

RESSALVA

Atendendo a solicitação do(a) autor(a), o texto completo desse trabalho será disponibilizado no repositório a partir de 01/12/2027.



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
Campus de São José dos Campos
Instituto de Ciência e Tecnologia

TATIANA CURSINO PEREIRA

**ANÁLISE DA INFLUÊNCIA DA DENSIDADE ÓSSEA DO
PACIENTE, DO DIÂMETRO, PLATAFORMA,
MACROESTRUTURA E LOCAL DE INSTALAÇÃO DO IMPLANTE
NO POSICIONAMENTO TRIDIMENSIONAL DE IMPLANTES
PLANEJADOS E INSTALADOS POR CIRURGIA ASSISTIDA POR
COMPUTADOR ESTÁTICA: Estudo clínico controlado**

TATIANA CURSINO PEREIRA

**ANÁLISE DA INFLUÊNCIA DA DENSIDADE ÓSSEA DO PACIENTE, DO
DIÂMETRO, PLATAFORMA, MACROESTRUTURA E LOCAL DE INSTALAÇÃO
DO IMPLANTE NO POSICIONAMENTO TRIDIMENSIONAL DE IMPLANTES
PLANEJADOS E INSTALADOS POR CIRURGIA ASSISTIDA POR
COMPUTADOR ESTÁTICA: Estudo clínico controlado**

Tese apresentada ao Instituto de Ciência e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista (UNESP), Campus de São José dos Campos, como parte dos requisitos para obtenção do título de DOUTORA, pelo Programa de Pós-Graduação em CIÊNCIAS APLICADAS À SAÚDE BUCAL.

Área: Prótese Dentária. Linha de pesquisa: Desempenho de Materiais e técnicas em odontologia restauradora.

Orientador: Prof. Assist. Dr. Guilherme de Siqueira Ferreira Anzaloni Saavedra

Coorientador: Prof. Dr. João Paulo Mendes Tribst

São José dos Campos

2025

Instituto de Ciência e Tecnologia [internet]. Normalização de tese e dissertação [acesso em 2026]. Disponível em <http://www.ict.unesp.br/biblioteca/normalizacao>

Apresentação gráfica e normalização de acordo com as normas estabelecidas pelo Serviço de Normalização de Documentos da Seção Técnica de Referência e Atendimento ao Usuário e Documentação (STRAUD).

Pereira, Tatiana Cursino

Análise da influência da densidade óssea do paciente, do diâmetro, plataforma, macroestrutura e local de instalação do implante no posicionamento tridimensional de implantes planejados e instalados por cirurgia assistida por computador estática: Estudo clínico controlado / Tatiana Cursino Pereira. - São José dos Campos : [s.n.], 2025.
90 f. : il.

Tese (doutorado) - Pós-Graduação em Ciências Aplicadas à Saúde Bucal - Universidade Estadual Paulista (UNESP), Instituto de Ciência e Tecnologia, São José dos Campos, 2025.

Orientador: Guilherme de Siqueira Ferreira Anzaloni Saavedra
Coorientador: João Paulo Mendes Tribst

1. Cirurgia guiada. 2. Implante dentário. 3. Odontologia digital. 4. Planejamento virtual. 5. Veracidade tridimensional. I. Saavedra, Guilherme de Siqueira Ferreira Anzaloni, orient. II. Tribst, João Paulo Mendes, coorient. III. Universidade Estadual Paulista (UNESP), Instituto de Ciência e Tecnologia, São José dos Campos. IV. Universidade Estadual Paulista 'Júlio de Mesquita Filho' - UNESP. V. Universidade Estadual Paulista (UNESP). VI. Título.

IMPACTO POTENCIAL DESTA PESQUISA

Essa pesquisa tem o potencial de impactar positivamente diferentes públicos: cirurgiões-dentistas clínicos gerais, implantodontistas e reabilitadores orais, estudantes e professores de odontologia, desenvolvedores de empresas e, principalmente, os pacientes. Com relevância social, acadêmica, clínica, econômica e tecnológica, o estudo gera dados consistentes que ajudam a construir protocolos de referência. Estes protocolos permitem a reprodutibilidade de resultados com previsibilidade e segurança dentro dos parâmetros delimitados, ampliando as possibilidades de uso da cirurgia de implante assistida por computador estática no dia a dia por diversas instituições de ensino e profissionais. Embora o digital ainda não seja realidade para todos os dentistas, especialmente os recém-formados, oferecer essa vivência já na universidade é um diferencial importante, pois capacita o aluno a compreender o fluxo digital e suas aplicabilidades, que tendem a se tornar cada vez mais presentes na odontologia, desenvolvendo-o intelectualmente e preparando-o melhor para a prática profissional. Ao mesmo tempo, o estudo expõe novos desafios e oportunidades para que fornecedores da área possam desenvolver novas soluções. Assim como, abre caminho para pesquisas promissoras. Ao disponibilizar dados e evidências objetivas para planejamentos previsíveis e execução de reabilitações orais seguras, controladas e ágeis, o estudo impacta o âmbito social e reforça o compromisso com o cuidado ao paciente, uma vez que a pesquisa possibilita a reabilitação oral de centenas de pessoas atendidas pela universidade e viabiliza o acesso a tratamentos de qualidade. Assim, une ciência, ensino e prática clínica em benefício da formação profissional e do avanço da implantodontia, tendo como principal impacto a melhoria dos resultados entregues ao paciente.

