Raiane Mendes Barreto

PRECISÃO DO PLANEJAMENTO CIRURGICO DIGITAL NA IMPLANTODONTIA: Revisão de literatura

SÃO PAULO

2024

Raiane Mendes Barreto

PRECISÃO DO PLANEJAMENTO CIRURGICO DIGITAL NA IMPLANTODONTIA

Revisão de literatura

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Pós-Graduação em Implantodontia da Faculdade de Sete Lagoas – FACSETE.
Orientador: Prof. Dr. Paulo Kawakami

Orientador: Prof. Dr. Paulo Kawakami

Área de concentração: Odontologia

Raiane Mendes Barreto

PRECISÃO DO PLANEJAMENTO CIRURGICO DIGITAL NA IMPLANTODONTIA

Revisão de literatura

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Pós-Graduação em Implantodontia da Faculdade de Sete Lagoas – FACSETE.
Orientador: Prof. Dr. Paulo Kawakami

Aprovada em ___/___/___ pela banca constituída dos seguintes professores:

_____

Prof. Dr. Paulo Yataro Kawakami – Orientador

_____

Avaliador I

_____

Avaliador II

FACSETE Sete Lagoas 15 de março 2019

Dedico este trabalho à minha querida família, cujo amor incondicional e apoio constante foram a luz que guiou meus passos durante toda a jornada acadêmica. Agradeço por serem a fonte de inspiração e força, sustentando-me nos desafios e celebrando os triunfos.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, por guiar meus passos e iluminar meu caminho ao longo desta jornada acadêmica.

Ao meu parceiro Luís Henrique, expresso profunda gratidão por seu constante apoio, compreensão e incentivo, a Dra. Beatriz Graneiro por me apresentar esse curso de especialização e incentivar.

Aos meus colegas, agradeço pela colaboração, amizade e troca de conhecimentos. Juntos, enfrentamos desafios e celebramos conquistas, construindo memórias valiosas ao longo do caminho.

Aos mestres e educadores que compartilharam seu conhecimento e experiência, expresso minha sincera gratidão. Suas orientações moldaram meu entendimento e contribuíram para o meu crescimento acadêmico e profissional.

Que este agradecimento seja uma expressão de minha profunda gratidão a todos que, de diferentes maneiras, contribuíram para o meu sucesso.

“Talvez eu não tenha conseguido fazer o meu melhor, mas lutei para que o melhor fosse feito. Não sou quem eu deveria ser, mas graças a Deus não sou quem eu era antes.”

(Mathin Luther King)

RESUMO

A precisão do planejamento cirúrgico digital na implantodontia tem sido amplamente estudada e comprovada por meio de várias abordagens e tecnologias. Estudos comparativos entre métodos radiográficos convencionais e digitais mostram que a cirurgia guiada por computador, utilizando tomografia computadorizada de feixe cônico (TCFC) e softwares de planejamento avançados, oferece maior precisão na colocação de implantes. Ferramentas como *mock-ups* digitais, guias cirúrgicas estáticas e dinâmicas, além de impressões digitais intraorais, melhoram a concordância entre o planejamento virtual e a posição real dos implantes. A escolha da técnica de planejamento, seja totalmente guiada ou parcialmente guiada, deve ser adaptada às necessidades clínicas específicas, garantindo resultados precisos e previsíveis na reabilitação oral.

Palavras chaves: Planejamento cirúrgico digital; implantodontia digital; precisão do planejamento digital na implantodontia;

ABSTRACT

The accuracy of digital surgical planning in implantology has been widely studied and validated through various approaches and technologies. Comparative studies between conventional and digital radiographic methods show that computer-guided surgery, using cone beam computed tomography (CBCT) and advanced planning software, offers greater accuracy in implant placement. Tools such as digital mock-ups, static and dynamic surgical guides, and intraoral digital impressions improve the concordance between virtual planning and the actual implant positions. The choice of planning technique, whether fully guided or partially guided, should be adapted to specific clinical needs, ensuring precise and predictable results in oral rehabilitation.

Keywords: Digital Surgical Planning; Digital Implantology ; Precision of Digital Planning in Implant Dentistry.

Sumario

1. INTRODUÇÃO 10
2. REVISÃO DE LITERATURA 12
3. DISCUSSÃO 35
4. CONCLUSÃO 38
5. REFERÊNCIAS 39

Introdução

A evolução tecnológica nas últimas décadas tem revolucionado diversas áreas da medicina, proporcionando avanços significativos no diagnóstico e tratamento de diversas patologias. No campo da cirurgia, uma das inovações mais notáveis é a introdução do planejamento cirúrgico virtual, uma abordagem que utiliza tecnologias de imagem tridimensional e simulações virtuais para aprimorar a precisão e eficácia das intervenções cirúrgicas.

O planejamento cirúrgico virtual oferece uma visão detalhada e personalizada da anatomia do paciente, permitindo aos cirurgiões explorar, analisar e simular procedimentos antes mesmo de entrar em cirurgia. A utilização de imagens de alta resolução, obtidas por meio de técnicas como a tomografia computadorizada e a ressonância magnética, possibilita uma compreensão mais abrangente das estruturas anatômicas, contribuindo para a identificação de detalhes que poderiam passar despercebidas em métodos convencionais.

Além disso, a capacidade de realizar simulações virtuais permite aos cirurgiões antecipar potenciais desafios, otimizar estratégias de abordagem e até mesmo treinar em ambientes virtuais específicos para o caso em questão. Essa abordagem prévia reduz a incerteza durante o procedimento real e contribui para a diminuição do tempo cirúrgico, minimizando, assim, os riscos associados.

A implementação eficaz do planejamento cirúrgico virtual envolve um cuidadoso passo a passo, que abrange desde a aquisição inicial de dados até a execução do procedimento. Este processo é fundamental para garantir a precisão e o sucesso da intervenção. Inicialmente, são obtidas imagens radiológicas detalhadas, como tomografias computadorizadas ou ressonâncias magnéticas, que proporcionam uma representação tridimensional abrangente da anatomia do paciente.

Com as imagens em mãos, o próximo passo consiste na manipulação digital desses dados por meio de softwares especializados. Essa etapa permite a criação de modelos virtuais precisos e interativos, que servirão como guias para a análise minuciosa das estruturas anatômicas específicas ao caso. Durante essa análise, os cirurgiões podem identificar possíveis desafios, variações individuais e peculiaridades que influenciarão o planejamento cirúrgico.

O terceiro passo envolve a simulação virtual do procedimento, utilizando ferramentas virtuais. Durante essa etapa, os cirurgiões podem explorar diferentes abordagens, ajustar estratégias conforme necessário e antecipar potenciais complicações. Essa simulação contribui significativamente para o refinamento da técnica cirúrgica, melhorando a eficiência e a segurança do procedimento.

Finalmente, o plano cirúrgico virtual é integrado ao ambiente cirúrgico, onde as informações digitais se tornam uma ferramenta prática durante a cirurgia real. A correlação entre o planejamento virtual e a realidade clínica permite uma abordagem mais precisa e personalizada, otimizando os resultados e minimizando possíveis complicações.

Em resumo, o planejamento cirúrgico virtual, quando realizado seguindo este meticuloso passo a passo, não apenas eleva a precisão das intervenções, mas também representa um avanço significativo na convergência entre a tecnologia digital e a prática clínica, oferecendo benefícios tangíveis para pacientes e profissionais.

Nessa revisão sobre planejamento virtual de cirurgia de implantes, destaca-se a crescente importância dessa abordagem na odontologia contemporânea. O avanço das tecnologias de imagem, como a tomografia computadorizada, e o desenvolvimento de software de planejamento virtual têm influenciado significativamente a precisão e o sucesso dos procedimentos cirúrgicos de implantes dentários. Essa revisão busca consolidar e analisar criticamente as evidências disponíveis nesse campo, visando contribuir para a compreensão abrangente e embasada das práticas atuais e suas implicações clínicas.

Revisão de literatura

D'Haese Jan *et. al*. (2017) realizaram uma análise abrangente sobre a cirurgia de implante guiada por computador, destacando os avanços tecnológicos e a evolução histórica desta prática. A descoberta dos raios-X por Wilhelm Roentgen no final do século XIX e o desenvolvimento da tomografia computadorizada (TC) por Sir Godfrey Newbold Hounsfield na década de 1970 foram marcos fundamentais. A TC permitiu representações tridimensionais sensíveis, essenciais para a cirurgia guiada por computador. Na década de 1980, a TC começou a ser explorada para a visualização da anatomia da cabeça e navegação cirúrgica, culminando em 1992 com a combinação de realidade virtual e cirurgia planejada. A navegação cirúrgica se tornou padrão na neurocirurgia e se expandiu para a cirurgia de implantes dentários. O lançamento de softwares tridimensionais na odontologia em 1988 e o desenvolvimento do SimPlant em 1993 possibilitaram a colocação virtual precisa de implantes. A tomografia computadorizada de feixe cônico (TCFC) revolucionou o planejamento virtual, oferecendo imagens de alta qualidade com menor radiação e custo acessível. A combinação de TCFC com digitalização intraoral aprimorou ainda mais essas abordagens. A produção de guias cirúrgicas evoluiu com técnicas como fresagem e estereolitografia, garantindo precisão e eficiência. No entanto, desafios persistem na produção de guias e diferentes designs disponíveis. Protocolos de tratamento guiados variam, com abordagens totalmente guiadas mostrando desempenho mais preciso que as parcialmente guiadas. A cirurgia sem retalho na implantodontia, através de procedimentos minimamente invasivos, ganhou destaque por seus benefícios estéticos e menor morbidade pós-operatória, apesar da falta de visualização direta do osso subjacente. Complicações como quebra de guias e desvios de implantes persistem, mas a precisão dos procedimentos guiados por computador é crucial, especialmente em casos com alterações anatômicas críticas. Estudos indicam a necessidade de melhorias contínuas na estabilidade dos modelos e escolha dos materiais de suporte das guias. Em resumo, os avanços tecnológicos continuam a revolucionar a cirurgia de

implantes guiada por computador, tornando-a mais precisa, eficiente e personalizada. No entanto, desafios técnicos e clínicos precisam ser superados para garantir resultados ótimos e a segurança dos pacientes.

