



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE
CAMPUS PROF. ANTÔNIO GARCIA FILHO
DEPARTAMENTO DE ODONTOLOGIA DE LAGARTO

BRUNO NASCIMENTO DIAS

CIRURGIA GUIADA NA IMPLANTODONTIA: UMA REVISÃO DE LITERATURA

LAGARTO - SERGIPE
2020

BRUNO NASCIMENTO DIAS

CIRURGIA GUIADA NA IMPLANTODONTIA: UMA REVISÃO DE LITERATURA

Trabalho de conclusão do curso de graduação apresentado a Universidade Federal de Sergipe, em cumprimento as exigências para obtenção como parte dos requisitos para formação do título de Cirurgião-dentista.

Orientador: Prof. Dr. Paulo Henrique Luiz De Freitas

LAGARTO - SERGIPE
2020

BRUNO NASCIMENTO DIAS

CIRURGIA GUIADA NA IMPLANTODONTIA: UMA REVISÃO DE LITERATURA

Trabalho apresentado ____/____/____.

Prof. Dr. Paulo Henrique Luiz De Freitas
Orientador- Departamento de Odontologia de Lagarto - UFS

Prof. Dr. Luiz Alves De Oliveira Neto
Avaliador- Departamento de Odontologia de Lagarto - UFS

Prof. Dr. Márcio Luiz Lima Taga
Avaliador- Departamento de Odontologia de Lagarto - UFS

LAGARTO - SERGIPE
2020

DEDICATÓRIA

Dedico esse trabalho aos meus pais João Batista e Eliana Carvalho. Graças a eles, me tornei um ser humano honesto, dedicado, educado e um profissional humanizado.

AGRADECIMENTO

Agradeço primeiramente a Deus pois, sem Ele, nada seria concretizado.

Aos meus pais João Batista e Eliana, por toda ajuda, carinho e por acreditar em mim.

Ao meu orientador Prof. Dr. Paulo Henrique, que foi essencial para minha formação, me ensinando todos os princípios cirúrgicos e me proporcionando a oportunidade de vê-lo operar com tanta destreza e maestria. Obrigado por todas as oportunidades, você foi a primeira pessoa a me dar a honra de acompanhá-lo em cirurgias! Sou grato eternamente pela confiança em mim depositada. Você foi a primeira pessoa que chamou minha atenção para alguns erros, sobre os quais trabalho diariamente buscando tornar-me uma pessoa cada dia melhor. Saiba que tenho grande admiração e respeito por você.

Não poderia deixar de agradecer aos demais professores que, por seu conhecimento e habilidade, ajudaram em minha formação.

Agradeço a meu amigo Isac por toda ajuda, bem como aos amigos de curso, colegas, técnicos, e aos meus pacientes, que me permitiram aprender e unir conhecimento teórico à técnica. Meu muito obrigado!

RESUMO

1. Introdução: Com os avanços da tecnologia na área odontológica, procedimentos até então considerados complexos e invasivos, conseguem ter hoje uma abordagem totalmente digitalizada, gerando praticidade, comodidade e custo benefício ao paciente e profissional, mesmo acrescentando-se algumas etapas clínicas prévias durante o planejamento. O uso da técnica de cirurgia guiada simplifica a execução dos procedimentos para instalação de implantes dentários e proporciona ótimos resultados clínicos. **2. Objetivos:** O objetivo do trabalho é ilustrar o histórico da cirurgia guiada na implantodontia e objetivos específicos explorar os tipos de guias cirúrgicos disponíveis e ressaltando o estágio atual deste conceito cirúrgico, além de ressaltar as vantagens e limitações do planejamento virtual na implantodontia. **3. Materiais e métodos:** Este trabalho consolidou-se de uma revisão integrativa da literatura. Para sua realização, procedeu-se uma pesquisa eletrônica em bases de dados bibliográficos, principalmente a base *PubMed*. Foram incluídos 15 artigos, dentre os quais 5 revisões sistemáticas, 4 metanálises, 5 estudos *in vivo*, *in vitro* e relatos de casos clínicos na língua inglesa. Foi incluída também uma dissertação de mestrado. **4. Revisão de literatura:** Para este trabalho foi feito uma revisão, discorrendo sobre o histórico da cirurgia virtual guiada, passando pelos avanços científicos e tecnológicos que culminaram no atual de desenvolvimento que a implantodontia se encontra. **5. Discussão:** A cirurgia guiada para inserção de implantes dentários é um procedimento seguro, contemporâneo, mas com indicações claras e passível de erros. O planejamento virtual oferece ao cirurgião dentista a capacidade de escolher o local, a orientação e as dimensões dos implantes, pilares e outros acessórios. Logo, parece que o planejamento virtual em implantodontia supera algumas das limitações da cirurgia convencional. **6. Conclusão:** O uso da tecnologia digital não elimina a necessidade de um bom julgamento clínico e de habilidade cirúrgica, uma vez que pode ser necessária a reversão para a cirurgia de implantes convencional em caso de complicações clínicas.