POTENTIAL IMPACT OF THIS RESEARCH

This research has the potential to positively impact multiple audiences: general dental practitioners, implantologists and oral rehabilitators, dental students and educators, industry developers, and, most importantly, patients. With social, academic, clinical, economic, and technological relevance, the study generates consistent data that contributes to the establishment of reference protocols. These protocols enable reproducible outcomes with accuracy and safety within defined parameters, expanding the applicability of static computer assisted implant surgery in daily practice across educational institutions and among clinicians. Although digital workflows are not yet a reality for all dentists, particularly recent graduates, providing this experience during undergraduate education represents a significant advantage. It equips students to understand digital workflows and their applications, which are becoming increasingly integrated into dentistry, fostering intellectual development and preparing them more effectively for professional practice. At the same time, the study reveals new challenges and opportunities for industry partners to develop innovative solutions, while paving the way for further research. By providing objective data and evidence to support predictable planning and the safe, controlled, and efficient execution of oral rehabilitations, the study also makes a meaningful social contribution. It reinforces the commitment to patient care by enabling the university to offer oral rehabilitation to hundreds of individuals and to expand access to high-quality treatments. Thus, this research integrates science, education, and clinical practice for the advancement of professional training and the progress of implant dentistry, ultimately enhancing the quality of outcomes delivered to patients.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Assoc. Dr. Guilherme de Siqueira Ferreira Anzaloni Saavedra (Orientador)

Universidade Estadual Paulista - UNESP

Instituto de Ciência e Tecnologia

Campus de São Jose dos Campos

Prof. Tit. Dr. Marco Antonio Bottino

Universidade Estadual Paulista - UNESP

Instituto de Ciência e Tecnologia

Campus de São Jose dos Campos

Prof. Assist. Dr. Pedro Diamantino

Universidade Estadual Paulista - UNESP

Instituto de Ciência e Tecnologia

Campus de São Jose dos Campos

Prof. Dr. Diogo Miguel da Costa Cabecinha Pacheco Viegas

Universidade de Lisboa

Faculdade de Medicina Dentária

Campus de Lisboa

Prof. Dr. Francisco Todescan

Faculdade de Odontologia da Universidade de São Paulo

Universidade de São Paulo

Campus de São Paulo

São José dos Campos, 1 de dezembro de 2025.

DEDICATÓRIA

Dedico minha Tese aos meus pais, *Walkyria Cursino Braz Pereira* e *Ariosto de Paula Pereira Júnior*, e à minha irmã, *Maiara Cursino Pereira*. São eles os meus maiores amores.

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, a *Deus*, que me abençoa diariamente. Ele nunca se cansa de me surpreender com o cuidado que tem em cada detalhe do caminho.

Agradeço à minha *família* e aos meus *amigos*, que caminham comigo por tantas fases, acreditam em mim e me amam em todas as versões que já fui. Aos meus pais, *Walkyria* e *Ari*, à minha irmã, *Maiara*, e ao *Lucas*, meu namorado, são vocês que sonham os meus sonhos e choram as minhas lágrimas comigo. Muito obrigada por sempre me transmitirem tanto amor e força. Agradeço também àqueles que amo e que já não estão mais neste plano, mas que posso sentir sua proteção.

Agradeço também à UNESP, em especial ao *Instituto de Ciência e Tecnologia de São José dos Campos*. Quantas vezes a admirei do lado de fora, até que, em 2015, atravessei aquele portão e pude chamá-la de minha casa. Desde então, ela testemunhou minha trajetória como Cirurgiã-Dentista, Mestra e, agora, Doutora. Carrego o nome desta instituição com orgulho e responsabilidade. Estendo esse agradecimento a todo o corpo docente e aos funcionários da UNESP, em especial à *Juliane*, *Lilian*, *Marcão* e *Fernandinho*, sempre gentis e pacientes comigo.

À *Profa. Dra. Rebeca Di Nicoló*, que despertou em mim o amor por esta profissão e por esta faculdade, minha gratidão. Ao *Prof. João Bacigalupo*, por sua generosidade, humildade e sabedoria que tanto me ensinam.

