCAIS =20. Para cada caso, a posição ideal do implante foi

determinada a partir de um CBCT pré-operatório aliado ao planeamento digital, sendo posteriormente confrontada com a posição final registada num CBCT pós-operatório. A observação dos dados permitiu identificar e quantificar as discrepâncias entre o que foi planeado e o resultado depois da cirurgia executada, nos 3 parâmetros estudados: Plat, Apc e Ang.

No grupo sCAIS, a guia cirúrgica foi posicionada previamente à intervenção, na cavidade oral a fim de aferir a sua estabilidade. Deste modo, procedeu-se, em seguida, à osteotomia preparatória de acordo com o protocolo Full Guided Surgery. Após a conclusão da sequência de fresagem, o implante foi inserido sob a orientação integral da guia, que permaneceu em posição durante todo o procedimento.

Durante o procedimento cirúrgico foi aplicada irrigação abundante em conjunto com movimentos de perfuração tipo «in-and-out», de modo a evitar o sobreaquecimento ósseo.

Na técnica de Navegação Dinâmica (dCAIS), realizou-se inicialmente a calibração dos marcadores radiopacos presentes nos diferentes componentes do sistema, assim como, o posicionamento de uma câmara de infravermelhos, responsável pela deteção em tempo real da localização da pele de mão e da posição do paciente. A cirurgia, desde a osteotomia até à colocação do implante, foi integralmente conduzida sob a orientação do sistema de navegação dinâmica. Este fornecia ao operador/cirurgião, através de imagem exibida no monitor em tempo real, a relação espacial e a orientação das fresas e do implante em relação às estruturas anatómicas adjacentes. Sempre que novas fresas eram utilizadas, procedia-se a calibrações adicionais, posicionando a ponta da fresa na cúspide dos dentes vizinhos para garantir a sua correta referenciação.

Relativamente às análises das discrepâncias, verificou-se que ao nível da Plat, a sCais apresentou ($0,99 \pm 0,63\text{mm}$), enquanto a dCais apresentou ($1,06 \pm 0,55\text{mm}$), valores estes que não se mostraram significantes ($p = 0,659$). Já relativamente ao Apc, a sCais apresentou um desvio de ($1,50 \pm 0,75\text{mm}$) já a dCais um desvio de ($1,18 \pm 0,53\text{mm}$), discrepâncias pouco significativas ($p = 0,231$). Por último, em graus, o Ang, com a sCais a apresentar um desvio de ($3,07^\circ \pm 2,18^\circ$) enquanto dCais apresentou um desvio de ($3,23^\circ \pm 1,67^\circ$), confirmando a falta de significância, notada nos parâmetros anteriores, entre os desvios ($p = 0,547$). Nenhuma destas diferenças foi estatisticamente significativa.

Contudo, observou-se diferença significativa na entrada ao nível lábio-palatino, com os implantes no grupo dCAIS posicionados mais vestibularmente ($p=0.005$).

A taxa de sobrevivência foi de 100% em ambos os grupos, não se registrando complicações intraoperatórias nem fraturas de guias.

3.9. Liu et al. (2022)

Este estudo retrospectivo comparativo incluiu 32 participantes, todos eles respeitavam os critérios estabelecidos inicialmente pelos autores, por exemplo, como a necessidade de colocação de pelo menos um implante. Os implantes foram colocados recorrendo a duas técnicas distintas: Cirurgia Estática (sCAIS) e Navegação Dinâmica (dCAIS). Os pacientes foram distribuídos em 2 grupos: sCAIS (n=16; 18 implantes) e dCAIS (n=16; 20 implantes). Procedeu-se à avaliação das discrepâncias existentes através da comparação entre a posição planeada – CBCT pré-operatório – e a posição final obtida – CBCT pós-operatório – considerando 3 parâmetros: plataforma (Plat), ápice (Apc) e ângulo (Ang).

A realização destes 2 exames CBCT, um pré e outro pós-operatório é que nos permite avaliar com precisão as discrepâncias existentes. No primeiro – CBCT pré-operatório – definiu-se a posição considerada ideal para os implantes, a qual serviu como referência para a análise dos desvios observados após a colocação efetiva dos mesmos.

Relativamente à Plat, foram obtidas discrepâncias de $(1,07 \pm 0,57\text{mm})$ e $(0,92 \pm 0,46\text{mm})$ para dCais e sCais respetivamente, sendo que estas discrepâncias não apresentaram um considerável grau de significância ($p = 0,669$). Relativamente ao Apc, foram verificadas discrepâncias, entre a posição planeada e a obtida, de $(1,26 \pm 0,53\text{mm})$ e $(1,31 \pm 0,43\text{mm})$ para dCais e sCais respetivamente, relatando uma baixa significância relativamente a esta discrepância ($p = 0,566$). Por fim, quanto ao Ang, verificou-se a existência de discrepâncias de $(2,14^\circ \pm 1,20^\circ)$ e $(3,31^\circ \pm 1,61^\circ)$ para dCais e sCais respetivamente, valores considerados, novamente, pouco significantes ($p = 0,893$).

Adicionalmente foi avaliada a estabilidade primária dos implantes através do torque de inserção (ITV), tendo-se verificado valores médios de $(25,25 \pm 7,52\text{ Ncm})$ para dCAIS e $(30,56 \pm 11,23\text{ Ncm})$ para sCAIS, diferença considerada estatisticamente significativa ($p=0.028$), favorecendo a técnica estática. Todos os implantes sobreviveram durante um período médio de seguimento de 13 meses, não se registrando complicações clínicas.

3.10. Battista et al. (2022)

Este estudo avaliou a eficácia da Navegação Dinâmica (dCAIS) na colocação de implantes em áreas estéticas. A amostra incluiu 12 pacientes, selecionados de acordo com critérios de inclusão que contemplavam a necessidade de colocar pelo menos um implante em zona de relevância estética. A eficácia foi medida através do cálculo dos desvios entre a posição final do implante – obtida por meio de um CBCT pós-operatório – e a posição ideal previamente definida com base num CBCT pré-operatório associado ao planeamento cirúrgico. Este planeamento foi realizado em software específico, que permitiu ao operador/cirurgião simular a colocação virtual do implante na posição considerada mais adequada. Os desvios foram avaliados em 3 parâmetros: plataforma (Plat), ápice (Apc) e ângulo (Ang).