Palavras-chave: Cirurgia virtual guiada; Cirurgia guiada; Cirurgia assistida por computador

ABSTRACT

1. Introduction: With the advances in technology in the dental area, procedures previously considered complex and invasive, today they are able to have a totally digitalized approach, generating practicality, convenience and cost benefit to the patient and professional, even adding some previous clinical stages during the planning. The use of the guided surgery technique simplifies the execution of the procedures for the installation of dental implants and provides excellent clinical results. **2. Objectives:** The objective of the work is to illustrate the history of guided surgery in implant dentistry and specific objectives exploring the types of surgical guides available and highlighting the current stage of this surgical concept, in addition to highlighting the advantages and limitations of virtual planning in implant dentistry. **3. Materials and methods:** This work was consolidated from an integrative review of the literature. An electronic research in bibliographic databases, mainly the PubMed database, was performed. Fifteen articles were included, among which 5 systematic reviews, 4 metanalyses, 5 in vivo and in vitro studies and clinical case reports in English. A master's thesis was also included.

4. Literature review: For this work a review was made, discussing the history of guided virtual surgery, passing through the scientific and technological advances that culminated in the current development of implantology. **5. Discussion:** Guided surgery for insertion of dental implants is a safe, contemporary procedure, but with clear indications and susceptible to errors. Virtual planning offers the dentist the ability to choose the location, orientation and dimensions of implants, abutments and other accessories. Therefore, it seems that virtual implant planning overcomes some of the limitations of conventional surgery.

6. Conclusion: The use of digital technology does not eliminate the need for good clinical judgment and surgical ability, since it may be necessary to revert to conventional implant surgery in case of clinical complications.

Keywords: Virtual guided surgery; Guided surgery; Computer assisted surgery.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	9
2. OBJETIVOS.....	11
3. MATERIAIS E MÉTODOS.....	12
4. REVISÃO LITERATURA.....	13
4.1 DESENVOLVIMENTO HISTÓRICO	13
4.2 PLANEJAMENTO VIRTUAL	15
4.3 TIPOS DE CIRURGIA.....	17
4.4 NOVOS DESENVOLVIMENTOS.....	20
5. DISCUSSÃO	21
6. CONCLUSÃO	24
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	25

1. INTRODUÇÃO

A cirurgia virtual guiada advém de procedimentos na área da neurocirurgia. Após avanços do conceito nessa especialidade médica, algumas adaptações foram feitas de forma a permitir seu uso na Odontologia. Enquanto o planejamento digital permite o diagnóstico preciso da área que receberá o implante, o uso da técnica de cirurgia guiada simplifica a execução dos procedimentos para instalação de implantes dentários e proporciona ótimos resultados clínicos.

O uso da tomografia computadorizada de feixe cônico (TCFC) para a instalação de implantes dentários possibilita o planejamento digital, a concepção e a fabricação dos guias cirúrgicos. No entanto, em cada etapa do fluxo digital - inclusive no procedimento cirúrgico - erros podem influenciar a precisão dos resultados (Widmann G, Bale RJ.2006; Behneke A, Burwinkel M, Behneke N. 2012). Tais erros podem incluir o desalinhamento da TCFC com os arcos digitalizados, erros durante a aquisição das imagens ou montagem imprecisa do guia (Widmann G, Bale RJ.2006. Widmann G, et al., 2016; Van Assche N, Quirynen M.2010). Além disso, o nível de precisão é afetado pelo grau de estabilidade do guia cirúrgico, que podem ser suportados por osso, mucosa ou dentes. Os diferentes sistemas e fluxos de trabalho cirúrgico (totalmente guiado, guia piloto, colocação de implantes dentários à mão livre) e o uso de múltiplas guias cirúrgicas afetarão a precisão dos resultados (Tahmaseb A, et al., 2014; Vercruyssen M, et al., 2014; Sicilia A, Botticelli D. 2012).