Aos meus colegas da Pós-Graduação, especialmente *Juliana*, *Talita*, *Ana Carolina*, *Ana Paula*, *Sabrina*, *Tanaka* e *Bruna*. E ao meu querido grupo de pesquisa, *Gustavo*, *Saulo*, *Beatriz*, *Genesis* e *Elisa*, obrigada pela parceria e pela convivência sempre leve e produtiva.

Agradeço ao apoio financeiro da *CAPES* (código de financiamento 001) e da *FAPESP* (processo nº 2022/15361-8), que possibilitaram meu crescimento científico e docente.

Meu agradecimento ao *Prof. Marco Antonio Bottino*. Que eu possa ser um pequeno reflexo do quanto sua presença é essencial para esta instituição. Levarei comigo sua força de vontade, inquietude e amor pela profissão. O senhor é, sem dúvida, um alicerce na minha formação.

Ao *Prof. Pedro Diamantino*, obrigada por participar da minha trajetória de forma tão generosa e positiva. Ao longo dos anos, construímos uma relação de respeito e parceria, e me sinto privilegiada por poder contar com alguém como você.

Ao *Prof. Diogo Viegas*, agradeço a disponibilidade e por ter aberto portas que me permitiram mergulhar no universo da Prótese Dentária. Sou grata pela confiança, pelos ensinamentos e pelas boas lembranças do período em que trabalhamos juntos em Lisboa.

Ao *Prof. Francisco Todescan*, por aceitar o convite para participar deste momento da minha trajetória acadêmica. É uma honra poder contar com sua presença e com a riqueza da sua experiência.

Por fim, ao meu orientador, *Prof. Guilherme Saavedra*, que me conduziu ao meu limite em muitos momentos, me fez duvidar de mim mesma, enquanto acreditava mais em mim do que eu própria. E, assim, me ajudou a construir uma versão de mim que eu não imaginava ser capaz de alcançar. O senhor me transmitiu um volume imensurável de conhecimento, ainda que eu saiba apenas uma fração do que domina. Mas mais do que isso, com o senhor aprendi sobre dedicação, disciplina, garra, confiança e paciência. Estar ao seu lado é como estar diante de uma fonte inesgotável de energia e sabedoria, que inspira a fazer sempre o melhor possível. Ao senhor, minha admiração e eterna gratidão.

RESUMO

Pereira TC. Análise da influência da densidade óssea do paciente, do diâmetro, plataforma, macroestrutura e local de instalação do implante no posicionamento tridimensional de implantes planejados e instalados por cirurgia assistida por computador estática: Estudo clínico controlado [tese]. São José dos Campos (SP): Universidade Estadual Paulista (UNESP), Instituto de Ciência e Tecnologia; 2025.

Este estudo clínico controlado teve como objetivo avaliar a veracidade do posicionamento dos implantes instalados por alunos de graduação utilizando a técnica s-CAIS, bem como analisar a influência de variáveis anatômicas e características dos implantes sobre essa veracidade. Foram analisados 112 implantes planejados digitalmente e instalados sob supervisão, com planejamento virtual realizado no software exoplan e guias cirúrgicos CAD/CAM impressos. O desfecho primário foi a veracidade do posicionamento tridimensional, mensurada pelos desvios coronal, profundidade coronal, apical, profundidade apical e angular global. O desfecho secundário incluiu a influência da arcada dentária, lateralidade, densidade óssea, macroestrutura, tipo de plataforma e diâmetro do implante. Os resultados mostraram que todos os parâmetros, com exceção do desvio de profundidade apical, permaneceram dentro das faixas de referência aceitas na literatura, indicando veracidade clínica satisfatória. Mandíbula, ossos mais densos (Tipo I/II), implantes de maior diâmetro, macroestruturas menos agressivas e com menor espaçamento de rosca e plataformas regulares apresentaram maiores desvios. A profundidade apical mostrou valores menores que os da literatura, confirmando uma leve subinserção, fenômeno já descrito como padrão inerente à técnica. Os achados reforçam a previsibilidade e a segurança da s-CAIS, mesmo quando executada por operadores iniciantes, desde que supervisionados e devidamente calibrados. Além disso, destacam a importância de compreender como fatores anatômicos e estruturais do implante podem impactar a veracidade do posicionamento. Sob o ponto de vista educacional, a integração da s-CAIS no ensino da implantodontia mostrou-se uma ferramenta eficaz para o desenvolvimento da percepção espacial, confiança clínica e compreensão da importância e relevância do planejamento digital pelos alunos.

Palavras-chave: cirurgia guiada, implante dentário, odontologia digital, planejamento virtual, veracidade tridimensional.

ABSTRACT

Pereira TC. Analysis of the influence of bone density, implant diameter, platform, macrostructure, and implant site on the three-dimensional positioning of implants placed using computer-assisted static surgery: A controlled clinical study [doctorate thesis]. São José dos Campos (SP): São Paulo State University (UNESP), Institute of Science and Technology; 2025.