Todos os pacientes realizaram tratamento periodontal, antes da realização da cirurgia. Calibrou-se a peça de mão, em ambiente estéril, sendo esta etapa que estabelece relação entre o instrumento e o eixo da fresa. Tanto a peça de mão como o stent posicionado na cavidade oral do paciente, ambos dotados de marcadores radiopacos semelhantes, foram rastreados por uma câmara infravermelhos situada acima do campo operatório. Posteriormente, realizou-se todo o procedimento cirúrgico – desde a osteotomia até à inserção do implante – foi conduzido sob orientação contínua do sistema de navegação dinâmica.

No que se refere à Plat, verificou-se um desvio de $(0,77 \pm 0,25\text{mm})$, enquanto no Apc visualizou-se uma discrepância de $(1,2 \pm 0,61\text{mm})$ e por fim, relativamente ao desvio, em graus, do Ang, verificou-se um desvio de $(2,5^\circ \pm 0,41^\circ)$.

Durante um período médio de seguimento de 6 meses, não se registaram complicações biológicas, falhas de implantes ou protéticas. Todos os pacientes relataram níveis elevados de satisfação funcional e estética com as reabilitações.

No que diz respeito à significância estatística, não foi realizada análise comparativa entre dCAIS e FG-sCAIS neste estudo, por isso, os valores correspondentes a (p) encontram-se ausentes.

3.11. Kim et al. (2022)

Foi conduzida uma avaliação da eficácia da Cirurgia Estática (sCAIS) na colocação de implantes. No total, 24 implantes foram instalados em 11 pacientes, previamente selecionados de acordo com critérios de seleção definidos em consenso pelos autores, distribuídos entre guias dentossuportadas (n=8) e mucossuportadas (n=16). O planejamento cirúrgico foi realizado com base em um CBCT pré-operatório e em software específico de cirurgia de implantes, sendo posteriormente comparado com resultados obtidos num CBCT pós-operatório. A partir dessa comparação, analisaram-se os desvios entre a posição ideal/planeada e a posição final do implante pós-cirurgia, considerando 3 parâmetros: plataforma (Plat), ápice (Apc) e ângulo (Ang).

Previamente à cirurgia, foi planeada e confeccionada uma guia cirúrgica com base numa impressão digital da cavidade oral obtida através de um scanner intraoral. Esta guia incorporava a orientação da posição ideal do implante, definida pela presença de uma perfuração no diâmetro adequado para a sua colocação. A determinação dessa posição teve em consideração a densidade óssea do local e a relação com estruturas anatómicas adjacentes, como o nervo alveolar inferior e o seio maxilar.

Posto isto, a guia foi posicionada na cavidade oral para confirmar a sua estabilidade em relação aos tecidos de suporte, garantindo que eventuais discrepâncias não fossem atribuídas a falhas de fabrico. Após essa verificação, procedeu-se à colocação do implante de acordo com o protocolo da técnica Full Guided Surgery.

Quanto ao desvio entre a Plat com o planeado, verificou-se uma discrepância de $(0,97 \pm 0,37\text{mm})$ e $(p=0.13)$, já no Apc, verificou-se desvios de $(1,13 \pm 0,36\text{mm})$ e $(p=0.13)$, Relativamente ao Ang, medido em graus, comprovou-se um desvio de $(3,42^\circ \pm 2,12^\circ)$ e $(p=0.098)$ face ao planeado.

Não foram reportadas complicações ou falhas clínicas ao longo do estudo.

3.12. Ayman et al. (2022)

Avaliaram e compararam a eficácia, entre duas técnicas cirúrgicas na colocação imediata de implantes dentários em alvéolos recentemente edêntulos. O estudo inclui 22 pacientes,

previamente selecionados de acordo com critérios de elegibilidade definidos pelos investigadores. A análise teve como base a comparação entre a posição virtual do implante – considerada ideal e obtida a partir de um CBCT pré-operatório associado ao planeamento cirúrgico – e a posição efetivamente alcançada, determinada através de um CBCT pós-operatório, no qual foram obtidos todos os desvios.

Em ambas as técnicas, procedeu-se primeiramente à extração dos dentes ou raízes remanescentes, seguida da avaliação do alvéolo. Nos casos em que todas as paredes alveolares se apresentavam intactas, considerou-se viável a colocação imediata dos implantes.

No grupo submetido à cirurgia Estática (sCAIS), foi utilizada uma guia cirúrgica previamente confeccionada, cuja adaptação foi confirmada previamente ao início do procedimento. Todo o processo cirúrgico – desde a osteotomia até à inserção do implante – foi realizado com a guia em posição, seguindo estritamente as instruções fornecidas pelo fabricante. Durante a fase de osteotomia, aplicou-se irrigação abundante com solução salina estéril.

Foram avaliadas as discrepâncias nos 3 parâmetros definidos – plataforma (Plat), ápice (Apc) e ângulo (Ang). A técnica estática (sCAIS) apresentou desvios médios de $(0,69 \pm 0,36 \text{ mm})$ para a plataforma, $(1,26 \pm 0,42 \text{ mm})$ para o ápice e $(3,14^\circ \pm 1,37^\circ)$ para o ângulo.

Importa salientar que estes resultados dizem respeito exclusivamente à técnica guiada estática utilizada no estudo, não tendo sido realizada comparação direta com a técnica de navegação dinâmica. E, por essa razão, os valores de significância não se encontram descritos no artigo.

Não foram relatadas falhas ou complicações durante o seguimento do estudo.

3.13. Yimarj et al. (2020)

Recorrendo a ensaio clínico randomizado, foi avaliada a eficácia da colocação de implantes dentários através de duas abordagens distintas: Cirurgia Estática (FG-sCAIS) e Navegação Dinâmica (dCAIS). A amostra foi composta por 30 pacientes, selecionados de acordo com critérios de elegibilidade previamente definidos, tendo cada um recebido 2 implantes, distribuídos aleatoriamente entre os 2 grupos de estudo. Todos os

participantes realizaram um CBCT pré-operatório, que serviu de base para o planejamento, sendo posteriormente comparado com o CBCT pós-operatório de forma a determinar as discrepâncias entre a posição ideal e a efetivamente obtida pós cirurgia.