Yi Chun *et. al*. (2022) fizeram um estudo in vitro para analisar a concordância entre registro digital e TCFC convencional na avaliação da precisão da cirurgia guiada de implantes. Utilizou-se o software PASS (versão 15; NCSS, LLC., Kaysville, Utah, EUA) para determinar foram 36 amostras por grupo para alcançar um poder de 90%, considerando um CCI (Correlação Intraclasse) de 0,90 sob a hipótese alternativa, com CCI sob hipótese nula de 0,75 e nível de significância de 0,05. Este estudo in vitro envolveu 40 modelos de resina acrílica, usados para cirurgias de implantes guiadas por estudantes. Esse protocolo seguiu as diretrizes éticas.
Uma paciente de 35 anos solicitou um implante para o primeiro molar inferior direito. A paciente passou por uma TCFC (tomografia computadorizada de feixe cônico), e os dados 3D foram exportados em DICOM. A partir do modelo da paciente um modelo mestre foi digitalizado e usado para fabricar 40 modelos de resina acrílica. TCFC e dados de escaneamento óptico foram usados no software de planejamento de implantes (Sim Plant) para determinar a posição ideal do implante. Um guia de perfuração foi fresado para 40 modelos de resina, e anilhas de titânio foram posicionadas nas guias de perfuração, como mostra a figura 1.



Figura-1 Modelo de resina com guia cirúrgico apoiados em dentes com anilha metálica.

Yi Chun *et. al*. (2022)

Antes da cirurgia, a confirmação do posicionamento adequado do dente foi feita, com guias de perfuração nos modelos de resina. As cirurgias de implantes foram conduzidas por 40 estudantes de odontologia, supervisionados por um cirurgião dentista com experiência, seguindo as orientações do fabricante para a sequência de perfuração. O local de implantação foi preparado e o implante inserido com os guias de perfuração na posição. Os métodos para avaliar a precisão da cirurgia guiada de implantes incluiu o método radiográfico convencional. Neste método, TCFC pós-cirúrgica foi realizada nos modelos com implantes. As imagens foram adquiridas com um scanner 3D Planmeca ProMa. Os dados da TCFC foram transferidos para o software Mimics 15.0, onde os modelos mandibulares virtuais e os implantes foram reconstruídos em 3D e salvos como STL (formato de estereolitografia universal). Os dados de planejamento foram exportados do software Simplant em formato STL. Os arquivos STL-PLAN e STL-CBCT foram sobrepostos usando o Geomagic Studio 2014, e a precisão foi avaliada medindo desvios de distância linear e angular entre os implantes planejados e cirurgicamente instalados. No método de registro digital, a posição pós-cirúrgica do implante foi determinada conectando o implante a um scanbody compatível e digitalizando-o com um scanner de laboratório. O modelo 3D da unidade de registro foi reconstruído por engenharia reversa e salvo como STL. O scanbody foi conectado ao implante inserido no modelo de resina acrílica, e o modelo pós-cirúrgico foi digitalizado opticamente. Os arquivos STL-REGISTRATION UNIT e STL-MODEL foram sobrepostos usando o Geomagic Studio 2014, e a posição pós-cirúrgica do implante foi exportada em formato STL. Os dados de posição planejada e pós-cirúrgica foram importados para o software Geomagic e alinhados. A relação posicional entre os locais de implante planejados e reais foi medida, incluindo desvios angulares e de distância linear. A análise estatística do estudo envolveu análises descritivas para todas as variáveis. A precisão da cirurgia guiada de implantes foi avaliada em termos de desvio angular do eixo e desvios de distância linear da entrada do implante e pontos apicais. Gráficos de dispersão foram utilizados para visualizar as correlações entre os métodos de registro digital e radiográfico convencional. Os Coeficientes de Correlação Intraclasse (ICCs)

foram calculados para analisar a concordância entre os dois métodos, considerando ICCs>0,75 como indicativos de boa concordância. Gráficos de "*Bland-Altman"* foram empregados para analisar as pontuações de diferença entre os métodos, determinando a concordância com base nos limites de concordância (LoA) de 95%. Foi adotada uma diferença máxima tolerada de 0,200 mm para desvio de distância linear e 0,881° para desvio angular do eixo, com base em estudos anteriores e na resolução da TCFC. O software SPSS e Med-Calc foram utilizados para realizar as análises estatísticas e construir os gráficos, respectivamente. Neste estudo in vitro, 40 implantes foram colocados totalmente guiados por guia cirúrgicas em modelos de mandíbula de resina acrílica, avaliados pela TCFC convencional e registro digital. Os desvios médios em relação à posição planejada foram analisados para ponto de entrada, ponto ápice e ângulo. Os CCIs indicaram boa concordância, com valores acima de 0,75. As diferenças médias e os Limites de Concordância estavam dentro da faixa de diferença máxima tolerada, indicando boa concordância entre os métodos. A maioria dos pontos de diferença estava dentro dos Limites de Concordância como mostra nas figuras 2,3 e 4. O presente estudo in vitro revelou que o registro digital e os métodos radiográficos convencionais concordam satisfatoriamente na avaliação da precisão do posicionamento do implante usando guias cirúrgicas apoiadas por dentes. O registro digital pode ser uma ferramenta útil na avaliação pós-cirúrgica da precisão de implantes unitários, embora seja necessário realizar mais estudos clínicos para confirmar nossos resultados.

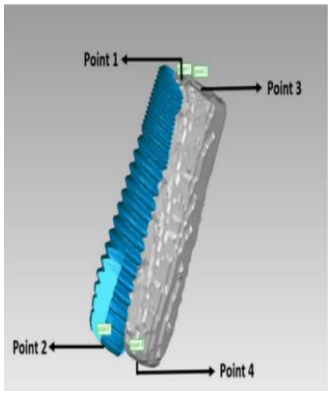


Figura 2. Método radiográfico convencional da relação do posicionamento entre os locais de implante planejado (azul) e realmente posicionados (cinza) foi determinada. (Ponto 1: o ponto de entrada do implante planejado; Ponto 2: o ponto de ápice do implante planejado; Ponto 3: o ponto de entrada do implante real determinado pelo método radiográfico convencional; Ponto 4: o ponto de ápice do implante real determinado pelo método radiográfico convencional)

Yi Chun *et. al*. (2022)

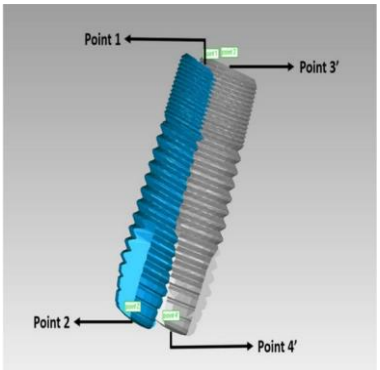


Figura 3. Registro digital da relação do posicionamento entre os locais de implante planejados (azul) e reais (cinza) foi determinada (Ponto 1: ponto de entrada do implante planejado; Ponto 2: ponto ápice do implante planejado; Ponto 3: ponto de entrada do implante real Ponto 4: ponto ápice do implante, implante real

Yi Chun *et. al*. (2022)

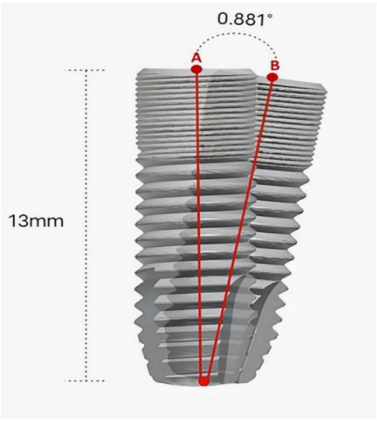
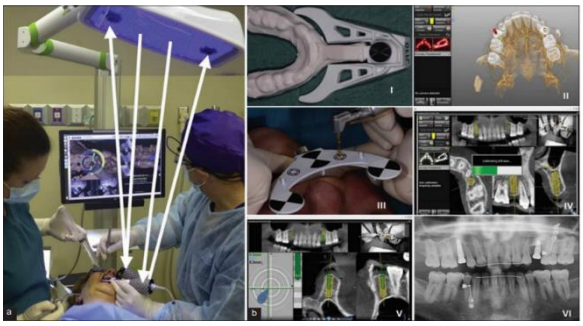


Figura 4. Esquema da diferença máxima tolerada usamos uma diferença máxima tolerada de 0,200 mm para desvio de distância linear nos pontos de entrada ou ápice (a distância entre o ponto “A” e “B”). Uma diferença máxima tolerada de 0,881° (360°×0,2 mm / 2ÿ×13 mm) para o desvio angular dos eixos de dois implantes foi calculada de acordo com o comprimento do implante (13 mm) e a distância entre o ponto “A” e “B” (0,200mm).