This controlled clinical trial aimed to evaluate the trueness of implant positioning performed by undergraduate students using the static computer-assisted implant surgery (s-CAIS) technique and to analyze the influence of anatomical and implant-related variables on this trueness. A total of 112 digitally planned implants were placed under supervision, with virtual planning carried out using the exoplan software and printed CAD/CAM surgical guides. The primary outcome was the trueness of three-dimensional implant positioning, measured through coronal, coronal depth, apical, apical depth, and global angular deviations. The secondary outcome assessed the influence of dental arch, laterality, bone density, macrostructure, platform type, and implant diameter. The results showed that all parameters, except for apical depth deviation, remained within the reference ranges reported in the literature, indicating satisfactory clinical trueness. Greater deviations were observed in mandibular sites, bone types with higher density (I/II), implants with larger diameters, less aggressive macrostructures with reduced thread spacing, and regular platforms. The apical depth deviation presented values lower than those reported in the literature, confirming a slight underinsertion, a phenomenon previously described as an inherent pattern of the technique. The findings reinforce the predictability and safety of the s-CAIS protocol, even when performed by inexperienced operators, provided they are properly supervised and calibrated. Furthermore, they highlight the importance of understanding how anatomical and implant design factors can influence trueness in implant placement. From an educational perspective, the integration of s-CAIS into implant dentistry training proved to be an effective tool for developing spatial perception, clinical confidence, and comprehension of the importance and relevance of digital treatment planning among students.

Keywords: guided surgery; dental implant; digital dentistry; digital planning; three-dimensional trueness.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	112
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	115
3 PROPOSIÇÃO	24
4 MATERIAL E MÉTODOS.....	245
4.1 Aspectos Éticos	25
4.2 Cálculo Amostral	25
4.3 Seleção dos Voluntários	26
4.4 Delineamento Experimental	26
4.5 Procedimentos Clínicos e Laboratoriais.....	31
4.5.1 Manobras Prévias.....	31
4.5.2 Procedimentos Clínicos e Laboratoriais.....	32
4.6 Análise das Variáveis.....	37
4.7 Hipótese de Nulidade e Alternativa.....	42
5 RESULTADO	445
6 DISCUSSÃO	65
7 CONCLUSÃO	76
REFERÊNCIAS.....	77
APÊNDICE A	84
APÊNDICE B	88
ANEXO A	90

1 INTRODUÇÃO

A cirurgia de implantes assistida por computador estática evolui continuamente desde meados da década de 1990 (Brånemark et al., 1999; Verstreken et al., 1998) e consolidou-se como uma técnica previsível e segura, sendo atualmente considerada o padrão-ouro entre as modalidades cirúrgicas, ainda que apresente limitações (Chen et al., 2018; Chrabieh et al., 2024; Jung et al., 2009; Yeo et al., 2025). O planejamento digital baseia-se na integração da Tomografia Computadorizada de Feixe Cônico e do escaneamento intraoral, permitindo um planejamento reverso em que o posicionamento do implante é determinado pela posição ideal protética e pela posição otimizada para o paciente, considerando aspectos anatômicos, funcionais e estéticos orientados pelas evidências mais atuais (Garber, Belser, 1995; Jorga-Garcia et al., 2025; Massuda et al., 2024; Mosch et al., 2025; Nulty, 2024; Singthong et al., 2022; Tahmaseb et al., 2014; Tatakis et al., 2019).

Após o planejamento, guias cirúrgicos são projetados e impressos pelo fluxo CAD/CAM (Desenho Assistido por Computador / Manufatura Assistida por Computador), permitindo o controle da direção, angulação e profundidade durante a instalação dos implantes. Esses dispositivos transferem a posição planejada para o campo operatório, e quanto maior o grau de orientação, menor o desvio entre a posição planejada e a real executada (Varga et al., 2020). (Khaohoen et al., 2024; Miranda et al., 2025; Putra et al., 2022; Varga et al., 2020). A previsibilidade da cirurgia de implante assistida por computador estática, aliada à sua acessibilidade em comparação a outras técnicas e ao avanço contínuo das tecnologias digitais, tem favorecido sua ampla adoção tanto em ambientes clínicos e educacionais.

Atualmente, observa-se um crescimento expressivo no uso desse protocolo por cirurgiões-dentistas não especialistas em implantodontia, reflexo do movimento de incorporação tecnológica que tende a se intensificar nos próximos anos (Nulty, 2024; Wittneben et al., 2023). O número crescente de publicações como relatos de caso e série de casos demonstra a expansão do uso dessa abordagem, sustentada pela sua reprodutibilidade mesmo entre operadores iniciantes. Embora estudos indiquem que os desvios obtidos por alunos de graduação e profissionais inexperientes na área

sejam superiores aos observados em operadores experientes, esses valores ainda permanecem dentro dos limites considerados clinicamente aceitáveis (Abduo, Lau, 2021; Massuda et al., 2024; Miranda et al., 2025; Nulty, 2024; Putra et al., 2022; Tahmaseb et al., 2014; Thanasrisuebwong et al., 2023).