A posição ideal dos implantes foi definida previamente, servindo como referência para a comparação com as posições obtidas no estudo. Esta definição tem por base a análise do CBCT pré-operatório, complementada pelo uso de um software de planejamento cirúrgico de implantes, que permitiu estabelecer a localização ideal de acordo com os princípios biológicos e restauradores.

No grupo sCAIS, antes do início da cirurgia foi confirmada a estabilidade da guia seguindo-se a execução do procedimento de acordo com o protocolo Full Guided.

No protocolo dCAIS, antes da cirurgia foi realizada a calibração do sistema, de modo a identificar a localização e a orientação da peça de mão em relação aos marcadores radiopacos presentes no stent posicionado na cavidade oral do paciente. Tanto no stent como a peça de mão foram continuamente rastreados por uma câmara de infravermelhos situada acima do campo operatório. Deste modo, a posição da fresa e do implante era projetada em tempo real no monitor, sobreposta ao CBCT pré-operatório e ao planejamento virtual, garantindo que todo o procedimento – desde a osteotomia até à inserção do implante – fosse conduzido sob a orientação constante do sistema de navegação dinâmica.

De forma a avaliar os desvios, foram estabelecidos 3 parâmetros, discrepâncias da Plat, do Apc e do Ang. Iniciando pela Plat, foram obtidas discrepâncias de $(1,24 \pm 0,39)$ e $(1,04 \pm 0,67)$ para dCais e sCais respetivamente, discrepâncias estas que se mostraram pouco significantes ($p = 0,11$). Quanto ao Apc, na d-Cais houve uma diferença de $(1,58 \pm 0,56)$ enquanto na sCais de $(1,54 \pm 0,79)$, tendo estas discrepâncias mostrando um nível de significância baixo ($p = 0,57$), já no último parâmetro, o Ang, dCais apresentou discrepâncias de $(3,78 \pm 1,84)$ já a sCais apresentou uma discrepância de $(4,08 \pm 1,69)$, não sendo consideradas significativas as discrepâncias obtidas ($p = 0,64$).

O paralelismo entre os dois implantes de cada paciente demonstrou valores médios de $(3,55^\circ \pm 2,29^\circ)$ – dCAIS versus $(4,32^\circ \pm 2,44^\circ)$ – FG-sCAIS, ($p=0.39$).

Não se registaram complicações clínicas.

3.14. Varga et al. (2020)

Num estudo comparativo, foi avaliada a eficácia de 4 técnicas distintas de colocação de implantes. Participaram 101 voluntários, selecionados de acordo com critérios previamente definidos, nos quais foram instalados 207 implantes. Os participantes foram distribuídos aleatoriamente em 4 grupos. Dos 101, 28 ficaram no grupo onde foi utilizada a técnica FG (Full Guided Surgery) – utilizando guias dentossuportadas fabricadas digitalmente.

A análise dos resultados foi realizada através do alinhamento entre os CBCT pré e pós-operatórios, permitindo identificar as discrepâncias entre a posição planejada e a posição final dos implantes ao nível da plataforma (Plat), do ápice (Apc) e do ângulo (Ang).

Na técnica de Cirurgia Totalmente Guiada (FG Surgery), após a preparação inicial para o acesso ao osso, a guia cirúrgica – cuja estabilidade é previamente confirmada – é posicionada na arcada e permanece no local durante todo o procedimento, desde a primeira osteotomia até à inserção do implante. Assim, o operador/cirurgião dispõe de um suporte físico contínuo ao longo de toda a intervenção, o que facilita a execução do posicionamento previamente planejado do implante.

No que diz respeito às discrepâncias observadas ao nível da plataforma (Plat), a cirurgia estática apresentou desvios médios de $(1,40 \pm 0,54 \text{ mm})$. Relativamente ao ápice (Apc), os desvios registados foram $(1,59 \pm 0,59 \text{ mm})$. Os desvios apresentados relativamente à análise do ângulo, medidos em graus, foram de $(3,04^\circ \pm 1,51^\circ)$. Valores de significância (p) ausentes, pois o artigo não compara diretamente as técnicas dCAIS e FG-sCAIS.

3.15. Sun et al. (2020)

Este estudo teve como intuito comparar a eficácia entre 3 técnicas de colocação de implantes dentários. Para isso, procedeu-se ao planeamento da posição ideal dos implantes, a partir de um CBCT pré-operatório, sendo posteriormente confrontado com a posição efetivamente obtida num CBCT pós-operatório. No total foram colocados 128 implantes. Desses 128, 64 deles foram colocados 32, segundo a técnica dCAIS e 32 segundo a técnica sCAIS.

Após análise das posições obtidas em comparação com as previamente planejadas, os resultados para a Navegação Dinâmica (dCAIS) foram: Plat = $(1,25 \pm 0,09 \text{ mm})$, Apc = $(0,73 \pm 0,13 \text{ mm})$ e Ang = $(3,24^\circ \pm 0,36^\circ)$. A Cirurgia Estática (sCAIS), apresentou desvios correspondentes a: Plat = $(1,49 \pm 0,08 \text{ mm})$, Apc = $(1,00 \pm 0,15 \text{ mm})$ e Ang = $(4,54^\circ \pm 0,29^\circ)$. Não à referência ao valor de significância (p) para a comparação direta

entre as técnicas dCais e FG-sCAIS. Não há registo de complicações clínicas associadas aos implantes em nenhum dos grupos.

3.16. Aydemir & Arisan (2019)

Este estudo clínico randomizado teve como objetivo avaliar as discrepâncias entre o planeamento virtual e a posição final obtida após a cirurgia. Contou com a participação de 30 pacientes onde foram colocados 86 implantes, dos quais 43 foram colocados através da técnica de Navegação Dinâmica (dCAIS). Desta forma, recorreu-se à comparação entre o CBCT pré-operatório - utilizado para definir a posição ideal dos implantes através de software específico de planeamento - e o CBCT pós-operatório, que permitiu determinar a posição tridimensional final dos implantes.

Para a avaliação das discrepâncias foram definidos 3 parâmetros principais: o desvio ao nível da plataforma (Plat), a discrepância na posição do ápice (Apc) e, por fim, a variação angular (Ang) resultante.