Yi Chun *et. al*. (2022)

Kalaivani Gunalan *et. al.* (2020) conduziram uma revisão de literatura abordando as expectativas e realidades do protocolo de cirurgia guiada de implantes, explorando tanto sistemas de navegação estática e dinâmica assistidos por computador que podemos observar na imagem - 5.

Figura 5. A- Sistema de navegação dinâmica, fixação da mandíbula do paciente, fixação da peça de mão e sistema composto por câmera, luz suspensa azul, computador e sensor. B- Procedimento cirúrgico I- Fixação do stent termoplástico utilizando o marcador radiográfico; II- Planejamento digital; III e IV-Planejamento pré-operatório; V- Perfuração da osteotomia através da visualização em tela; VI- Imagem pós-operatória.



Kalaivani Gunalan *et al.* (2020)

Essa revisão abrangeu o desenvolvimento histórico desses métodos, desde a introdução de programas de software utilizando tomografia computadorizada na década de 1980 até os avanços mais recentes em tecnologia de impressão 3D e softwares de enceramento digital. A metodologia da revisão incluiu pesquisa bibliográfica focadas em termos-chave relevantes, e critérios de inclusão e exclusão específicos para seleção de artigos. Foram descritos os protocolos e tecnologias envolvidos em cirurgias guiadas de implantes, destacando os métodos estáticos e dinâmicos, bem como as etapas desde o planejamento pré-operatório até a execução cirúrgica e a fabricação das guias de perfuração. O estudo revisou evidências de diversos estudos pré-clínicos, clínicos e in vitro, analisando a precisão e os resultados dos procedimentos guiados por computador em comparação com abordagens convencionais. Também foram discutidas as complicações associadas aos procedimentos guiados por computador, assim como os avanços tecnológicos mais recentes e as tendências futuras na área. Em resumo, a revisão oferece uma análise abrangente das práticas atuais e das perspectivas futuras da cirurgia guiada de implantes, destacando sua eficácia e suas limitações, bem como as inovações tecnológicas que moldam o campo. Esse estudo destaca a importância contínua da pesquisa e do desenvolvimento de novas tecnologias para aprimorar a precisão e a segurança dos procedimentos, visando proporcionar resultados ainda melhores para os pacientes e profissionais de saúde bucal.

Lin Chia-cheng *et al.* (2020) conduziram um estudo prospectivo sobre o fluxo de trabalho totalmente digital para o planejamento guiado estático de cirurgia de implante, focado na precisão. Trinta pacientes foram recrutados dentro de um período específico, uma triagem por critérios de inclusão e exclusão. Os pacientes passaram por exames completos, incluindo tomografia computadorizada, impressões digitais e registros intraorais. Dois protocolos foram aplicados para sobrepor os dados da tomografia computadorizada e das varreduras intraorais, utilizando um software de planejamento de implantes. Para alguns casos mais desafiadores, um protocolo semelhante ao procedimento convencional foi adotado. Modelos

radiográficos foram utilizados para facilitar o alinhamento e a sobreposição corretos das imagens. Os implantes foram planejados virtualmente e os guias cirúrgicos foram projetados e fabricados com anilhas metálicas específicas. Após a verificação do guia cirúrgico, as cirurgias foram realizadas seguindo o protocolo padrão, com inserção de implantes através do guia cirúrgico. Tomografias computadorizadas pós-operatórias foram realizadas para comparar a posição dos implantes planejados com os implantes colocados, utilizando um software de sobreposição e medição. A análise estatística revelou discrepâncias em várias dimensões, com implantes planejados, com base no protocolo de registro de superfície, apresentando maiores discrepâncias em comparação com o protocolo de registro de marcadores fiduciais. Em geral, as discrepâncias foram observadas principalmente no ápice dos implantes, com alguns casos de valores atípicos. Esses resultados destacam a importância de protocolos precisos para o planejamento e colocação de implantes guiados por computador.

Chmielewski Krzysztof *et al.* (2019) realizaram uma análise detalhada da reabilitação protética imediata de arcada completa guiada por fluxo de trabalho digital, com foco na discrepância entre o planejamento e a execução. Este estudo examinou registros odontológicos de quatro clínicas em Varsóvia, Polônia, selecionando nove pacientes totalmente desdentados, com base em critérios específicos. Os pacientes foram submetidos ao conceito de tratamento "*all-on-four",* combinado com fluxos de trabalho digitais, permitindo a colocação de uma prótese completa dentro de 24 horas após a cirurgia de implante. Para garantir a precisão do procedimento, foram adotados critérios de exclusão detalhados, que abordavam condições sistêmicas, locais e transoperatórias que poderiam afetar o sucesso do implante. Os pacientes foram submetidos a procedimentos de diagnóstico e planejamento convencionais, incluindo a criação de uma referência radiopaca na prótese para o planejamento de implantes. O planejamento digital da posição do implante foi realizado usando software específico, e uma férula cirúrgica estática foi fabricada para guiar o procedimento. Durante a cirurgia, foram colocados implantes de acordo com o

planejamento, utilizando uma técnica minimamente invasiva. Após a colocação dos implantes, foram realizados testes de torque e análise de frequência para avaliar a estabilidade inicial. As próteses foram então adaptadas aos implantes provisórios e fixadas com torque adequado. A precisão da posição dos implantes foi avaliada por meio de análise 3D, destacando o deslocamento e o ângulo de desvio em relação ao planejamento original. Os resultados mostraram que, em média, houve um deslocamento 3D na base e na ponta dos implantes, bem como um ângulo médio de desvio. A análise estatística revelou várias associações entre fatores como sexo do paciente, lateral da mandíbula, idade, comprimento e diâmetro do implante, influenciando diferentes aspectos da precisão do procedimento. Essas descobertas fornecem insights valiosos para melhorar a técnica e otimizar os resultados da reabilitação protética imediata de arcada completa guiada por computador.

Jinmeng Li *et al.* (2017) fizeram um estudo sobre a precisão da colocação de implantes guiada por computador e fatores de influência. Guia digital é uma ferramenta cirúrgica personalizada para implantes dentários, com tipos variados como guia suportada por dente, osso ou mucosa, adequados a diferentes condições do paciente. O sistema de navegação digital inclui guias, ferramentas e software específico. Ferramentas como parafusos de fixação são essenciais. O design e fabricação da guia são fundamentais para a precisão do procedimento de implante dentário assistido por navegação digital. A obtenção de informações pré-operatórias, incluindo TCFC e modelos intraorais, permite o design do guia digital para cirurgia de implante. O software determina o plano cirúrgico e gera o corpo base do guia, considerando as condições específicas do paciente. A utilização da placa guia digital na preparação para navegação apresenta três abordagens. A primeira guia a broca de posicionamento para a preparação inicial. A segunda realiza a preparação dos furos passo a passo sob a placa guia a instalação do implante é sem o guia. A terceira é específica para sistemas de implantes com ferramentas especiais, conduzindo todas as etapas sob a orientação da placa guia incluindo colocação do implante. A tecnologia de implantes dentários digitais, como uma evolução dos métodos

tradicionais, requer extensos ensaios clínicos para avaliar sua viabilidade e segurança. Uma preocupação central dos profissionais é a precisão na transferência do design pré-operatório para a cirurgia real, destacando a importância da confiabilidade dos guias digitais. Estudos têm sido conduzidos para investigar essa precisão. Os métodos de pesquisa para avaliar a precisão das guias digitais incluem a comparação do desvio entre a posição planejada e a real do implante após a cirurgia. A sobreposição de imagens de TCFC pré e pós-operatórias é eficaz para medir parâmetros de desvio. Estudos clínicos mostraram valores médios de desvio angular e de cabeça de implante. Embora muitos considerem 2 mm como distância segura para uso de guias digitais, ensaios clínicos destacam a necessidade de mais investigação. Ensaios clínicos controlados são essenciais para uma avaliação mais robusta da precisão das guias digitais. Fatores relevantes que afetam a precisão das guias digitais incluem desvios durante o processo de produção, forma de suporte da placa guia, número de placas guia, número de parafusos de fixação, localização no maxilar e mandíbula, sistema de orientação, experiência do operador, posição dos dentes na área cirúrgica e outros fatores de influência. Desvios durante a produção, como imprecisões na coleta de impressão intraoral e configurações na reconstrução tridimensional, podem impactar a precisão. A forma de suporte da placa guia, o número de placas e pinos fixos, e o sistema de orientação também influenciam. A experiência do cirurgião, posição dos dentes e outros fatores, como a estabilidade da broca, são variáveis relevantes. É importante considerar esses fatores para otimizar a precisão das guias digitais na cirurgia de implante oral.