Ainda, pesquisas recentes sugerem que a posição final dos implantes instalados pela técnica da cirurgia de implante assistida por computador estática não é significativamente influenciada pelo nível de experiência do operador em estudos *in vitro*, sendo possível que profissionais novatos alcancem resultados comparáveis aos de profissionais experientes (Reiff et al., 2024, Uei et al., 2025). A aplicação da técnica não objetiva compensar a possível falta de habilidade de operadores iniciantes, mas sim utilizá-la de forma estratégica para garantir procedimentos seguros e bem-sucedidos, assim como contribuir para o desenvolvimento da confiança e da habilidade cirúrgica de graduandos (Cassetta et al., 2020; Uei et al., 2025).

Apesar dos avanços significativos da cirurgia de implante assistida por computador estática, ainda há lacunas importantes na literatura quanto à sua aplicação por operadores no início da curva de aprendizagem da técnica. Estudos à nível clínico, robustos, que avaliem a veracidade do posicionamento de implantes planejados digitalmente e instalados pela cirurgia de implante assistida por computador estática, quando executada por iniciantes, são escassos. Além disso, poucos trabalhos se dedicam a investigar de forma controlada as limitações inerentes ao método (Abduo & Lau, 2021; Massuda et al., 2024; Miranda et al., 2025; Nulty, 2024; Putra et al., 2022; Thanasrisuebwong et al., 2023).

Fatores como a localização anatômica do implante, seja em maxila ou mandíbula, lado esquerdo ou direito, apresentam resultados inconclusivos, com estudos relatando desde ausência de diferença significativa até menores desvios em uma ou outra região (Naziri et al., 2016; Schnutenhaus et al., 2020; Schnutenhaus et al., 2024; Stefanelli et al., 2020; Tatakis et al., 2019; Zhou et al., 2018). A influência da densidade óssea também permanece pouco esclarecida, embora parte da literatura aponte tendência de melhor desempenho em ossos de menor densidade (Cassetta et al., 2011; Cassetta et al., 2013; Chen et al., 2018; Putra et al., 2020). Quanto às características do implante, como diâmetro, tipo de plataforma e macroestrutura, as evidências ainda são limitadas e inconsistentes (El Kholy et al., 2019; Schnutenhaus

et al., 2020; Schnutenhaus et al., 2024; Thanasrisuebwong et al., 2023; Thanasrisuebwong et al., 2024).

Diante desse cenário, evidencia-se a necessidade de estudos clínicos controlados que investiguem a aplicação da cirurgia de implante assistida por computador estática por operadores iniciantes e o impacto das variáveis, como localização anatômica, densidade óssea e características do implante, sobre sua veracidade.

7 CONCLUSÃO

Os resultados deste estudo clínico controlado demonstraram que a s-CAIS, quando realizada por operadores iniciantes, apresentou veracidade tridimensional, com desvios lineares e angulares dentro dos limites de referência aceitos pela literatura, revelando performance melhor do que a média das publicações nos desvios coronal e angular global. O estudo também evidenciou sua viabilidade e relevância educacional ao demonstrar que a s-CAIS pode ser incorporada de forma segura e eficiente ao ensino da implantodontia.

A análise multifatorial demonstrou que fatores anatômicos e características do implante influenciaram significativamente a veracidade do posicionamento tridimensional. A mandíbula, os ossos de maior densidade (tipos I/II), os implantes de maior diâmetro, as macroestruturas menos agressivas, com menor espaçamento de rosca, e as plataformas regulares estiveram associadas a maiores desvios coronais e de profundidade apical, embora todos dentro de margens clinicamente aceitáveis pela literatura. Portanto, a compreensão dessas variáveis é essencial para a escolha de protocolos adequados em diferentes condições clínicas.

Assim, a s-CAIS consolida-se não apenas como um método clínico de alta veracidade e previsibilidade, mas também como uma ferramenta pedagógica estratégica, capaz de formar profissionais mais seguros, tecnicamente competentes e preparados para o cenário digital atual.