A transferência do plano de tratamento virtual para o paciente foi possível graças à revolucionária técnica CAD/CAM utilizada em duas propostas distintas (Winter AA et al., 2005): 1) estático ou baseado em sistema de modelos, que comunica áreas pré-determinadas usando guias cirúrgicos fabricados através de tecnologias de prototipagem rápida como a estereolitografia ou a fresagem por computador (Kobayashi K, et al., 2004), e 2) dinâmico ou de navegação cirúrgica assistida por computador, que transfere o plano de tratamento virtual para o campo cirúrgico por meio de ferramentas de visualização num monitor, ao invés de fazê-lo por meio de guias intra-orais (Jung RE et al., 2009).

Dentre os benefícios clínicos da cirurgia virtual guiada, podemos destacar a redução do tempo cirúrgico e uma menor taxa de complicações, que por sua vez recebe uma melhor aceitação e satisfação dos pacientes nos resultados finais (Tahmaseb A, et al., 2018; D'Haese J, et al. 2012). Além disso, há nítida vantagem do ponto de vista de planejamento da técnica cirúrgica, com uma consequente redução no tempo cirúrgico e na morbidade associada ao procedimento (Woitchunas G., 2008. Aimi F.,2014; Anchieta M.,2009). Estudos prospectivos têm demonstrado que o uso de modelos virtuais 3D traz vantagens no diagnóstico e troca de informação entre profissionais (Menezes P., Sarmento V. e Lamberti P.,2008).

Novos avanços nas áreas de *software* e *hardware* têm melhorado significativamente a aquisição e o processamento de dados. A melhora das imagens de tomografia computadorizada de feixe cônico permite uma observação mais realista da estrutura óssea, fornecendo melhores informações sobre a densidade óssea e permitindo a previsão da estabilidade dos implantes ainda na fase de planejamento virtual (Sennerby L, et al., 2015). Além disso, os *scanners* intra-orais podem capturar com alto grau de fidelidade a morfologia dos dentes e dos tecidos moles bucais. Por outro lado, os mais recentes *softwares* de planejamento permitem a realização de um enceramento digital do planejamento protético, facilitando a avaliação e modificação de propostas terapêuticas de forma rápida e financeiramente eficiente.

2. OBJETIVO

O objetivo geral do presente trabalho é ilustrar o histórico da cirurgia guiada na implantodontia e como objetivos específicos explorar os tipos de guias cirúrgicos disponíveis e ressaltar o estágio atual deste conceito cirúrgico, além de ressaltar as vantagens e limitações do planejamento virtual na implantodontia.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

Este estudo constitui-se de uma revisão integrativa da literatura sobre o tema já introduzido. Para sua realização, procedeu-se uma pesquisa eletrônica em bases de dados bibliográficos, principalmente a base *PubMed*. As bases de dados *EBSCO Discovery Service* e *Dentistry & Oral Sciences Sources* foram utilizadas secundariamente na tentativa de encontrar artigos específicos e/ou artigos indisponíveis gratuitamente na *PubMed*. Os artigos científicos foram selecionados por níveis de evidência científica (graus de recomendação A B e C). Não houve crivo com relação ao tipo de artigo científico, tendo sido incluídos relatos e séries de casos clínicos, revisões sistemáticas, metanálises, estudos *in vivo* e *in vitro* centrados no tema “cirurgia guiada de implante”.

A pesquisa foi realizada através da combinação dos seguintes termos: “dental implants”, “guided surgery”, “computer-guided surgery”, “computer-aided surgery”, “immediate loading”, “delayed loading” com os operadores booleanos “OR” e “AND”.

Foram incluídos 15 artigos, dentre os quais 5 revisões sistemáticas, 4 metanálises, 5 estudos *in vivo*, *in vitro* e relatos de casos clínicos na língua inglesa. Foi incluída também uma dissertação de mestrado.

4. REVISÃO LITERATURA

4.1 DESENVOLVIMENTO HISTÓRICO

A era da radiografia iniciou-se no final do século 19, quando Wilhelm Roentgen descobriu os raios X através do estudo de luminescência por raios catódicos. Após um período de desenvolvimento e aprimoramento daquela tecnologia, surgiu uma modalidade imaginológica utilizada até hoje para avaliar estruturas anatômicas internas de forma não-invasiva.