O’connor Miriam *et. al.* (2019) estudaram a influência do “*mock-up”* digital e da experiência na capacidade de determinar o posicionamento correto da prótese e a posição do implante durante o planejamento digital. Um experimento in vitro foi conduzido na Faculdade de Odontologia da Universidade Alfonso “*X El Sabio”*, em Madrid, Espanha, entre março e julho de 2019. O paciente consentiu em fornecer os arquivos DICOM da tomografia computadorizada *“conebeam”* (CBCT) e o arquivo STL do escaneamento extraoral. Duzentos implantes dentários BioHorizons foram

planejados em uma maxila superior totalmente desdentada usando cirurgiões dentistas experientes (80 casos) e estudantes de odontologia sem experiência (120 casos). O planejamento foi realizado em um software tridimensional antes e depois de alinhar a simulação digital, obtida por meio do escaneamento da prótese total do paciente, para avaliar seu impacto na posição do planejamento do implante dentário. O experimento analisou desvios nas posições planejadas de implantes dentários antes e após o uso de um modelo digital. Foram medidos três tipos de desvios: plataforma na entrada, apical no ponto apical e angular no centro do cilindro. As avaliações foram realizadas em vistas axial, sagital e coronal, comparando as posições planejadas antes e depois do uso do modelo digital. O estudo investigou a influência do modelo digital no posicionamento do planejamento de implantes dentários. Foi realizada uma análise estatística de todas as variáveis usando o SAS 9.4 (SAS Institute Inc., Cary, NC, EUA). A estatística descritiva foi expressa em médias e desvio padrão (DP) para variáveis quantitativas. Uma análise comparativa foi realizada ao comparar os valores médios de desvio entre as posições planejadas do implante com e sem o modelo digital. Um desvio médio de 1,20 ± 0,98 mm (mínimo: 0,00 mm, máximo: 3,50 mm) e 1,83 ± 1,60 mm (mínimo: 0,00 mm, máximo: 8,60 mm) O teste revelou diferenças estatisticamente significativas entre os desvios de plataforma dos grupos de estudo com 5 a 10 anos de experiência e sem experiência ($p < 0,001$). Foi observado um desvio médio de 0,93 ± 1,02 mm (mínimo: 0,00 mm, máximo: 3,60 mm) e 1,90 ± 1,90 mm (mínimo: 0,00 mm, máximo: 11,90 mm) no ponto apical nos grupos de estudo com 5 a 10 anos de experiência e sem experiência, respectivamente. O teste t pareado revelou diferenças estatisticamente significativas entre os desvios apicais dos participantes com 5 a 10 anos de experiência e sem experiência ($p < 0,001$). Foi observado um desvio angular médio de 2,06° ± 2,17° (mínimo: 0,10°, máximo: 8,20°) e 3,73° ± 3,88° (mínimo: 0,20°, máximo: 21,70°) nos grupos de estudo com 5 a 10 anos de experiência e sem experiência, respectivamente. Em conclusão, dentro das limitações deste estudo in vitro, os resultados mostram que as posições planejadas dos implantes usando o modelo digital estão mais próximas da posição ideal do ponto de vista

protético, independentemente da experiência do operador. No entanto, é mais útil para operadores sem experiência em cirurgia odontológica.

Chackartchi Tali *et al.* (2022) fez um estudo para reduzir erros na cirurgia guiada de implantes e otimizar resultados. O planejamento da posição do implante envolve uma abordagem "de cima para baixo", considerando o osso disponível, proximidade de estruturas anatômicas e posição ideal da restauração futura. Utiliza-se tomografia computadorizada de feixe cônico, variação digital de uma impressão (intraoral ou digitalização de um modelo fundido) e um modelo em cera. Esses dados são sobrepostos em software para criar um arquivo digital para o planejamento como mostra na figura 6 e 7.

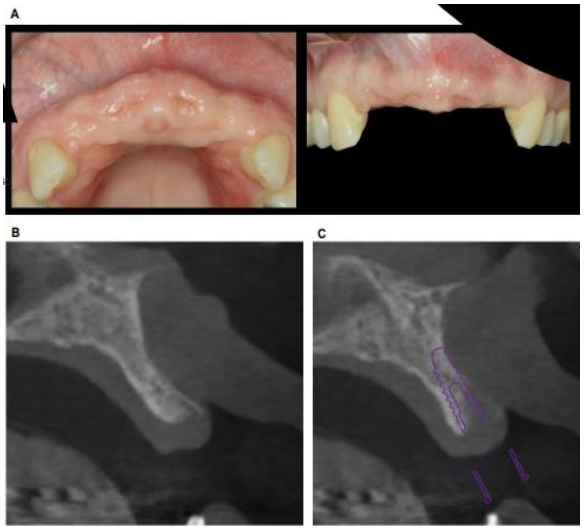


Figura 6. A- Imagem clínica de uma maxila anterior edêntulo. B - Imagem óssea usando TCFC. C - Simulação da posição do implante usando software de planejamento.

Chackartchi Tali *et al.* (2022)

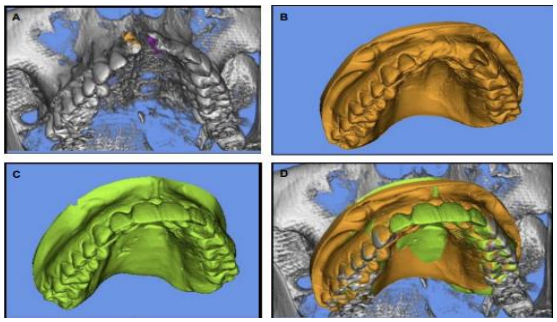


Figura 7. Sobreposição das imagens da TCFC planejamento e enceramento da prótese.

Chackartchi Tali *et al.* (2022)

Existem dois principais tipos de cirurgia guiada para implantes dentários: estática e dinâmica. A abordagem estática utiliza uma férula cirúrgica pré-fabricada, sem ajustes durante a cirurgia, associada a menos erros. Por

outro lado, a navegação dinâmica permite ajustes em tempo real durante a perfuração, usando sensores e informações posicionais tridimensionais. Ambos os métodos apresentam taxas de falha semelhantes, mas a cirurgia guiada estática é mais comum devido à sua economicidade e menor complexidade. A escolha entre eles depende das necessidades específicas e dos recursos disponíveis. A transferência de dados do campo clínico para o software é crucial no processo de cirurgia guiada para implantes dentários. Envolve o registro preciso de impressões (em arquivos STL) e imagens (tomografia computadorizada de feixe cônico). A fusão tridimensional dessas informações é essencial para o planejamento preciso da posição dos implantes como mostra figura – 8. A escolha dos materiais de moldagem, técnicas de moldagem e a presença de dentes remanescentes influenciam a precisão dessa etapa.

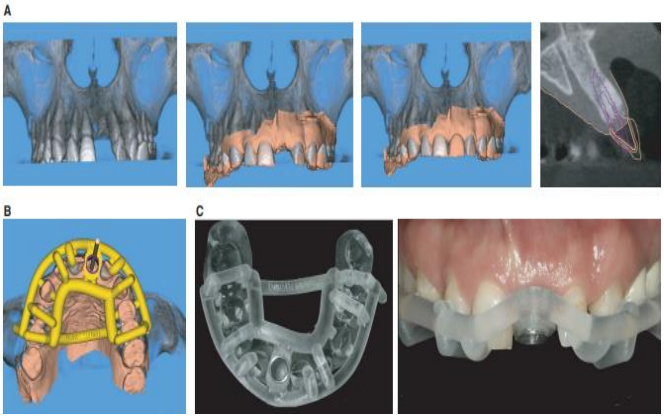


Figura 8. A - subreposição dos dados digitais, a posição do implante é planejada virtualmente em software. B- Para transferir corretamente o plano de tratamento do ambiente digital para o campo cirúrgico, um guia digital é desenhado (estrutura amarela). C - O guia virtual é então convertido em um guia de resina por meio de uma impressora 3D, para ser usado durante a cirurgia.

Chackartchi Tali *et al.* (2022)

Em casos totalmente edêntulos, a falta de dentes pode impactar na fidelidade da sobreposição de imagens. Durante a transferência de dados do software para a boca dos pacientes, é crucial garantir o posicionamento adequado e imobilidade do guia cirúrgico. O controle contínuo do ajuste estável e seguro do modelo é essencial para evitar erros humanos e desvios durante a cirurgia. O ajuste da férula cirúrgica é mais preciso em rebordos dentados, e a espessura da mucosa pode influenciar a reprodutibilidade imagem – 9;10 e 11.

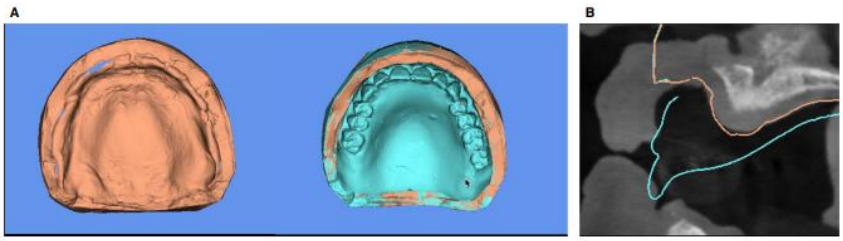


Figura 9. Maxilares totalmente edêntulos, o contorno dos tecidos moles pode ser ilustrado na TCFC pelo reflexodo lábio e da língua.