REFERÊNCIAS

- Abduo J, Lau D. Seating accuracy of implant immediate provisional prostheses fabricated by digital workflow prior to implant placement by fully guided static computer-assisted implant surgery: An in vitro study. *Clin Oral Implants Res.* 2021 May;32[5]:608-18. doi: 10.1111/clr.13731. Epub 2021 Mar 8. PMID: 33629440.
- Abraham CM. A brief historical perspective on dental implants, their surface coatings and treatments. *Open Dent J.* 2014 May 16;8:50-5. doi: 10.2174/1874210601408010050. PMID: 24894638; PMCID: PMC4040928.
- Asher RJ, Lehmann T. Dental eruption in afrotherian mammals. *BMC Biol.* 2008;6:14. doi:10.1186/1741-7007-6-14.
- Brånemark PI, Engstrand P, Öhrnell LO, Gröndahl K, Nilsson P, Hagberg K, Darle C, Lekholm U. Brånemark Novum: a new treatment concept for rehabilitation of the edentulous mandible. Preliminary results from a prospective clinical follow-up study. *Clin Implant Dent Relat Res.* 1999;1(1):2-16. doi: 10.1111/j.1708-8208.1999.tb00086.x. PMID: 11359307.
- Cassetta M, Stefanelli LV, Giansanti M, Di Mambro A, Calasso S. Depth deviation and occurrence of early surgical complications or unexpected events using a single stereolithographic surgi-guide. *Int J Oral Maxillofac Surg.* 2011 Dec;40(12):1377-87. doi: 10.1016/j.ijom.2011.09.009. Epub 2011 Oct 15. PMID: 22001378.
- Cassetta M, Di Mambro A, Giansanti M, Stefanelli LV, Cavallini C. The intrinsic error of a stereolithographic surgical template in implant guided surgery. *Int J Oral Maxillofac Surg.* 2013 Feb;42(2):264-75. doi: 10.1016/j.ijom.2012.06.010. Epub 2012 Jul 11. PMID: 22789635.
- Cassetta M, Altieri F, Giansanti M, Bellardini M, Brandetti G, Piccoli L. Is there a learning curve in static computer-assisted implant surgery? A prospective clinical study. *Int J Oral Maxillofac Surg.* 2020 Oct;49(10):1335-1342. doi: 10.1016/j.ijom.2020.03.007. Epub 2020 Mar 23. PMID: 32217033.

Chen Z, Li J, Sinjab K, Mendonca G, Yu H, Wang HL. Accuracy of flapless immediate implant placement in anterior maxilla using computer-assisted versus freehand surgery: A cadaver study. *Clin Oral Implants Res*. 2018 Dec;29[12]:1186-1194. doi: 10.1111/clr.13382. Epub 2018 Nov 9. PMID: 30346631.

Chen Z, Liu Y, Xie X, Deng F. Influence of bone density on the accuracy of artificial intelligence-guided implant surgery: An in vitro study. *J Prosthet Dent*. 2024 Feb;131(2):254-261. doi: 10.1016/j.prosdent.2021.07.019. Epub 2022 Apr 22. PMID: 35469649.

Chrabieh E, Hanna C, Mrad S, Rameh S, Bassil J, Zaarour J. Accuracy of computer-guided implant surgery in partially edentulous patients: a prospective observational study. *Int J Implant Dent*. 2024 Jul 16;10[1]:36. doi: 10.1186/s40729-024-00552-z. PMID: 39012381; PMCID: PMC11252094.

El Kholy K, Ebenezer S, Wittneben JG, Lazarin R, Rousson D, Buser D. Influence of implant macrodesign and insertion connection technology on the accuracy of static computer-assisted implant surgery. *Clin Implant Dent Relat Res*. 2019 Oct;21(5):1073-1079. doi: 10.1111/cid.12836. Epub 2019 Aug 19. PMID: 31429184.

Garber DA, Belser UC. Restoration-driven implant placement with restoration-generated site development. *Compend Contin Educ Dent*. 1995 Aug;16[8]:796, 798-802, 804. PMID: 8620398.

Irish JD. A 5,500-year-old artificial human tooth from Egypt: a historical note. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 2004 Sep-Oct;19(5):645-7. PMID: 15508979.

Jorba-Garcia A, Pozzi A, Chen Z, Chow J, Doliveux R, Leung YY, Maruo K, Pimkhaokham A, Sadilina S, Siu A, Vietor K, Wang F, Wu Y, Yi M, Al-Nawas B, Mattheos N; ITI Network on CAIS. Glossary of Computer-Assisted Implant Surgery and Related Terms. First Edition. *Clin Exp Dent Res*. 2025 Aug;11(4):e70148. doi: 10.1002/cre2.70148. PMID: 40618393; PMCID: PMC12229244.

Jung RE, Schneider D, Ganeles J, Wismeijer D, Zwahlen M, Hämmerle CH, Tahmaseb A. Computer technology applications in surgical implant dentistry: a systematic review. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 2009;24 Suppl:92-109. PMID: 19885437.

Khaohoen A, Powcharoen W, Sornsuan T, Chaijareenont P, Rungsiyakull C, Rungsiyakull P. Accuracy of implant placement with computer-aided static, dynamic, and robot-assisted surgery: a systematic review and meta-analysis of clinical trials. *BMC Oral Health*. 2024 Mar 21;24[1]:359. doi: 10.1186/s12903-02404033-y. PMID: 38509530; PMCID: PMC10956322.