Na técnica de Navegação Dinâmica, o sistema recorre a 2 câmaras de rastreamento que identificam a posição dos marcadores presentes tanto no stent, colocado na mandíbula ou maxila do paciente, como na peça de mão. Esses marcadores, constituídos por padrões contrastantes (preto e branco), são reconhecidos pelo software, o qual integra o CBCT pré-operatório e o planeamento virtual da colocação do implante. Dessa forma, é possível acompanhar em tempo real a profundidade e a angulação das fresas e dos implantes ao longo do procedimento cirúrgico.

Na análise das discrepâncias entre a posição planeada e a obtida com a técnica de Navegação Dinâmica (dCAIS), verificou-se um desvio médio de $(1,01 \pm 0,07 \text{ mm})$ ao nível da plataforma (Plat). No ápice (Apc), a diferença observada foi de $(1,83 \pm 0,12 \text{ mm})$. Relativamente à avaliação angular (Ang), registou-se uma discrepância de $(5,59^\circ \pm 0,30^\circ)$.

Os valores de significância (p), não foram calculados porque o artigo não faz comparação direta entre as técnicas dCais e FG-sCAIS, Não há registo de complicações clínicas associadas ao grupo dCAIS. Dois paciente necessitaram de repetir o processo pré-operatório devido a instabilidade do stent, mas todos os implantes foram colocados com sucesso.

3.17. Smitkarn et al. (2019)

Este estudo clínico randomizado, comparou a precisão da colocação de implantes entre diferentes técnicas cirúrgicas de colocação de implantes. No total participaram neste estudo 52 participantes.

Relativamente à Cirurgia Estática (sCAIS), foram alocados 26 pacientes de forma voluntária, onde foram colocados 30 implantes. O planeamento cirúrgico foi realizado a partir de um CBCT pré-operatório e de software específico para planeamento de cirurgia com implantes. Executados os procedimentos, foi obtido um CBCT pós-operatório, que permitiu avaliar as discrepâncias entre a posição planeada e a posição real do implante, considerando 3 parâmetros: plataforma (Plat), ápice (Apc) e Ângulo (Ang).

Na avaliação dos parâmetros referidos, a técnica estática (sCAIS) apresentou uma discrepância média de $(1,0 \pm 0,6 \text{ mm})$, ao nível da plataforma. Quanto ao desvio observado no ápice (Apc), foi de $(1,3 \pm 0,6 \text{ mm})$. Já na análise ao valor angular (Ang), expresso em graus, verificou-se um desvio de $(3,1^\circ \pm 2,3^\circ)$.

Não foi observada nenhuma complicação clínica associada aos procedimentos.

3.18. Kaewsiri et al. (2019)

O estudo avaliou a eficácia da colocação de implantes utilizando duas abordagens distintas: a Cirurgia Navegada Dinâmica (*Dynamic CAIS*) e a Cirurgia Guiada Estática Totalmente Assistida (*Static CAIS – Full Guided*). Participaram 60 pacientes, voluntários, que cumpriam todos os critérios previamente definidos, com a necessidade de colocação de um único implante apenas. Foram distribuídos aleatoriamente, em 2 grupos: Dynamic Cais =30 e Static Cais =30.

De forma a avaliar a precisão, foi realizada a comparação entre os CBCT obtido no pré e no pós-operatório. Desta análise, foi possível verificar as discrepâncias entre a posição tridimensional idealmente planeada, definida segundo princípios biológicos e restauradores e a posição final alcançada pelo operador na cirurgia. Importa referir que o

planeamento virtual foi efetuado por profissional distinto daquele que executou os procedimentos cirúrgicos, tanto na cirurgia dinâmica como na cirurgia estática.

Foram considerados 3 parâmetros principais: as discrepâncias ao nível da plataforma (Plat), do ápice (Apc) e do ângulo (Ang). No grupo submetido à Cirurgia Estática (sCais), elaborou-se uma guia cirúrgica que, após confirmação da sua estabilidade intraoral, foi utilizada para a inserção dos implantes segundo informações do fabricante.

Na Cirurgia Dinâmica (dCais), foi utilizado um sistema composto por uma câmara de rastreamento por infravermelhos e dois sensores de movimento, acoplados respetivamente à peça de mão e ao stent de registo, este último posicionado na maxila ou mandíbula do paciente. Após a colocação correta de todos os componentes, realizou-se a calibração tanto da peça de mão como do stent, o que permitiu sincronizar os movimentos realizados no campo cirúrgico com a representação em tempo real no monitor do software. Essa correspondência só é possível devido à identificação dos marcadores radiopacos presentes em ambos os dispositivos, tanto na peça de mão, como no stent.

Concluída a preparação, foram medidas as discrepâncias nos 3 parâmetros previamente definidos. Relativamente à plataforma (Plat), a navegação dinâmica (dCAIS) apresentou uma diferença média de $(1,05 \pm 0,44 \text{ mm})$, enquanto a cirurgia estática (sCAIS) revelou uma discrepância de $(0,97 \pm 0,44 \text{ mm})$, não se mostrando esta variação estatisticamente significativa ($p=0,47$).

Na avaliação do ápice (Apc), foram observados valores de $(1,29 \pm 0,50 \text{ mm})$ para a dCAIS e $(1,28 \pm 0,46 \text{ mm})$ para a sCAIS, não existindo também diferença estatisticamente relevantes entre os métodos.

Em relação ao ângulo (Ang), registaram-se discrepâncias de $(3,06^\circ \pm 1,37^\circ)$ para a dCAIS e de $(2,84^\circ \pm 1,71^\circ)$ para a técnica sCAIS. Os resultados obtidos demonstram ausência de significância estatística ($p=60$).

O tempo cirúrgico médio foi ligeiramente superior no grupo dCAIS devido ao registo adicional do sistema (aprox. 3 minutos). Não foram reportadas complicações clínicas relevantes, apenas dor e edema ligeiros em alguns pacientes, resolvidos espontaneamente.

3.19. Younes et al. (2018)

Foi realizada uma comparação da eficácia de 3 protocolos distintos na colocação de

implantes em pacientes parcialmente edêntulos, de forma a analisar a capacidade de cada uma em reproduzir com precisão a posição previamente planejada. Relativamente à técnica de Cirurgia Totalmente Guiada (Full Guided – FG), participaram 10 pacientes, onde foram colocados 21 implantes.