Chackartchi Tali *et al.* (2022)

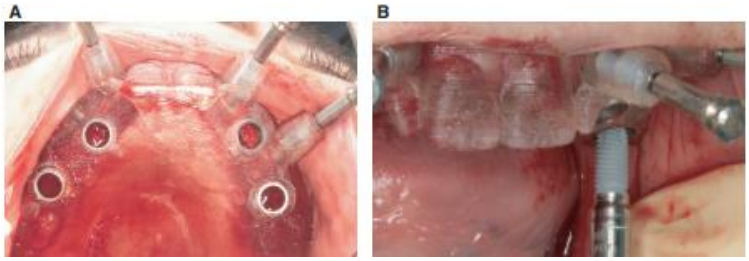
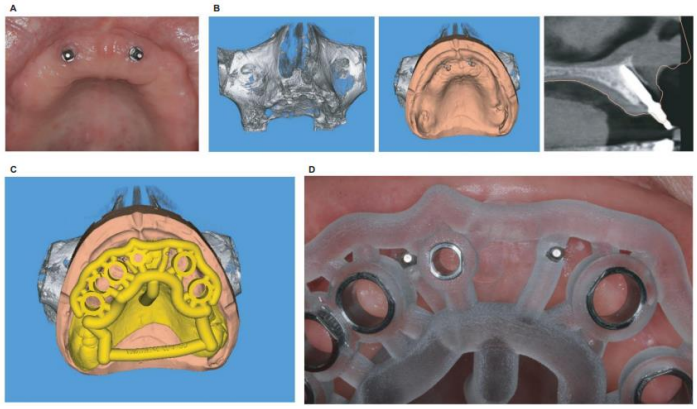


Figura 10. Guia para mandíbula edêntula total com parafuso de fixação.

Chackartchi Tali *et al.* (2022)

Figura 11. Em desdentados totais, os implantes temporários podem servir como pontos de referência para o software e o paciente. Aos implantes temporários são inseridos antes da TCFC. B uma TCFC e um modelo é digitalizada para criar um arquivo STL. Os implantes provisórios servirão como ponto de referência para os dados do software. C, o guia projetado é suportado pelos implantes temporários, além do tecido mole.



Chackartchi Tali *et al.* (2022)

Na orientação dinâmica, a calibração antes da perfuração e a cada troca de brocas são fundamentais para a precisão. É importante evitar movimentos indesejados da guia cirúrgica e compreender que a tomografia computadorizada não é adquirida em tempo real. Em pacientes totalmente edêntulos, a calibração paciente-software e software-paciente é desafiadora devido à falta de pontos de referência. Marcadores adicionais, como pontos de resina radiopaca e implantes com encaixe esférico, foram sugeridos para aumentar a precisão. Rebordos desdentados completos representam um

desafio adicional na calibração, com a espessura da mucosa afetando a reprodutibilidade e a posição do guia podendo ser desviada pela anestesia local. O ajuste da férula cirúrgica é mais preciso em rebordos dentados, e a espessura da mucosa pode influenciar a reprodutibilidade. Em casos edêntulos longos ou completos, a fixação do modelo é comum para evitar desvios causados pela compressão dos tecidos moles. O levantamento despercebido da guia pode ocorrer, afetando a posição final do implante. A fixação com parafusos de fixação é utilizada, mas não garante a posição inicial correta da guia, apenas reduz possíveis movimentos durante a cirurgia. O posicionamento inicial da guia determina a posição dos implantes. Em casos com dentes ou raízes remanescentes clinicamente estáveis. Na primeira etapa, o guia é apoiado nas raízes/dentes remanescentes enquanto os implantes são colocados entre eles. Na segunda etapa, após a extração das raízes de suporte, o guia é fixado aos implantes e os demais implantes são inseridos, mantendo a posição correta do guia. A ancoragem segura do molde à dentição existente é considerada uma vantagem nesse protocolo de extração seriada. A cirurgia de implantes guiada por computador oferece a capacidade de planejar o posicionamento preciso do implante, considerando a anatomia dos tecidos duros, o volume dos tecidos moles e a posição das futuras próteses. Contudo, ainda existem desafios e erros inerentes aos sistemas de implantes guiados por computador, podendo resultar em lesões ou desajustes protéticos. A compreensão dos potenciais erros do processo e a minimização de desvios são cruciais para alcançar resultados precisos e duradouros, destacando a importância da experiência dos cirurgiões no uso desses sistemas.

Kernen Florian *et al.* (2020) revisaram softwares de planejamento virtual para cirurgia guiada de implantes, abordando importação e visualização de dados, design de fabricação e guias de perfuração. Foram avaliados cinco sistemas comerciais: coDiagnostiX, Simplant Pro Smop, NobelClinician e ImplantStudio, usando dados de CBCT, exames intraorais e modelos digitais de dois pacientes. O estudo focou na eficiência do processo, importação de dados e opções de visualização. Todos os sistemas usaram o formato DICOM para dados de CT ou CBCT e a maioria permitiu a

importação de dados STL. Alguns estavam vinculados a scanners proprietários. Os sistemas foram comparados quanto à visualização de estruturas anatômicas, ferramentas de edição, design CAD/CAM de guias de perfuração e opções de produção. Os resultados destacaram a capacidade de visualização seletiva e a flexibilidade no design das guias de perfuração.

Flügge Tabea *et al.* (2022) realizaram um estudo de revisão do software de planejamento virtual para cirurgia guiada de implantes, continuando o trabalho de Florian Kernen *et al.* (2020). Eles avaliaram cinco sistemas comerciais: coDiagnostiX (CDX), Simplant Pro (SIM), Smop (SMP), NobelClinician (NC) e Implant Studio (IST), utilizando dados de dois pacientes com diferentes condições clínicas. O primeiro paciente tinha um dente ausente na região 21, e o segundo paciente era parcialmente desdentado na mandíbula direita, com falta dos dentes 45-47. Foram usados dados de TCFC e exames intraorais para o primeiro paciente e um modelo dentário virtual para o segundo. Os sistemas foram avaliados quanto às opções de importação, ferramentas integradas para configuração protética e a interação com softwares laboratoriais. Foi documentada a presença de um articulador virtual com configurações personalizadas, a simulação da oclusão dinâmica, e a capacidade de importar uma configuração protética. A disponibilidade de uma biblioteca de formatos de dentes padrão ou a possibilidade de derivar uma configuração protética também foram avaliadas. Os resultados mostraram que todos os sistemas ofereciam configuração protética virtual, mas com variações em relação aos sistemas CAD odontológicos completos. Alguns permitiam ajustes nos tamanhos e formas dos dentes, enquanto outros eram limitados. A simulação da oclusão dinâmica estava disponível em apenas um sistema. Dois sistemas tinham interface com software CAD completo. Ferramentas para projeto ou ajuste da configuração protética não estavam disponíveis em um sistema, mas a importação de configuração protética convencional era possível em todos. No planejamento pré-operatório de implantes, a posição foi determinada em reconstruções panorâmicas, multiplanares e tridimensionais. A disponibilidade de sistemas de implantes variou, com mais de 50 fabricantes listados em alguns sistemas. A colocação totalmente guiada ou com

perfuração piloto guiada foi possível para um número limitado de fabricantes em cada sistema. O trajeto intraósseo do nervo alveolar inferior foi reconhecido de forma semiautomática e ajustável manualmente em todos os sistemas. A medição de defeitos ósseos e o planejamento de aumento ósseo foram possíveis em um dos sistemas avaliados (SMP).

Kraft Bruno *et al*. (2020) realizaram um estudo para avaliar o impacto da cirurgia guiada totalmente ou parcialmente na colocação de implantes unitários em alvéolos de incisivos superiores imediatamente após a extração. O objetivo foi comparar o desvio na posição dos implantes entre os métodos de cirurgia totalmente guiada (FGS) e parcialmente guiada (PGS). No estudo, 24 pacientes com falha no incisivo superior foram divididos aleatoriamente em dois grupos: 12 pacientes no grupo PGS e 12 no grupo FGS. Foram realizadas análises clínicas, exames intraorais e tomografias computadorizadas (TC) iniciais para determinar a posição virtual dos implantes e criar guias cirúrgicas impressas em 3D como mostra nas imagens – 11;12. Cada paciente recebeu um implante de 3,5 × 16 mm, como mostra na imagem – 13, e o torque de inserção (IT) e a análise de frequência de ressonância (RFA) foram registrados. Foi incluído a cirurgia enxerto de tecido conjuntivo, realizado um leve retalho em túnel e um espesso enxerto de conjuntivo retirado do palato, como mostra a imagem – 14. Todos os pacientes receberam próteses provisórias imediatas sem contatos oclusais como mostra na imagem - 15. Após os procedimentos, uma nova TC foi feita para comparar a posição real dos implantes com a posição virtual planejada. OS 24 pacientes que participaram deste estudo todos completaram o acompanhamento. Não houve diferenças significativas entre os grupos em relação aos desvios lineares dos implantes. No entanto, o grupo de cirurgia parcialmente guiada (PGS) apresentou desvios lineares numericamente menores no ápice dos implantes, enquanto o grupo de cirurgia totalmente guiada (FGS) teve desvios numericamente menores na porção cervical dos implantes. Além disso, o grupo PGS mostrou uma tendência a apresentar menor desvio angular em comparação com o grupo FGS (3,60 ± 2,84 vs 5,36 ± 4,53). Observou-se um desvio linear maior no ápice dos implantes em comparação com a porção cervical. O desvio

aumentou significativamente no ápice dos implantes na posição facial-palatina (FP) em ambos os grupos, e na posição mesiodistal (MD) apenas no grupo PGS. As médias e desvios padrão dos desvios dos implantes tanto para os implantes colocados quanto para os planejados. Não houve diferenças entre os grupos quanto à estabilidade primária dos implantes imediatamente após a colocação. Os torques de inserção foram de 50,33 ± 11,06 Ncm no grupo PGS e 52,67 ± 17,17 Ncm no grupo FGS, e os valores de ISQ foram de 55,58 ± 15,17 e 58,85 ± 17,17, respectivamente. Apenas um implante não atingiu o valor limite necessário para a colocação de um provisório imediato e foi excluído do estudo. O estudo concluiu que, embora tenha havido um ligeiro desvio da posição virtualmente planejada do implante, principalmente no ápice, e uma tendência de menor desvio angular no grupo PGS, não houve diferenças significativas entre os grupos em termos de posição e estabilidade primária dos implantes. A utilização de guia cirúrgico pode facilitar a perfuração e o posicionamento do local do implante, auxiliando os cirurgiões na instalação de implantes imediatos na prática diária.