Com a evolução da imaginologia, ainda na década de 1970 vários autores relataram o uso combinado da estereolitografia e da tomografia computadorizada (Brown RA et al., 1979; Walsh PR et al., 1980). Estudos pioneiros com softwares interativos foram desenvolvidos e utilizados para guiar uma sonda precisamente a um alvo que tinha sido identificado em um exame tomográfico permitindo, por exemplo, o tratamento de abcessos cerebrais profundos por aspiração, com uma agulha sendo guiada para dentro da região infectada (Solomon W, 1996.).

Em 1992, surge o primeiro relato de navegação cirúrgica na neurocirurgia (Dyer PV al et. 1995, Sipos EP et al., 1996), utilizando um sistema sem moldura, o chamado '*Viewing Wand*'. Tal sistema foi desenvolvido como um complemento aos exames de imagem convencionais à época, e permitia o planejamento cirúrgico e navegação durante o procedimento. O sistema *Wand* representou um marco na cirurgia guiada, na medida em que permitiu abordagens cirúrgicas através da realidade virtual. O benefício clínico primário do sistema *Wand* foi o melhoramento da navegação cirúrgica e segurança para o paciente durante a intervenção, viabilizando a localização precisa do sítio cirúrgico e a determinação do tamanho ideal da incisão para ressecções cirúrgicas (Dyer PV et al., 1995).

No entanto, a cirurgia estereotáxica ainda era necessária para localizar áreas pequenas e profundas em procedimentos como talamotomia e palidotomia (Sipos EP et al., 1996). Logo após a introdução da cirurgia estereotáxica sem moldura, novas

oportunidades foram criadas para esta técnica, uma vez que se descobriu que ela poderia ser usada para navegação na cirurgia da coluna cervical superior (Schlenzka D; Laine T; Lund T, 2000).

Nos 5 anos seguintes, várias empresas introduziram produtos semelhantes de navegação cirúrgica e a tecnologia também se tornou aplicável a outros procedimentos cirúrgicos como a cirurgia do pescoço (Gunkel AR; Freysinger W; Thumfart WF, 2000), cirurgia dos seios cerebrais (Carpenter S, 2000), cirurgia da coluna vertebral (Schlenzka D; Laine T; Lund T, 2000) e artroscopias (Dario P; Carrozza MC; Marcacci M, 2000).

Paralelamente ao avanço na área médica, em 1988, na Colômbia, Glen Burnie apresentou um software que convertia os cortes axiais da tomografia computadorizada em imagens transversais do alvéolo dental, trazendo uma série de novas possibilidades diagnósticas. Em 1991, surgiu um software de combinação, o ImageMaster-101, que tinha como diferencial a possibilidade de colocar imagens gráficas que representavam os implantes dentários nas imagens transversais. Em 1993, novas atualizações foram instaladas, permitindo a colocação nas dimensões exatas dos implantes em cortes transversais, axiais e em reconstruções panorâmicas de imagens de tomografia computadorizada.

De 1999 a 2002, surgiu a possibilidade de criar um objeto tridimensional e associá-lo às imagens tomográficas de modo a permitir o controle da profundidade e da direção das osteotomias através de um guia cirúrgico. Desde então, várias empresas de implantes introduziram o seu próprio software para permitir a criação de guias cirúrgicos, viabilizando a prática conhecida e disseminada hoje como cirurgia guiada.

O advento da tomografia computadorizada de feixe cônico (TCFC), em combinação com ferramentas de reconstrução das imagens em modelos tridimensionais virtuais, levou a um grande avanço no planejamento virtual na implantodontia. A TCFC possui vantagens como baixa dose de radiação em comparação aos tomógrafos helicoidais e acessibilidade ao profissional (Loubele M et al., 2009). Suas limitações incluem baixo contraste e distorção dos tecidos moles, além das distorções causadas por movimentos do paciente (Pettersson A, Komiyama A, Hultin M, et al., 2012) ou por artefatos derivados de materiais de alta densidade,

tais como restaurações metálicas e implantes (Tadinada A, et al., 2015; Schulze RK et al., 2010). Essas distorções afetam a qualidade da imagem produzida e, portanto, influencia a precisão da instalação de implantes por meio de cirurgias guiadas.