Para avaliação dos desvios, foram realizados 2 CBCT, um em fase pré-operatória e outro após a cirurgia. Com base no CBCT inicial, realizou-se o planejamento virtual da posição considerada ideal para a colocação do implante, através de software específico. Posteriormente, o exame pós-operatório foi comparado com o pré-operatório, permitindo identificar as discrepâncias entre a posição planejada e a efetivamente obtida. A análise contemplou 3 parâmetros principais: o desvio ao nível da plataforma (Plat), do ápice (Apc) e do ângulo (Ang).

No protocolo da Cirurgia Totalmente Guiada (Full Guided Surgery), após confirmada a estabilidade da guia na cavidade oral, todo o procedimento cirúrgico, desde a osteotomia até à instalação do implante, foi realizado com recurso ao suporte físico fornecido pela guia. Nesta abordagem a guia permaneceu posicionada na boca durante todo o ato cirúrgico, oferecendo ao cirurgião orientação contínua ao longo da intervenção.

Após a análise dos parâmetros avaliados, a técnica Full Guided Surgery, apresentou uma discrepância média de $(0,73 \pm 0,10 \text{ mm})$ ao nível da plataforma (Plat). No que respeita ao ápice (Apc), a diferença registada foi de $(0,97 \pm 1,19 \text{ mm})$. Relativamente ao ângulo (Ang), medido em graus, os desvios observados corresponderam a $(2,30^\circ \pm 0,92^\circ)$. Não são fornecidos dados relativamente aos valores de significância, pois, este estudo não compara diretamente as técnicas (dCAIS e FG-sCAIS). Não se registaram complicações clínicas relevantes, apesar que em dois casos a guia cirúrgica necessitou de ajustes intraoperatórios por falta de adaptação.

3.20. Block et al. (2017)

Este estudo clínico prospetivo avaliou a precisão tridimensional da colocação de implantes dentários utilizando Navegação Dinâmica (*Dynamic CAIS*), em pacientes parcialmente edêntulos.

Foram incluídos neste estudo, 100 pacientes, divididos em 3 grupos sendo as cirurgias

realizadas por 3 cirurgiões distintos. Através da comparação dos CBCT pré e pós-operatórios, bem como da posição ideal previamente planeada do implante, foi possível identificar os desvios ao nível da plataforma, do ápice e do ângulo.

Existe uma curva de aprendizagem, que após 20 casos, permite ao operador atingir um nível de proficiência estável.

No protocolo de Navegação Dinâmica, antes da aquisição do CBCT, foi posicionada uma guia termoplástica (stent) com três marcadores radiopacos sobre os dentes da arcada a receber os implantes. Posteriormente, realizou-se o CBCT. Essa mesma guia, equipada com os três marcadores radiopacos e respetivo clip, foi utilizada durante a cirurgia, permitindo estabelecer, em tempo real, a correspondência entre o campo cirúrgico e o CBCT integrado no software.

Antes do início da cirurgia, procedeu-se à calibração dos marcadores radiopacos do stent colocado na boca do paciente e à calibração da peça de mão, igualmente equipada com marcadores semelhantes. A calibração do stent garantiu a ligação entre o planeamento virtual e o campo cirúrgico em tempo real, enquanto a calibração da peça de mão permitiu o seu rastreio e a definição do eixo da fresa. Cada fresa foi calibrada individualmente, de acordo com o seu comprimento, sempre que a sua utilização era necessária.

No grupo dCAIS, os desvios médios foram de $(1,37 \pm 0,55 \text{ mm})$ na plataforma, ($p=0.619$). No ápice foram descritas discrepâncias de $(1,56 \pm 0,69 \text{ mm})$, com ($p=0.274$). Por fim, na avaliação do ângulo, verificaram-se desvios de $(3,62^\circ \pm 2,73^\circ)$, com ($p=0.176$).

Nenhuma falha ou complicação é descrita neste estudo.

4. DISCUSSÃO

A análise comparativa dos estudos incluídos nesta revisão sistemática permite estabelecer padrões claros de desempenho entre as técnicas de cirurgia navegada dinâmica (dCAIS) e cirurgia totalmente guiada (FG-sCAIS), com destaque para as diferenças observadas nos desvios tridimensionais, tanto angulares como lineares. Os dados extraídos dos estudos incluídos, integrados com a evidência recente de revisões sistemáticas e meta-análises, permite observar tendências, inter e intra-artigo num enquadramento científico consistente. A literatura aponta para desvios médios na ordem de aproximadamente 1 mm ao nível da plataforma, entre 1.3-1.5mm ao nível do ápice e uma variação ao nível do desvio angular entre 3°- 5°, intervalos compatíveis com a prática clínica em implantologia (Kang et al., 2024; Khaohoen et al. 2024).

Relativamente ao desvio ao nível da plataforma, é notório uma vantagem da cirurgia totalmente guiada: o estudo de Younis et al. (2024) apresenta uma média de (0,92 ± 0,36mm) na FG- sCAIS contra (0,99 ± 0,52 mm) para a técnica dCAIS, Liu et al. (2022) apresenta valores médios de (0,92 ± 0,46 mm) na FG-sCAIS contra (1,07 ± 0,57 mm) para a dCAIS, também Kaewsiri et al. (2019) apresenta valores médios que demonstram esta vantagem, apresentando valores médios para FG- sCAIS de (0,97 ± 0,44 mm) em comparação com dCAIS de (1,05 ± 0,44 mm). Contudo, há exceções: Sun et al. (2020) refere um menor desvio com a utilização da técnica de Navegação Dinâmica (1,25 ± 0,99 mm) em comparação com a cirurgia totalmente guiada (1,49 ± 0,08 mm). Yotpibulwong et al. (2023) também refere desvios médios com valores ligeiramente inferiores (1,02 ± 0,45 mm) relativamente à dCAIS face à FG-sCAIS (1,06 ± 0,67 mm). Os dados sugerem uma vantagem média discreta da técnica de cirurgia totalmente guiada ao nível da plataforma do implante, mas de magnitude pequena e dependente do estudo. Este padrão é coerente com meta análises que posiciona esta técnica - FG-sCAIS – como a técnica melhor classificada para o controlo da precisão/exatidão a nível coronal (plataforma), (Kang et. al. 2024).