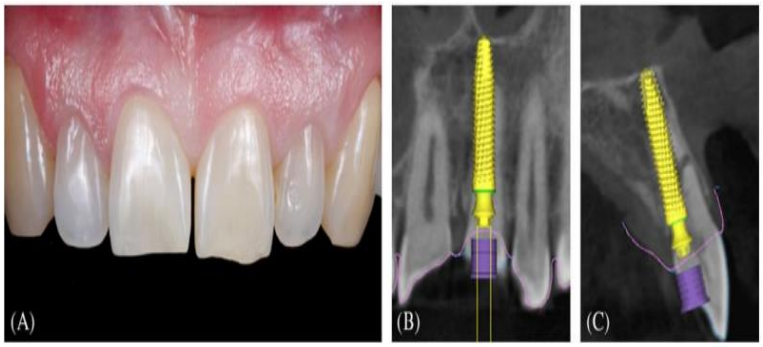


Figura 11. A- imagem clinica, imagem B imagem DICOM via TCFC combinado com STL com planejamento do implante. C, elemento 21 fraturado.

Kraft Bruno *et al*. (2020)

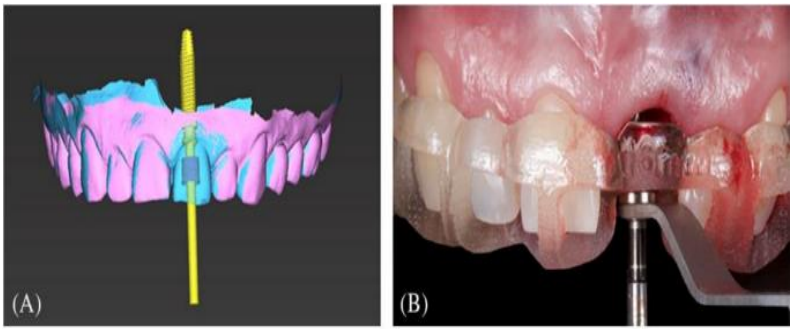


Figura 12. A, vista frontal da posição planejada do implante. B, preparo do local do implante usando uma broca piloto guiada de 2.0 mm em ambos os grupos, após exodontias suaves e curetagem e limpeza do alvéolo.

Kraft Bruno *et al*. (2020)

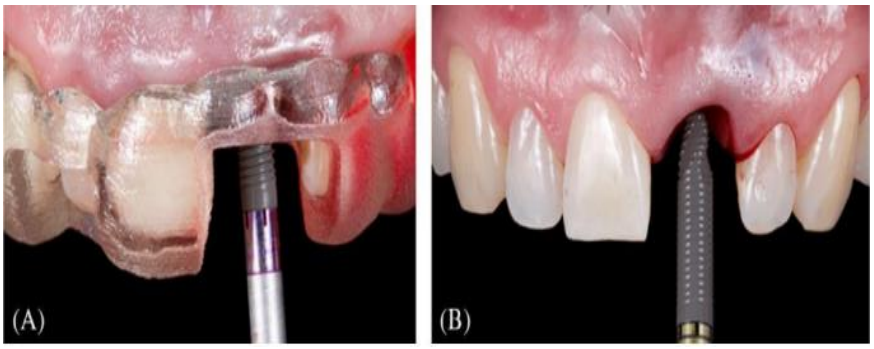


Figura 13. A, o grupo FGS todos os implantes foram totalmente guiados. B, o grupo PGS apenas a broca piloto foi perfurada com guia cirúrgico, as demais
brocas e o implante foram colocados a mão livre.

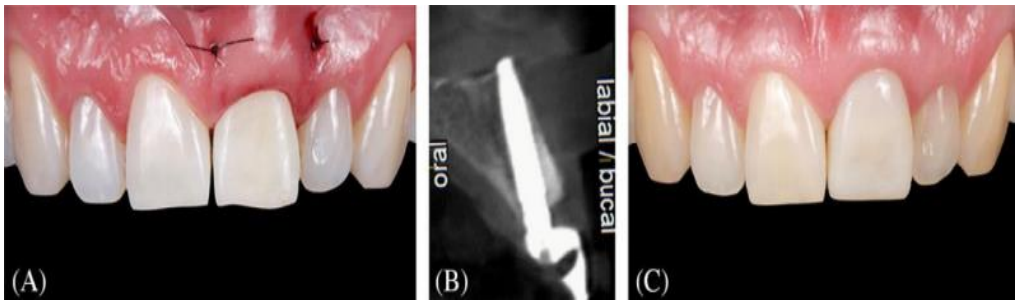
Kraft Bruno *et al*. (2020)



Figura 14. A todos os pacientes receberam enxerto de gap e de tecido conjuntivo. B. Tanto a TI quanto a RFA foram avaliadas para compare a estabilidade do implante obtida.

Kraft Bruno *et al*. (2020)

Figura 15. A, imagem clinica a imediatamente após a instalação do provisório imediato aparafusado sem contatos oclusais e contorno subgengival côncavo. B, foi realizada TCFC. imediatamente após o procedimento para comparar a posição final com a posição planejada criada no software. C, imagem 3 meses após a cirurgia.



Kraft Bruno *et al*. (2020)

Tallarico Marco *et. al*. (2017) realizaram um estudo sobre a precisão da colocação de implantes baseados em modelo assistida por computador usando uma impressão convencional e modelo de digitalização ou impressão digital: um relatório preliminar de um ensaio clínico controlado. O objetivo deste estudo foi comparar a taxa de sobrevivência do implante, complicações relacionadas ao modelo e a precisão do planejamento virtual

da colocação de implantes baseados em modelo assistido por computador usando um modelo convencional de impressão e digitalização ou impressão digital como mostra a imagem - 16 para reabilitar pacientes parcialmente edêntulos usando procedimentos “*flapless”* ou “*miniflap”* e carga imediata. Todos os pacientes parcialmente edêntulos que necessitavam de pelo menos um implante, a ser planejado com base em tomografia computadorizada de feixe cônico (TCFC) usando software dedicado, foram incluídos no estudo como mostra na imagem - 17. Os pacientes foram distribuídos aleatoriamente de acordo com um desenho de grupo paralelo em dois braços: impressão digital intraoral (grupo totalmente digital) versus modelo convencional de impressão e escaneamento (grupo controle) imagem - 16. Os implantes deveriam ser colocados sem retalho e cargas imediata, se inseridos com torque superior a 35 N cm, com próteses provisórias reforçadas. Três parâmetros de desvio (horizontal, vertical e angular) foram definidos e calculados entre as posições planejadas e colocadas dos implantes e analisados estatisticamente. Os resultados foram comparados usando um modelo de análise de variância de medidas repetidas de desenho misto (= 0,05). Doze pacientes foram alocados aleatoriamente para o grupo totalmente digital (6 pacientes com 17 implantes) e grupo controle (6 pacientes com 20 implantes). O erro médio no ângulo foi de 2,56 ± 1,52° (variação: 0,3–5,0°) no grupo totalmente digital e 2,18 ± 1,41° (variação: 0,3–5,8°) no grupo controle (P = 0,519). No plano horizontal (mesiodistal), o erro médio foi de 0,57 ± 0,32 mm (variação: 0,1–1,1 mm) no grupo totalmente digital e 0,43 ± 0,26 mm (variação: 0,1–0,9 mm) no grupo controle (P = 0,249). No plano vertical (ápico-coronal), o erro médio foi de 0,67 ± 0,51 mm (variação: 0,0–1,6 mm) no grupo totalmente digital e 0,43 ± 0,32 mm (variação: 0,0–1,2 mm) no grupo controle (P = 0,180).Dentro das limitações do presente ensaio clínico, descobriu-se que as impressões digitais intraorais podem ser uma alternativa viável às impressões convencionais e modelos de digitalização para a reabilitação de pacientes parcialmente edêntulos usando colocação de implantes guiada por computador e assistida por modelo. Em ambos os grupos, os desvios máximos 3D não ultrapassaram o deslocamento seguro do software. E após

um ano foi feiro radiografia panorâmica para controle como mostra na figura – 18.