4.2 PLANEJAMENTO VIRTUAL

A combinação do uso da TCFC com *software* de reconstrução tridimensional de imagens médicas tornou possível planejar virtualmente a posição ideal dos implantes dentários, levadas em consideração a necessidade protética, bem como a proximidade com estruturas anatômicas nobres. Assim como os implantes revolucionaram as reabilitações dentárias, a tecnologia dos programas computacionais associada à aquisição de imagens médicas (ressonância magnética ou TC) proporcionaram a geração de imagens tridimensionais de alta qualidade que permitem a visualização, análise e manipulação de estruturas anatômicas. Tais tecnologias permitem aos cirurgiões-dentistas uma melhor e maior interatividade no planejamento virtual dos implantes dentários (Aimi F., 2014. Antas A., 2007).

Para que seja possível reconstruir digitalmente e visualizar as imagens adquiridas em tomógrafos ou aparelhos de ressonância magnética, é necessário que estas imagens bidimensionais sejam convertidas para um formato padrão denominado DICOM (*Digital Imaging and Communications in Medicine*). Assim, as imagens médicas podem ser importadas para softwares de visualização possibilitando, de acordo com a necessidade do profissional, a criação de modelos tridimensionais normalmente exportados em formato STL (*Stereolithography*) ou OBJ (*Wavefront 3D Object*).

No planejamento para inserção de implantes dentários, a manipulação desses arquivos consiste na orientação espacial do arquivo DICOM, identificação da curva panorâmica, identificação e segmentação do nervo alveolar inferior e alinhamento dos conjuntos de dados da TCFC e de superfícies (escaneamento de modelos ou intraorais). Os arquivos são alinhados através da seleção da área anatômica e das superfícies dentais ou marcadores fiduciais. Cabe frisar que desalinhamento entre os

conjuntos de dados DICOM e STL pode ser uma possível fonte de erro na inserção do implante.

Alinhados os modelos tridimensionais, o enceramento da futura prótese - virtual ou decorrente de escaneamento de enceramento físico - permitirá o posicionamento virtual dos implantes e a consequente produção de um guia cirúrgico e a prótese fiel a esse planejamento.

O planejamento virtual de implantes permite escolher o tipo e tamanho do implante na biblioteca da maioria dos softwares destinados a esse fim. A posição e o eixo do implante são ajustados pelo operador de acordo com o osso disponível e com as necessidades protéticas do caso. No caso de implantes múltiplos, por exemplo, o paralelismo pode ser obtido de forma mais previsível. Além disso, a possibilidade de uma abordagem conservadora (sem cirurgia aberta ou sem necessidade de aumento ósseo) podem ser avaliadas pelo profissional responsável pelo caso clínico.

A fabricação dos guias cirúrgicos é possível por meio de manufatura aditiva ou fresagem, o que ocorre em duas etapas: a virtual, com a criação de um modelo computacional, e a física, com a fabricação do biomodelo (Garbelim J.,2011). Dentre as várias tecnologias de fabrico aditivo para a confecção de guias cirúrgicos, temos 1) a estereolitografia (SLA), 2) a sinterização seletiva por laser (SLS), 3) Prototipagem rápida, e 4) a Técnica de fotopolimerização.

A utilização de guias cirúrgicos para a instalação de implantes dentários traz como vantagens a redução do tempo cirúrgico, do volume de anestésico local e do custo da cirurgia. Por outro lado, a análise da condição anatômica do paciente e a simulação computacional do procedimento evitam ou diminuem eventuais complicações, facilitando o processo de comunicação entre o profissional e o paciente. Além disso, a cirurgia guiada torna mais previsível a obtenção de resultados funcionais e estéticos (Safira L., Azevedo R., et. al.,2010; Filho A., 2010; Menezes P., Sarmento V. e Lamberti P., 2008; Antas A., 2007). O planejamento virtual em implantodontia, ou cirurgia guiada, tem por objetivo transferir a posição virtual do implante, planejada a partir do computador, para a cavidade bucal do paciente. Além disso, dispositivos de digitalização intra-orais começaram recentemente a contribuir para esta nova abordagem de tratamento.