No que diz respeito ao desvio ao nível do ápice, a heterogeneidade é maior e não emerge uma técnica consistentemente superior. A cirurgia dinâmica apresentou valores mais favoráveis em Shi et al. (2024) de (1,9 ± 0,9 mm) na dCAIS versus (2,0 ± 1,2 mm) na FG-sCAIS, em Liu et al. (2022), com valores médios de (1,26 ± 0,53 mm) na dCAIS,

contra $(1,31 \pm 0,43 \text{ mm})$ na FG-sCAIS, em Sun et al. (2020) com valores médios de $(0,73 \pm 0,13 \text{ mm})$ na dCAIS contra $(1,00 \pm 0,15 \text{ mm})$ na FG-sCAIS e em Feng et al. (2022) com valores médios de $(1,18 \pm 0,53 \text{ mm})$ na dCAIS contra $(1,50 \pm 0,75 \text{ mm})$ na FG-sCAIS. Por sua vez a cirurgia totalmente guiada apresentou melhores resultados em Younis et al. (2019), com valores médios de $(1,06 \pm 0,47 \text{ mm})$ na FG-sCAIS versus $(1,14 \pm 0,56 \text{ mm})$ na dCAIS, marginalmente no estudo de Yimarj et al. (2020) com valores médios para FG-sCAIS de $(1,54 \pm 0,79 \text{ mm})$ contra $(1,58 \pm 0,56 \text{ mm})$ na dCAIS e muito pouco em Kaewsiri et al. (2019), apresentando valores médios para FG-sCAIS de $(1,28 \pm 0,46 \text{ mm})$ contra $(1,29 \pm 0,50 \text{ mm})$ na dCAIS. Yotpibulwong et al. (2023) apresentou discrepâncias pouco significativas, com valores médios para dCAIS de $(1,28 \pm 0,50 \text{ mm})$ contra $(1,40 \pm 0,71 \text{ mm})$ na FG-sCAIS. A leitura global – variabilidade por desenho, amostra e protocolo – estão no alinhamento da meta-análise, que classifica a técnica de Navegação Dinâmica ligeiramente superior em termos de precisão/exatidão ao nível do ápice, sem diferenças estatísticas globais entre dCAIS e FG-sCAIS (Kang et al. 2024).

A precisão angular considerada um parâmetro crítico para o sucesso biomecânico e protético dos implantes, demonstrou diferenças mais pronunciadas e dependentes do estudo. A cirurgia totalmente guiada apresentou menor desvio angular em Younis et al. (2024) com valores médios de $(2,52^\circ \pm 1,18^\circ)$ na FG-sCAIS contra $(3,66^\circ \pm 1,64^\circ)$ na dCAIS, em Kaewsiri et al. (2019) valores médios de $(2,84^\circ \pm 1,71^\circ)$ na FG-sCAIS contra $(3,06^\circ \pm 1,37^\circ)$ na dCAIS, ligeiramente em Yotpibulwong et al. (2023) valores médios de $(3,18^\circ \pm 2,04^\circ)$ na FG-sCAIS contra $(3,28^\circ \pm 1,57^\circ)$ na dCAIS. Em contrapartida, a Cirurgia Dinâmica foi mais precisa em Liu et al. (2022) apresentando valores médios de $(2,14^\circ \pm 1,20^\circ)$ na dCAIS contra $(3,31^\circ \pm 1,61^\circ)$ na FG-sCAIS, em Sun et al. (2024) com valores médios de $(3,24^\circ \pm 0,36^\circ)$ na dCAIS contra $(4,54 \pm 0,29^\circ)$ na FG-sCAIS, em Yimarj et al (2020), com valores médios de $(3,78^\circ \pm 1,84^\circ)$ na dCAIS contra $(4,08^\circ \pm 1,69^\circ)$ na dCAIS; também em Shi et al. (2024) a Cirurgia Navegada foi melhor apresentando valores médios de $(5,5^\circ \pm 3,5^\circ)$ na dCAIS contra $(6,2^\circ \pm 4,0^\circ)$ na FG-sCAIS. Há estudos em que a Cirurgia Totalmente Guiada (FG-sCAIS) controla melhor o eixo e outros onde a Cirurgia Navegada reduz mais a angulação. Isto vai de encontro ao que refere Kang et al. (2024), que classifica a técnica de Navegação Dinâmica como a melhor técnica na abordagem angular, mas sem diferença estatística (dCAIS vs FG-sCAIS), quando comparadas diretamente.

As razões para as discrepâncias entre estudos são multifatoriais. Em Cirurgia Totalmente Guiada (FG- sCAIS), a qualidade do fabrico das guias cirúrgicas e as tolerâncias dos sleeves são fontes conhecidas de erro cumulativo. Adicionalmente, a presença da guia cirúrgica pode reduzir a visibilidade e dificultar a irrigação, sobretudo em acesso posterior e em casos de abertura bucal limitada. Na Cirurgia de Navegação Dinâmica, a ausência de uma guia física, elimina essa tolerância, mas impõe dependência de um processo de calibração rigoroso dos instrumentos utilizados bem como de uma curva de aprendizagem (treino e proficiência), ainda que a literatura mostre manutenção de elevada exatidão após formação. De notar que, para a dCAIs, quando comparados valores de precisão entre maxila vs mandíbula e técnica de Flapless vs técnica de retalho, não mostram diferenças significativas de precisão nas comparações disponíveis, o que ajuda a explicar os resultados estáveis em cenários anatómicos (Kang et al. 2024; Khaohoen et al. 2024).

À luz destes achados, as implicações clínicas são claras: ambas as técnicas atingem níveis de precisão compatíveis com a segurança clínica e com planeamento protético-dirigido. A seleção deve ser individualizada: a FG-sCAIS tende a oferecer maior previsibilidade ao nível da plataforma, útil quando a posição do colo é crítica, por exemplo, estética anterior e passividade protética. Já a dCAIS, oferece flexibilidade intraoperatória e feedback em tempo real, o que pode ser determinante em cenários anatómicos próximos de estruturas nobres ou quando são necessários ajustes em tempo real. Em termos de custo e logística, a dCAIS dispensa a confeção de guias cirúrgicas e pode viabilizar protocolos no mesmo dia, sendo mencionada como menos onerosa por caso. Por outro lado, a FG-sCAIS acarreta custos laboratoriais e condicionantes de acesso, embora permaneça o padrão mais usado e consistentemente previsível (Kang et al. 2024; Khaohoen et al. 2024).