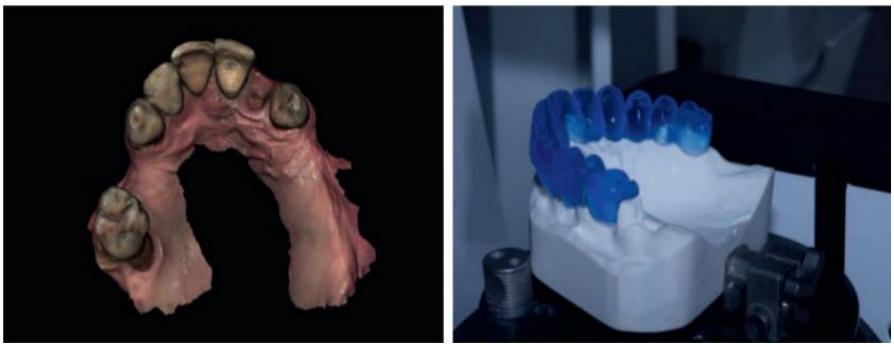


Figura 16. A, impressão digital intraoral no grupo totalmente guiado. B, moldagem convencional e enceramento e modelo de escaneamento de grupo de controle.

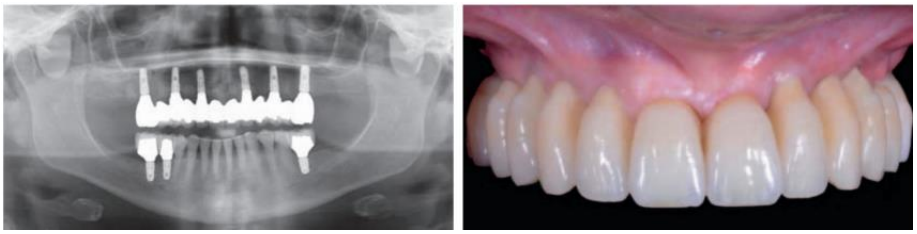
Tallarico Marco *et. Al*. (2017)



Figura 17. Mesclagem de arquivos CBCT, DICOM e STL. Vistas frontal e transversal de Volume 3 | Edição 3/2017 11 Figura 3 Precisão da colocação de implantes assistida por computador Diário de Ciência Oral e Reabilitação planejamento virtual de implantes usado para criar os modelos cirúrgicos.

Tallarico Marco *et. Al*. (2017)

Figura 18. Radiografia panorâmica 1 ano após o posicionamento dos implantes. Foto clinica após 1 ano da cirurgia.



Tallarico Marco *et. al*. (2017)

Sarhan MM. *et al*. (2020) investigaram a precisão dos protocolos de colocação de implantes parcialmente guiados em comparação com protocolos totalmente guiados, focando especialmente nos efeitos dos orifícios-guia em forma de C, cuja influência na precisão da perfuração e na

posição do implante não foi amplamente estudada. O estudo clínico de boca dividida envolveu 12 participantes desdentados, totalizando 48 implantes colocados na região entre os forames mandibular. Os participantes foram divididos aleatoriamente em dois grupos principais, um grupo totalmente guiado, com 24 implantes, e um grupo parcialmente guiado, também com 24 implantes. Cada grupo foi subdividido em dois subgrupos: orifícios-guia cilíndricos e orifícios-guia em forma de C, com 12 implantes em cada subgrupo. Para a avaliação da precisão, foram realizadas tomografias computadorizadas de feixe cônico (CBCT) pós-operatórias. As imagens foram fundidas para determinar os desvios entre as posições virtualmente planejadas e as posições reais dos implantes, considerando desvio horizontal linear, desvio de profundidade apical e desvios angulares em três dimensões. Os resultados foram analisados utilizando o teste de normalidade "*Kolmogorov-Smirnov"*, o teste de "*Kruskal-Wallis"* e comparações "*post hoc"* usando o teste de "*Dunn-Sidak"*. A análise revelou, diferenças significativas no desvio horizontal no hexágono do implante entre os subgrupos cilíndrico totalmente guiado, em forma de C totalmente guiado, cilíndrico parcialmente guiado e em forma de C parcialmente guiado (c2 = 10,254, P = 0,017). No entanto, as comparações entre pares não mostraram diferenças estatisticamente significativas entre os grupos (P > 0,05). Diferenças significativas no desvio horizontal no ápice entre os mesmos subgrupos (c2 = 11,524, P = 0,009), mas novamente, as comparações entre pares não revelaram diferenças significativas. Nenhuma diferença significativa foi encontrada no desvio angular (c2 = 4,135, P = 0,247) ou no desvio de profundidade apical (c2 = 6,604, P = 0,086) entre os grupos. As conclusões do estudo foram, os implantes na área entre os forames mandibular podem ser colocados com precisão clínica semelhante usando tanto a técnica sem retalho com protocolo parcialmente guiado quanto totalmente guiado. A precisão da colocação do implante não foi afetada pelo design dos orifícios-guia das guias cirúrgicas geradas por computador, sejam eles cilíndricos ou em forma de C.

Smitkarn Palita *et al.* (2019) compararam a precisão dos implantes unitários colocados usando cirurgia totalmente guiada digitalmente e cirurgia

de implante à mão livre. O objetivo foi avaliar a diferença nas posições dos implantes entre a cirurgia estática de implante assistida por computador e a cirurgia de implante à mão livre em espaços edêntulos únicos. Os locais com espaços edêntulos únicos, adjacentes a dentes naturais, foram distribuídos aleatoriamente em dois grupos: cirurgia estática de implante assistida por computador e cirurgia de implante à mão livre. Em ambos os grupos, o planejamento digital do implante foi realizado usando dados de tomografia computadorizada de feixe cônico (CBCT) e varreduras de superfície. No grupo de implante assistida por computador, uma guia cirúrgica foi produzida e utilizada para a cirurgia de implante totalmente guiada, enquanto no grupo à mão livre, os implantes foram colocados sem guia. A CBCT pós-operatória foi utilizada para medir nove parâmetros representando os desvios em ângulos, horizontal, vertical e ápices dos implantes entre as posições planejadas e reais dos implantes. Cinquenta e dois pacientes receberam 60 implantes unitários. Os desvios medianos (IQR) nos ângulos, horizontal, vertical e ápices foram de 2,8 (2,6) °, 0,9 (0,8) mm e 1,2 (0,9) mm, respectivamente, no grupo de implante assistida por computador, e 7,0 (7,0) °, 1,3 (0,7) mm e 2,2 (1,2) mm, respectivamente, no grupo à mão livre. Diferenças estatisticamente significativas foram encontradas em seis dos nove parâmetros medidos, usando o teste U de “*Mann-Whitney”* ($p < 0,05$). Dentro das limitações do estudo, a aplicação do implante assistida por computador resultou em posições de implantes mais precisas, mas menores extensões de estabilidade primária quando comparada com a cirurgia à mão livre em espaços edêntulos únicos.

Discussão

A discussão entre os estudos de D'Haese Jan *et* al. (2017) e Yi Chun *et al*. (2022) revela diferentes abordagens sobre a precisão e a evolução da cirurgia de implante assistida por computador. D'Haese Jan *et al.* (2017) focaram na história e nos avanços tecnológicos, destacando marcos como a descoberta dos raios-X e o desenvolvimento da tomografia computadorizada (TC), que permitiram visualizações tridimensionais essenciais para a precisão na colocação de implantes. Eles ressaltaram a importância da tomografia computadorizada de feixe cônico (TCFC) e a evolução dos softwares de planejamento de implantes, como o SimPlant. Yi Chun *et al.* (2022), por outro lado, realizaram um estudo in vitro comparando a precisão da cirurgia guiada de implantes usando métodos radiográficos convencionais e registro digital, analisando desvios lineares e angulares entre implantes planejados e instalados em modelos de resina acrílica. O estudo mostrou uma boa concordância entre os métodos, sugerindo que o registro digital pode ser uma ferramenta útil na avaliação da precisão pós-cirúrgica de implantes. Enquanto D'Haese Jan *et al* (2017). exploraram a evolução histórica e os avanços técnicos, Yi Chun *et al*. (2022) focaram na comparação prática de métodos de avaliação de precisão, contribuindo ambos para a melhoria na colocação de implantes.

Kalaivani Gunalan *et al.* (2020) e Lin Chia-cheng *et al.* (2020) também abordam a cirurgia de implante assistida por computador com enfoques diferentes. Kalaivani Gunalan *et al.* (2020) realizaram uma revisão de literatura que abrange a evolução histórica e as tecnologias atuais, explorando sistemas de navegação estática e dinâmica, e discutindo a precisão e os resultados dos procedimentos guiados por computador em comparação com métodos convencionais. Lin Chia-cheng *et al.* (2020) conduziram um estudo prospectivo focado no fluxo de trabalho totalmente digital para o planejamento guiado estático de cirurgias de implantes, utilizando tomografia computadorizada e varreduras intraorais para planejar virtualmente os implantes. Seus resultados destacaram a necessidade de protocolos precisos para planejamento e colocação, apontando

discrepâncias no ápice dos implantes. Ambos os estudos enfatizam a importância da precisão e destacam a necessidade contínua de pesquisa e desenvolvimento para garantir resultados clínicos ótimos.

Chmielewski Krzysztof *et al.* (2019) e Jinmeng Li *et al.* (2017) analisam a precisão e os fatores que influenciam a colocação de implantes guiada por computador, mas com abordagens distintas. Chmielewski Krzysztof *et al*. (2019) focam na reabilitação protética imediata de arcada completa usando um fluxo de trabalho digital, destacando a precisão dos implantes colocados em relação ao planejamento original. Jinmeng Li *et al.* (2017) discutem os tipos de guias, métodos de design e fabricação, e a importância da coleta de informações pré-operatórias. Eles identificam fatores que influenciam a precisão, como a produção das guias, o número de parafusos de fixação, a experiência do cirurgião e a estabilidade da broca. Ambos os estudos destacam a importância da precisão na colocação de implantes guiada por computador e sublinham a necessidade de inovação contínua e ensaios clínicos robustos.