Estudos prospectivos têm demonstrado que os modelos 3D trazem vantagens para o diagnóstico, para a troca de informação eficaz entre os profissionais (Menezes P., Sarmento V. e Lamberti P., 2008), para os esclarecimentos aos pacientes e para a redução do tempo cirúrgico e na morbidade do paciente (Woitchunas G., 2008; Aimi F et al., 2014; Anchieta M., et al., 2015).

A cirurgia de implante guiada simplifica a execução de procedimentos para colocação de implantes e proporciona ótimos resultados clínicos. O planejamento digital permite a determinação precisa de um local para instalação do implante, bem como a visualização virtual da restauração protética final. Assim, os benefícios clínicos incluem a redução do tempo cirúrgico, uma menor taxa de complicações e maior aceitação e satisfação dos pacientes. No entanto, todos os pressupostos das vantagens da cirurgia de implantes guiados em relação às cirurgias tradicionais dependem da precisão da execução do plano virtual (Tahmaseb A; Wu V; Wismeijer D et al., 2018; D'Haese J, Van De Velde T; Komiyama A, et al., 2012.).

4.3 TIPOS DE CIRURGIA GUIADA

A cirurgia de implantes guiada pode ser classificada como dinâmica ou estática. As cirurgias guiadas dinâmicas foram introduzidas no campo da implantodontia no início dos anos 2000. A abordagem dinâmica, também chamada de navegação se refere ao uso de um sistema de navegação cirúrgica que reproduz a posição do implante virtual diretamente a partir de dados da tomografia computadorizada e permite mudanças intra-operatórias da posição do implante (Jung R; Schneider D; Ganeles J et al., 2009; Tahmaseb A, et al., 2014).

Estes sistemas dinâmicos permitem que a perfuração com brocas seja acompanhada em tempo real, dando ao cirurgião a capacidade de ajustar o posicionamento do implante durante o ato operatório (Jung RE, Schneider D, Ganeles J, et al., 2009). A principal desvantagem dos sistemas de navegação dinâmica auxiliados por computador é a dificuldade em coordenar a visão direta do campo cirúrgico com a visualização do sistema de navegação durante o procedimento.

No entanto, dispositivos de realidade aumentada podem ser usados para exibir a imagem virtual do sistema de navegação dinâmica sem que o cirurgião perca de vista o campo cirúrgico (Pellegrino, G et al., 2019; Gargallo-Albiol, J et al., 2019). Outras desvantagens incluem o alto investimento e a necessidade de qualificação e treinamento profissional extensivo para sua aplicação. Assim, este método - embora muito interessantes em perspectiva - atualmente não tem a praticidade da cirurgia guiada estática.

A abordagem da cirurgia guiada estática é baseada nos dados tridimensionais (3D) obtidos através da tomografia computadorizada de feixe cônicos (TCFC) e da digitalização óptica de modelos ou intraoral, sobre os quais são aplicados os conceitos de *computer-aided design/and computer-aided manufacturing* (CAD/CAM) para o planejamento virtual dos implantes e fabricação dos guias cirúrgicos (Jung RE, Schneider D, Ganeles J, et al., 2009). Portanto, a precisão na colocação do implante depende diretamente do desenho e processo de fabricação da férula cirúrgica; se houver uma imprecisão durante o processo de fabricação, isto pode levar a complicações intra-operatórias (Widmann, G.; Bale, R.J. 2006).

A fabricação dos guias cirúrgicos pode ser feita através de fresagem, de impressão tridimensional, de prototipagem rápida ou usando técnicas de fotopolimerização baseada em imagiologia tridimensional. A base para a fabricação do guia cirúrgico é o modelo inalterado inserido no software de planejamento. O mais recente avanço na produção dos guias cirúrgicos é a sobreposição dos modelos gerados por meio da tomografia computadorizada digital e do escaneamento intra-oral.

Um guia cirúrgico é composto pela união de dois componentes: a superfície de contato com dentes e/ou mucosa e os cilindros guia. A superfície de contato repousa sobre osso e/ou dentes e os cilindros, como guias de perfuração, ajudam na transferência do planejamento virtual para a realidade cirúrgica, guiando a fresa na localização e angulação exatas. O implante deve ser colocado de maneira que as laterais e a parte inferior estejam completamente rodeadas por osso ou por material de substituição óssea. Além disso, há de se ter cuidado para que nenhuma estrutura anatômica vizinha seja danificada, particularmente o nervo mandibular e a membrana

do seio maxilar. É fundamental, também, que a posição do implante esteja de acordo com a restauração protética desejada (Aimi F., 2014).