Massuda CKM, de Carvalho MR, de Moraes JB, Pallos D, Kim YJ. Accuracy of guided dental implant surgery using a fully digital workflow: A case series. *J Prosthet Dent*. 2024 Nov;132[5]:973-980. doi: 10.1016/j.prosdent.2022.09.016. Epub 2022 Nov 10. PMID: 36372587.

Miranda NO, Dos Anjos LM, Rocha AO, Dallepiane FG, da Cruz ACC, Cardoso M, Henriques B, Benfatti CAM, Magini RS. Global research interest and publication trends on guided surgery in implant dentistry: A metrics-based analysis. *J Prosthet Dent*. 2025 Jan 13:S0022-3913[24]00818-7. doi: 10.1016/j.prosdent.2024.11.017. Epub ahead of print. PMID: 39809621.

Mosch R, Alevizakos V, Ströbele DA, Schiller M, von See C. Exploring Augmented Reality for Dental Implant Surgery: Feasibility of Using Smartphones as Navigation Tools. *Clin Exp Dent Res*. 2025 Feb;11[1]:e70110. doi: 10.1002/cre2.70110. PMID: 40045547; PMCID: PMC11882750.

Naziri E, Schramm A, Wilde F. Accuracy of computer-assisted implant placement with insertion templates. *GMS Interdiscip Plast Reconstr Surg DGPW*. 2016 May 13;5:Doc15. doi: 10.3205/iprs000094. PMID: 27274440; PMCID: PMC4889312.

Nulty A. A literature review on prosthetically designed guided implant placement and the factors influencing dental implant success. *Br Dent J*. 2024 Feb;236[3]:169-180.

doi: 10.1038/s41415-024-7050-3. Epub 2024 Feb 9. PMID: 38332076; PMCID: PMC10853061.

Pedrinaci I, Hamilton A, Lanis A, Sanz M, Gallucci GO. The bio-restorative concept for implant-supported restorations. *J Esthet Restor Dent*. 2024;36:1516–1527. doi:10.1111/jerd.13306.

Putra RH, Yoda N, Iikubo M, Kataoka Y, Yamauchi K, Koyama S, Cooray U, Astuti ER, Takahashi T, Sasaki K. Influence of bone condition on implant placement accuracy with computer-guided surgery. *Int J Implant Dent*. 2020 Sep 20;6(1):62. doi: 10.1186/s40729-020-00249-z. PMID: 32951152; PMCID: PMC7502099.

Putra RH, Yoda N, Astuti ER, Sasaki K. The accuracy of implant placement with computer-guided surgery in partially edentulous patients and possible influencing factors: A systematic review and meta-analysis. *J Prosthodont Res*. 2022 Jan 11;66[1]:29-39. doi: 10.2186/jpr.JPR_D_20_00184. Epub 2021 Jan 26. PMID: 33504723.

Reiff FS, Bischoff C, Woelfler H, Roehling S. Influence of clinical expertise and practical experience on transfer accuracy in guided dental implant placement - an in vitro study. *Oral Maxillofac Surg*. 2024 Dec;28(4):1491-1500. doi: 10.1007/s10006-024-01269-4. Epub 2024 Jun 25. Erratum in: *Oral Maxillofac Surg*. 2025 Oct 23;29(1):183. doi: 10.1007/s10006-025-01480-x. PMID: 38914846; PMCID: PMC11480191.

Schnutenhaus S, Brunken L, Edelmann C, Dreyhaupt J, Rudolph H, Luthardt RG. Alveolar ridge preservation and primary stability as influencing factors on the transfer accuracy of static guided implant placement: a prospective clinical trial. *BMC Oral Health*. 2020 Jun 29;20(1):178. doi: 10.1186/s12903-020-01155-x. PMID: 32600405; PMCID: PMC7322921.

Schnutenhaus S, Edelmann C, Wetzel M, Luthardt RG. Influence of the macrodesign of an implant and the sleeve system on the accuracy of template-guided implant

placement: A prospective clinical study. *J Prosthet Dent.* 2024 Feb;131(2):212-219. doi: 10.1016/j.prosdent.2021.09.016. Epub 2022 Aug 6. PMID: 35940950.

Singthong W, Serichetaphongse P, Chengprapakorn W. A randomized clinical trial on the accuracy of guided implant surgery between two implant-planning programs used by inexperienced operators. *J Prosthet Dent.* 2024 Mar;131[3]:436-442. doi: 10.1016/j.prosdent.2022.01.038. Epub 2022 Mar 18. PMID: 35314068.

Stefanelli LV, Mandelaris GA, DeGroot BS, Gambarini G, De Angelis F, Di Carlo S. Accuracy of a Novel Trace-Registration Method for Dynamic Navigation Surgery. *Int J Periodontics Restorative Dent.* 2020 May/Jun;40(3):427-435. doi: 10.11607/prd.4420. PMID: 32233198.