O'connor Miriam *et al.* (2019) e Chackartchi Tali *et al.* (2022) investigam aspectos críticos do planejamento e execução de implantes dentários guiados por computador. O'connor Miriam *et al*. (2019) conduzem um experimento in vitro para avaliar a influência de mock-ups digitais e da experiência do operador na precisão do posicionamento de implantes dentários, destacando que o uso de mock-ups digitais melhora significativamente a precisão do planejamento. Chackartchi Tali *et al.* (2022) focam na minimização de erros na cirurgia guiada de implantes e na otimização dos resultados, discutindo abordagens estática e dinâmica. Ambos os estudos sublinham a importância da tecnologia digital no planejamento e execução de implantes dentários.

Kernen Florian *et al.* (2020) e Flügge Tabea *et al.* (2022) analisam sistemas comerciais de software de planejamento virtual para cirurgia guiada de implantes. Kernen Florian *et al.* (2020) ampliam a análise, investigando a integração das ferramentas para configuração protética e a interação com softwares laboratoriais. Ambos os estudos destacam a complexidade e a

variabilidade dos softwares de planejamento para cirurgia guiada de implantes, sugerindo áreas para aprimoramento para oferecer uma experiência mais abrangente e precisa.

Kraft Bruno *et al.* (2020) e Tallarico Marco *et al.* (2017) investigaram diferentes aspectos da cirurgia guiada por computador para a colocação de implantes dentários. Kraft Bruno *et al.* (2020) compararam a precisão entre a cirurgia totalmente guiada e parcialmente guiada para implantes unitários em incisivos superiores, destacando diferenças sutis nos desvios lineares e angulares. Tallarico Marco *et al.* (2017) compararam métodos de obtenção de modelos (impresso digital vs. convencional) para planejamento de implantes, encontrando que ambos os métodos eram igualmente precisos. Ambos os estudos sublinham a importância da precisão no planejamento e colocação dos implantes e encontram que diferentes técnicas podem ser eficazes, destacando a flexibilidade nas abordagens para atender a diferentes necessidades clínicas.

Sarhan MM. *et al.* (2020) e Smitkarn Palita *et al.* (2019) exploraram a precisão na colocação de implantes dentários com diferentes enfoques. Sarhan MM. *et al.* (2020) investigaram a precisão dos protocolos de colocação de implantes parcialmente guiados em comparação com protocolos totalmente guiados, focando nos efeitos dos orifícios-guia em forma de C, e concluíram que ambas as técnicas são clinicamente precisas. Smitkarn Palita *et al.* (2019) compararam a precisão entre a cirurgia de implante totalmente guiada digitalmente e a cirurgia à mão livre, concluindo que a cirurgia assistida por computador oferece maior precisão, mas com menor estabilidade primária. Ambos os estudos destacam a importância da precisão na colocação de implantes dentários, explorando diferentes aspectos das técnicas guiadas por computador.

A principal convergência entre os estudos é a confirmação de que a tecnologia de planejamento virtual e guias cirúrgicas pode melhorar a precisão na colocação de implantes. A divergência reside na aplicação prática e nos resultados específicos em termos de estabilidade primária e necessidade clínica. Portanto, a escolha da técnica mais adequada deve

considerar tanto a precisão quanto a estabilidade primária desejada, adaptando-se às necessidades específicas de cada paciente.

Conclusão

Em conclusão, o planejamento digital na implantodontia emerge como uma ferramenta inovadora e essencial para alcançar resultados precisos e previsíveis.

A integração de tecnologias digitais, como a cirurgia guiada por computador e o uso de modelos virtuais, oferece aos profissionais uma visão aprimorada e controle aprofundado durante todas as fases do processo de implante dentário.

A capacidade de realizar uma análise detalhada da anatomia do paciente, planejar virtualmente a posição dos implantes e simular procedimentos antes da intervenção real contribui para aumentar a eficiência, reduzir riscos e otimizar os resultados clínicos.

No entanto, a complementaridade com abordagens convencionais, a consideração da condição específica do paciente e a contínua busca por aprimoramentos tecnológicos são elementos cruciais para o sucesso contínuo e a evolução do planejamento digital na implantodontia.

Referências Bibliográficas

Chackartchi T, Romanos GE, Parkanyi L, Schwarz F, Sculean A. Reducing errors in guided implant surgery to optimize treatment outcomes. Periodontol 2000. 2022 Feb;88(1):64-72. doi: 10.1111/prd.12411. PMID: 35103317.**

Chmielewski K, Ryncarz W, Yüksel O, Goncalves P, Baek KW, Cok S, Dard M. Image analysis of immediate full-arch prosthetic rehabilitations guided by a digital workflow: assessment of the discrepancy between planning and execution. Int J Implant Dent. 2019 Jul 15;5(1):26. doi: 10.1186/s40729-019-0179-1. PMID: 31304566; PMCID: PMC6626765.**

D'haese J, Ackhurst J, Wismeijer D, De Bruyn H, Tahmaseb A. Current state of the art of computer-guided implant surgery. Periodontol 2000. 2017 Feb;73(1):121-133. doi: 10.1111/prd.12175. PMID: 28000275.**

Flügge T, Kramer J, Nelson K, Nahles S, Kernen F. Digital implantology-a review of virtual planning software for guided implant surgery. Part II: Prosthetic set-up and virtual implant planning. BMC Oral Health. 2022 Jan 30;22(1):23. doi: 10.1186/s12903-022-02057-w. PMID: 35094677; PMCID: PMC8802526.**

Jinmeng L, Guomin O. [Accuracy of computer-guided implant placement and influencing factors]. Hua Xi Kou Qiang Yi Xue Za Zhi. 2017 Feb 1;35(1):93-98. Chinese. doi: 10.7518/hxkq.2017.01.015. PMID: 28326735; PMCID: PMC7030204.**

Kalaivani G, Balaji VR, Manikandan D, Rohini G. Expectation and reality of guided implant surgery protocol using computer-assisted static and dynamic navigation system at present scenario: Evidence-based literature review. J Indian Soc Periodontol. 2020 Sep-Oct;24(5):398-408. doi: 10.4103/jisp.jisp_92_20. Epub 2020 Sep 1. PMID: 33144766; PMCID: PMC7592620.

Kraft B, Frizzera F, de Freitas RM, de Oliveira GJLP, Marcantonio Junior E. Impact of fully or partially guided surgery on the position of single implants immediately placed in maxillary incisor sockets: A randomized controlled clinical trial. Clin Implant Dent Relat Res. 2020 Oct;22(5):631-637. doi: 10.1111/cid.12941. Epub 2020 Sep 1. PMID: 32875722.

Kernen F, Kramer J, Wanner L, Wismeijer D, Nelson K, Flügge T. A review of virtual planning software for guided implant surgery - data import and visualization, drill guide design and manufacturing. BMC Oral Health. 2020 Sep 10;20(1):251. doi: 10.1186/s12903-020-01208-1. PMID: 32912273; PMCID: PMC7488021.**

Lin CC, Wu CZ, Huang MS, Huang CF, Cheng HC, Wang DP. Fully Digital Workflow for Planning Static Guided Implant Surgery: A Prospective Accuracy Study. J Clin Med. 2020 Apr 1;9(4):980. doi: 10.3390/jcm9040980. PMID: 32244735; PMCID: PMC7231012.**

O'Connor Esteban M, Riad Deglow E, Zubizarreta-Macho Á, Hernández Montero S. Influence of the Digital Mock-Up and Experience on the Ability to Determine the Prosthetically Correct Dental Implant Position during Digital Planning: An In Vitro Study. J Clin Med. 2019 Dec 24;9(1):48. doi: 10.3390/jcm9010048. PMID: 31878241; PMCID: PMC7019304.**

Sarhan MM, Khamis MM, El-Sharkawy AM. Evaluation of the accuracy of implant placement by using fully guided versus partially guided tissue-supported surgical guides with cylindrical versus C-shaped guiding holes: A split-mouth clinical study. J Prosthet Dent. 2021 Apr;125(4):620-627. doi: 10.1016/j.prosdent.2020.02.025. Epub 2020 May 7. PMID: 32389377.

Smitkarn P, Subbalekha K, Mattheos N, Pimkhaokham A. The accuracy of single-tooth implants placed using fully digital-guided surgery and freehand implant surgery. J Clin Periodontol. 2019 Sep;46(9):949-957. doi: 10.1111/jcpe.13160. Epub 2019 Jul 19. PMID: 31241782.

Tallarico M, Xhanari E, Kim YJ, Cocchi F, Martinolli M, Alushi A, Baldoni EE, Meloni SM. Accuracy of computer-assisted template-based implant placement using conventional impression and scan model or intraoral digital impression: A randomised controlled trial with 1 year of follow-up. Int J Oral Implantol (Berl). 2019;12(2):197-206. PMID: 31090750.

Yi C, Li S, Wen A, Wang Y, Zhao Y, Zhang Y. Digital versus radiographic accuracy evaluation of guided implant surgery: an in vitro study. BMC Oral Health. 2022 Nov 24;22(1):540. doi: 10.1186/s12903-022-02585-5. PMID: 36424579; PMCID: PMC9694847. **