O guia cirúrgico em implantodontia tem os seguintes objetivos (Monteiro F., 2014):

1. Fornecer ao cirurgião dentista a localização mais ideal e precisa para os implantes e para os pilares protéticos de modo a definir o perfil de emergência da prótese final. Para a determinação da angulação e localização dos implantes é necessário seguir os critérios de estética, a morfologia oclusal e os princípios biomecânicos, obtidos através do diagnóstico feito previamente ao ato cirúrgico;
2. Permitir o correto direcionamento das brocas durante a fresagem óssea. Para que seja eficaz, o guia tem que estar fixado nos dentes ou na mucosa adjacente;
3. Servir como localizador no segundo estágio cirúrgico, com o objetivo de determinar o local preciso dos implantes submersos, diminuindo a morbidade da reabertura para instalação dos pilares protéticos; e
4. Fornecer a orientação de locais alternativos para os implantes, uma vez que a morfologia óssea real pode não ser inteiramente compatível com a obtida em exames complementares.

Estes objetivos podem ser atingidos de modo mais eficiente quando o guia cirúrgico apresenta fidelidade dimensional, é suficientemente rígido e está firmemente suportado pelo rebordo ou pela dentição residual.

Em geral, os guias cirúrgicos são classificados de acordo com suas superfícies de suporte, como se segue:

- Dento-suportado (suportado pelos dentes remanescentes);
- Muco-suportado (suportado por mucosa, principalmente em pacientes totalmente edêntulos);
- Ósseo-suportado (suportado no osso após elevação de um retalho mucoperiosteal); e
- Suportado por mini implantes, parafusos ou pinos (Tahmaseb A, et al., 2009; Tahmaseb A, et al., 2014).

Alguns protocolos de utilização dos guias cirúrgicos são descritos na literatura. Enquanto uns sistemas exigem vários guias consecutivos para lidar com um diâmetro

de broca crescente durante a cirurgia (Di Giacomo G et al., 2009), outros utilizam um só guia com instrumentos anilhados intercambiáveis e de diâmetros ajustáveis para perfurações sequenciais (Tahmaseb A, et al., 2009).

Além disso, alguns sistemas possibilitam a preparação com osteotomia e a colocação do implante (protocolo totalmente guiado), enquanto outros apenas permitem osteotomia guiada com instalação do implante à mão livre.

Portanto, os guias cirúrgicos permitem a transferência do planejamento virtual para a inserção dos implantes em boca, especialmente quando o profissional utiliza guias cirúrgicos dento-suportados (Geng W et al., 2015; Ozan O, et al., 2009; Tahmaseb A et al., 2014). O planejamento virtual do qual deriva o guia cirúrgico permite a predeterminação do eixo de inserção da prótese e do pilar protético, e até mesmo a fabricação pré-cirúrgica de pilares individualizados. Um planejamento virtual preciso pode evitar a necessidade de procedimentos de enxertia ou regeneração óssea, passos que aumentam a duração e a morbidade do tratamento (Fortin T, Isidori M, Bouchet H. 2009).

4.4 NOVOS DESENVOLVIMENTOS

Recentes avanços tecnológicos em termos de software e hardware têm melhorado significativamente a aquisição e processamento de dados, trazendo novas informações importantes como aquelas sobre densidade óssea, que permitem prever a estabilidade dos implantes ainda na fase de planejamento (Sennerby L, et al., 2015.). Além disso, os scanners intra-orais podem capturar a morfologia dos tecidos moles orais e a estrutura dos dentes.

A sobreposição de arquivos de escaneamento intra-oral e de TCFC por meio de sobreposição em softwares de planejamento fornece uma representação tridimensional quase completa da situação a ser encontrada na cavidade bucal. Além disso, novos softwares de planejamento permitem a criação de um enceramento digital do planejamento protético, permitindo inclusive determinar a necessidade de manipulação dos tecidos moles. Com base nesse conjunto de dados, a fabricação de guias cirúrgicos mais precisos pode resultar em uma colocação mais confiável do implante do que aquela obtida com técnicas pregressas. Além disso, a produção dos

guias cirúrgicos *in-office* já é realidade, haja visto a maior disponibilidade e menor custo das impressoras 3D atuais.