De forma crítica, esta revisão confirma que dCAIS e FG-sCAIS são técnicas com boas métricas ao nível de precisão e que dCAIS versus FG-sCAIS, apresentam diferenças pequenas e parâmetro-dependentes, sem superioridade estatisticamente significativa de uma sobre a outra quando comparadas diretamente em ensaios randomizados (Kang et al. 2024).

5. CONCLUSÃO

Com base na evidência científica analisada, a navegação dinâmica revela-se como uma tecnologia promissora e altamente válida na colocação de implantes dentários.

Os dados comparativos demonstram que esta abordagem oferece níveis de precisão tridimensional semelhantes aos da cirurgia estática totalmente guiada, com vantagens particulares em contextos que exigem maior controlo angular, ajustamentos intraoperatórios ou paralelismo rigoroso em reabilitações múltiplas.

Ainda assim, importa reconhecer que esta tecnologia não está isenta de limitações. A curva de aprendizagem associada à navegação dinâmica exige treino específico e experiência acumulada para alcançar resultados consistentes, tal como demonstrado por vários estudos. Acresce que o custo elevado dos equipamentos, a complexidade logística e o maior volume da peça de mão — que pode comprometer a visibilidade do campo operatório devido à presença de marcadores radiopacos — constituem obstáculos à sua implementação generalizada na prática clínica diária.

Face a estas considerações, torna-se evidente a necessidade de desenvolver mais estudos clínicos comparativos que explorem em maior profundidade as diferenças entre a navegação dinâmica e os guias estáticos totalmente guiados, idealmente com amostras mais amplas, protocolos homogéneos e períodos de follow-up alargados. A padronização dos métodos de avaliação, bem como a inclusão de desfechos clínicos e protéticos relevantes, permitirá compreender com maior exatidão qual destas técnicas oferece a melhor combinação de eficácia, precisão, paralelismo e previsibilidade na reabilitação oral com implantes dentários.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aydemir, C. A., & Arisan, V. (2020). Accuracy of dental implant placement via dynamic navigation or the freehand method: A split-mouth randomized controlled clinical trial. *Clinical Oral Implants Research*, 31(3), 255–263. <https://doi.org/10.1111/clr.13563>
- Ayman, D., Elkhadem, A. H., Elkerdawy, & M. W. (2021). Evaluation of Accuracy in Computer Guided Versus Free Hand Immediate Implant Placement in Fresh Extraction Sockets: a Randomized Controlled Clinical Trial. *Indian Journal of Public Health Research & Development*, 13(1), 131–142. <https://doi.org/10.37506/ijphrd.v13i1.17336>
- Battista, E., Gasparro, R., Cacciola, M., Sammartino, G., & Marenzi, G. (2022). Dynamic Navigation System for Immediate Implant Placement in the Maxillary Aesthetic Region. *Applied Sciences*, 12(11), 5510. <https://doi.org/10.3390/app12115510>
- Block, M. S., Emery, R. W., Lank, K., & Ryan, J. (2017). Implant Placement Accuracy Using Dynamic Navigation. *The International Journal of Oral & Maxillofacial Implants*, 32(1), 92–99. <https://doi.org/10.11607/jomi.5004>
- Chen, W., Al-Taezi, K. A., Chu, C. H., Shen, Y., Wu, J., Cai, K., Chen, P., & Tang, C. (2023). Accuracy of dental implant placement with a robotic system in partially edentulous patients: A prospective, single-arm clinical trial. *Clinical Oral Implants Research*, 34(7), 707–718. <https://doi.org/10.1111/clr.14083>
- Feng, Y., Su, Z., Mo, A., & Yang, X. (2022). Comparison of the accuracy of immediate implant placement using static and dynamic computer-assisted implant system in the esthetic zone of the maxilla: a prospective study. *International Journal of Implant Dentistry*, 8(1), 65. <https://doi.org/10.1186/s40729-022-00464-w>
- Jaemsuwan, S., Arunjaroen suk, S., Kaboosaya, B., Subbalekha, K., Mattheos, N., & Pimkhaokham, A. (2023). Comparison of the accuracy of implant position among freehand implant placement, static and dynamic computer-assisted implant surgery in fully edentulous patients: a non-randomized prospective study. *International Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, 52(2), 264–271. <https://doi.org/10.1016/j.ijom.2022.05.009>
- Jain, S., Sayed, M. E., Ibraheem, W. I., Ageeli, A. A., Gandhi, S., Jokhadar, H. F., AlResayes, S. S., Alqarni, H., Alshehri, A. H., Huthan, H. M., Alami, A., Al Wadei, M. H. D., & Aljabri, Y. (2023). Accuracy Comparison between Robot-Assisted Dental Implant Placement and Static/Dynamic Computer-Assisted Implant Surgery: A Systematic Review and Meta-Analysis of In Vitro Studies. *Medicina (Kaunas, Lithuania)*, 60(1), 11. <https://doi.org/10.3390/medicina60010011>
- Jorba-García, A., Bara-Casaus, J. J., Camps-Font, O., Sánchez-Garcés, M. Á., Figueiredo, R., & Valmaseda-Castellón, E. (2023). Accuracy of dental implant placement with or without the use of a dynamic navigation assisted system: A randomized clinical trial. *Clinical Oral Implants Research*, 34(5), 438–449. <https://doi.org/10.1111/clr.14050>