Strauss FJ, Gil A, Smirani R, Rodriguez A, Jung R, Thoma D. The use of digital technologies in peri-implant soft tissue augmentation - A narrative review on planning, measurements, monitoring and aesthetics. *Clin Oral Implants Res.* 2024 Aug;35(8):922-938. doi: 10.1111/clr.14238. Epub 2024 Feb 2. PMID: 38308466.

Strauss FJ, Park JY, Lee JS, Schiavon L, Smirani R, Hitz S, Chantler JGM, Mattheos N, Jung R, Bosshardt D, Cha JK, Thoma D. Wide Restorative Emergence Angle Increases Marginal Bone Loss and Impairs Integrity of the Junctional Epithelium of the Implant Supracrestal Complex: A Preclinical Study. *J Clin Periodontol.* 2024 Dec;51(12):1677-1687. doi: 10.1111/jcpe.14070. Epub 2024 Oct 9. PMID: 39385502; PMCID: PMC11651719.

Tahmaseb A, Wismeijer D, Coucke W, Derksen W. Computer technology applications in surgical implant dentistry: a systematic review. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2014;29 Suppl:25-42. doi: 10.11607/jomi.2014suppl.g1.2. PMID: 24660188.

Tatakis DN, Chien HH, Parashis AO. Guided implant surgery risks and their prevention. *Periodontol 2000.* 2019 Oct;81[1]:194-208. doi: 10.1111/prd.12292. PMID: 31407433.

Teparrukkul H, Serichetaphongse P, Chengprapakorn W, Arunjaroensuk S, Mattheos N, Pimkhaokham A. Training outcomes of novice clinicians in the use of dynamic computer assisted implant surgery: A prospective comparative study. *J Dent Sci*. 2024 Dec;19(Suppl 2):S122-S127. doi: 10.1016/j.jds.2024.07.018. Epub 2024 Jul 31. PMID: 39807253; PMCID: PMC11725117.

Thanasrisuebwong P, Pimkhaokham A, Jirajariyavej B, Bencharit S. Influence of the Residual Ridge Widths and Implant Thread Designs on Implant Positioning Using Static Implant Guided Surgery. *J Prosthodont*. 2023 Apr;32[4]:340-346. doi: 10.1111/jopr.13557. Epub 2022 Jun 22. PMID: 35686699.

Thanasrisuebwong P, Kulchotirat T, Hopfensperger LJ, Bencharit S. Influence of implant diameter on accuracy of static implant guided surgery: An in vitro study. *J Prosthet Dent*. 2024 Oct;132(4):801-808. doi: 10.1016/j.prosdent.2022.11.004. Epub 2022 Dec 2. PMID: 36470759.

Todescan F, Giugni L, Hayashi M. *Implantodontia digital*. São Paulo: Editora Napoleão Quintessence; 2025. ISBN 978-85-480-0481-0.

Varga E Jr, Antal M, Major L, Kiscsatári R, Braunitzer G, Piffkó J. Guidance means accuracy: A randomized clinical trial on freehand versus guided dental implantation. *Clin Oral Implants Res*. 2020 May;31[5]:417-430. doi: 10.1111/clr.13578. Epub 2020 Jan 31. PMID: 31958166.

Uei LJ, Yeo XH, Leung YY, Pelekos G, Nawas BA, Mattheos N. Computer-Assisted Implant Surgery: Implications for Teaching, Learning, and Educational Strategies. *Clin Exp Dent Res*. 2025 Aug;11(4):e70197. doi: 10.1002/cre2.70197. PMID: 40741829; PMCID: PMC12311839.

Verstreken K, Van Cleynenbreugel J, Martens K, Marchal G, van Steenberghe D, Suetens P. An image-guided planning system for endosseous oral implants. *IEEE Trans Med Imaging*. 1998 Oct;17(5):842-52. doi: 10.1109/42.736056. PMID: 9874310.

Werny JG, Frank K, Fan S, Sagheb K, Al-Nawas B, Narh CT, Schiegnitz E. Freehand vs. computer-aided implant surgery: a systematic review and meta-analysis-part 1:

accuracy of planned and placed implant position. *Int J Implant Dent*. 2025 May 2;11(1):35. doi: 10.1186/s40729-025-00622-w. PMID: 40314873; PMCID: PMC12048383.

Yeo XH, Fan S, Chantler JGM, Chow J, Pimkhaokham A, Mattheos N. Static-Computer Assisted Implant Surgery: Where Are We Now? *Aust Dent J*. 2025 Sep 30. doi: 10.1111/adj.70007. Epub ahead of print. PMID: 41028940.

Zhou W, Liu Z, Song L, Kuo CL, Shafer DM. Clinical Factors Affecting the Accuracy of Guided Implant Surgery-A Systematic Review and Meta-analysis. *J Evid Based Dent Pract*. 2018 Mar;18(1):28-40. doi: 10.1016/j.jebdp.2017.07.007. Epub 2017 Jul 22. PMID: 29478680.