- Kaewsiri, D., Panmekiate, S., Subbalekha, K., Mattheos, N., & Pimkhaokham, A. (2019). The accuracy of static vs. dynamic computer-assisted implant surgery in single tooth space: A randomized controlled trial. *Clinical Oral Implants Research*, 30(6), 505–514. <https://doi.org/10.1111/clr.13435>
- Kang, S., Hou, Y., Cao, J., Li, S., Xue, P., & Jiang, Y. (2024). Comparison of Implantation Accuracy Among Different Navigated Approaches: A Systematic Review and Network Meta-analysis. *The International Journal of Oral & Maxillofacial Implants*, (3), 455–467. <https://doi.org/10.11607/jomi.10381>
- Khaohoen, T., Powcharoen, W., Sornsuan, T., Chaijareenont, P., Rungsiyakull, C. & Rungsiyakull, P. (2024). Dynamic navigation versus static computer-guided surgery for dental implants: A comparative study on accuracy and clinical efficiency. *Clinical Oral Investigations*, 28(1), 211–220.
- Kim, M. J., Jeong, J. Y., Ryu, J., Jung, S., Park, H. J., Oh, H. K., & Kook, M. S. (2022). Accuracy of digital surgical guides for dental implants. *Maxillofacial Plastic and Reconstructive Surgery*, 44(1), 35. <https://doi.org/10.1186/s40902-022-00364-4>.
- Lia, K., Li, T., Guo, G., Liu, L., Jiang, Z., Ma, L., Li, Y., & Jia, J. (2024). Dynamic navigation vs. static navigation in implant placement: A meta-analysis. *Journal of Dentistry*, 151, 105395. <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2024.105395>
- Liu, Q., Liu, Y., Chen, D., Wu, X., Huang, R., Liu, R., Chen, Z., & Chen, Z. (2024). Placement accuracy and primary stability of implants in the esthetic zone using dynamic and static computer-assisted navigation: A retrospective case-control study. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 131(3), 427–435. <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2022.11.005>.
- Liu, W., Chen, D., Huang, R., Liu, R., & Chen, Z. (2024). Precision evaluation of implant placement using guided surgery systems: Freehand vs static guide. *Journal of Dental Sciences*, 19(1), 20–27.
- Mai, H. N., Dam, V. V., & Lee, D. H. (2023). Accuracy of Augmented Reality-Assisted Navigation in Dental Implant Surgery: Systematic Review and Meta-analysis. *Journal of Medical Internet Research*, 25, e42040. <https://doi.org/10.2196/42040>
- Parekar, D., Selvaganesh, S., & Nesappan, T. (2024). Comparative evaluation of accuracy of adjacent parallel implant placements between dynamic navigation and static guide: A prospective study. *Cureus*, 16(3). <https://doi.org/10.7759/cureus.57331>
- Shi, J. Y., Wu, X. Y., Lv, X. L., Liu, M., Fu, X. J., Liu, B. L., Lai, H. C., & Tonetti, M. S. (2025). Comparison of Implant Precision with Robots, Navigation, or Static Guides. *Journal of Dental Research*, 104(1), 37–44. <https://doi.org/10.1177/00220345241285566>
- Smitkarn, P., Subbalekha, K., Mattheos, N., & Pimkhaokham, A. (2019). The accuracy of single-tooth implants placed using fully digital-guided surgery and freehand implant surgery. *Journal of Clinical Periodontology*, 46(9), 949–957. <https://doi.org/10.1111/jcpe.13160>
- Sun, T. M., Lee, H. E., & Lan, T. H. (2020). Comparing Accuracy of Implant Installation with a Navigation System (NS), a Laboratory Guide (LG), NS with LG, and Freehand Drilling. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(6), 2107. <https://doi.org/10.3390/ijerph17062107>

- Tia, M., Guerriero, A. T., Carnevale, A., Fioretti, I., Spagnuolo, G., Sammartino, G., & Gasparro, R. (2025). Positional Accuracy of Dental Implants Placed by Means of Fully Guided Technique in Partially Edentulous Patients: A Retrospective Study. *Clinical and Experimental Dental Research*, 11(3), e70144. <https://doi.org/10.1002/cre2.70144>
- Varga, E., Jr, Antal, M., Major, L., Kiscsat ri, R., Braunitzer, G., & Piffk , J. (2020). Guidance means accuracy: A randomized clinical trial on freehand versus guided dental implantation. *Clinical Oral Implants Research*, 31(5), 417–430. <https://doi.org/10.1111/clr.13578>
- Wu, B. Z., & Sun, F. (2024). The impacts of registration-and-fixation device positioning on the performance of implant placement assisted by dynamic computer-aided surgery: A randomized controlled trial. *Clinical Oral Implants Research*, 35(4), 386–395. <https://doi.org/10.1111/clr.14237>
- Yimarj, P., Subbalekha, K., Dhaneuan, K., Siritwatana, K., Mattheos, N., & Pimkhaokham, A. (2020). Comparison of the accuracy of implant position for two-implants supported fixed dental prosthesis using static and dynamic computer-assisted implant surgery: A randomized controlled clinical trial. *Clinical Implant Dentistry and Related Research*, 22(6), 672–678. <https://doi.org/10.1111/cid.12949>
- Yotpibulwong, T., Arunjaroenk, S., Kaboosaya, B., Sinpitaksakul, P., Arksornnukit, M., Mattheos, N., & Pimkhaokham, A. (2023). Accuracy of implant placement with a combined use of static and dynamic computer-assisted implant surgery in single tooth space: A randomized controlled trial. *Clinical Oral Implants Research*, 34(4), 330–341. <https://doi.org/10.1111/clr.14043>
- Younes, F., Cosyn, J., De Bruyckere, T., Cleymaet, R., Bouckaert, E., & Eghbali, A. (2018). A randomized controlled study on the accuracy of free-handed, pilot-drill guided and fully guided implant surgery in partially edentulous patients. *Journal of Clinical Periodontology*, 45(6), 721–732. <https://doi.org/10.1111/jcpe.12897>
- Younis, H., Lv, C., Xu, B., Zhou, H., Du, L., Liao, L., Zhao, N., Long, W., Elayah, S. A., Chang, X., & He, L. (2024). Accuracy of dynamic navigation compared to static surgical guides and the freehand approach in implant placement: a prospective clinical study. *Head & Face Medicine*, 20(1), 30. <https://doi.org/10.1186/s13005-024-00433-1>
- Yu, X., Tao, B., Wang, F., & Wu, Y. (2023). Accuracy assessment of dynamic navigation during implant placement: A systematic review and meta-analysis of clinical studies in the last 10 years. *Journal of Dentistry*, 135, 104567. <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2023.104567>
- Yu, M., Luo, Y., Li, B., Xu, L., Yang, X., & Man, Y. (2025). A Comparative Prospective Study on the Accuracy and Efficiency of Autonomous Robotic System Versus Dynamic Navigation System in Dental Implant Placement. *Journal of Clinical Periodontology*, 52(2), 280–288. <https://doi.org/10.1111/jcpe.14091>