O planejamento virtual em implantodontia produz resultados altamente precisos por permitir a colocação dos implantes nas posições protéticas corretas, evitando danos em estruturas anatômicas importantes, tais como nervos, raízes ou seios maxilares (Andoni J 2018.), além de melhorar a comunicação entre profissionais e entre profissionais e pacientes.

5. DISCUSSÃO

A cirurgia guiada para inserção de implantes dentários é um procedimento seguro, contemporâneo, mas com indicações claras e passível de erros. Durante sua realização é necessário que o profissional se mantenha atento, especialmente nas cirurgias sem retalho (*flapless*) e com guias muco-suportados, para reduzir o risco de erro no posicionamento dos implantes. Um dos fatores que afeta a precisão da cirurgia guiada é a estabilidade do guia cirúrgico. Por ser extremamente precisa, o planejamento da cirurgia guiada é muitas vezes levado ao limite e, portanto, quaisquer pequenos desvios podem causar erros cirúrgicos e lesões iatrogênicas graves. Outro fator que afeta a precisão da cirurgia é o ângulo correto de inserção das brocas de perfuração nos respectivos tubos-guia, por vezes limitado em função de limitações de abertura bucal. Em 2,3% dos casos, existe uma distância interoclusal limitada na área posterior da maxila (Schneider, D al et., 2009). Um terceiro fator que afeta a precisão da cirurgia guiada é o volume e a arquitetura óssea nas áreas atróficas do osso mandibular, juntamente com os potenciais micromovimentos da mucosa no ato cirúrgico (Schneider, D et al., 2009; D'Haese, J et al., 2009).

O planejamento virtual oferece ao cirurgião dentista a capacidade de escolher o local, a orientação e as dimensões dos implantes, pilares e outros acessórios. Possibilita o planejamento reverso da coroa protética planeja com perfil de emergência do implante, também podem ser visualizadas e ajustadas. Logo, parece que o planejamento virtual em implantodontia supera algumas das limitações da cirurgia convencional (Lal et al., 2006). Vários sistemas virtuais de planejamento e cirurgia guiada estão disponíveis no mercado. Cada um tem particularidades que devem ser

levadas em consideração pelo cirurgião, de acordo com indicação terapêutica, relação custo-benefício e curva de aprendizado para uso clínico.

Diversas vantagens da cirurgia guiada para inserção de implantes dentários foram relatadas, incluindo: (1) cirurgia sem retalho com consequente diminuição do tempo cirúrgico e morbidade do paciente; (2) preservação da estrutura dos tecidos moles e volume de tecidos duros no local da cirurgia; (3) integração dos determinantes restauradores no planejamento cirúrgico, resultando em um resultado protético mais estético, funcional e previsível; e (4) simplificação do procedimento cirúrgico sensível à técnica e dependente do operador (Valente F, Schioli G, Sbrenna A. 2009.). Por outro lado, a cirurgia guiada tem algumas desvantagens: (1) a incapacidade de visualizar estruturas anatômicas diretamente, (2) o aumento do risco de desvio de eixo e profundidade durante a colocação do implante, (3) diminuição da capacidade de contornar a topografia do maxilar quando necessário para fins protéticos, e 4) possibilidade de superaquecimento da broca durante a perfuração (Ersoy AE, et al., 2008).

As abordagens convencional para a inserção de implantes, quando comparada à cirurgia guiada, também apresentam desvantagens como: possível perda dimensional da crista óssea alveolar e recessões gengivais esteticamente desagradáveis devido à diminuição do suprimento sanguíneo supraperiosteal resultante da elevação de retalho; perda sanguínea pós-operatória e hemorragias; aumento da morbidade; e desconforto para o paciente (Wood DL, et al., 1972; Rousseau P. 2010).

A cirurgia sem retalho tem sido defendida como forma de contornar essas desvantagens. Além disso, a cirurgia guiada traz o benefício de controlar a reabsorção óssea associada à interrupção do suprimento sanguíneo periosteal (Araújo et al. 2005), diminuindo o desconforto pós-operatório e a morbidade cirúrgica (Fortin et al., 2006; Arisan et al., 2010). Do ponto de vista clínico, a intervenção cirúrgica sem retalho facilita, por exemplo, o tratamento de pessoas ansiosas ou que fazem uso diários de anticoagulantes (Sclar AG, 2007). A cirurgia sem retalho produz menos inchaço e dor no paciente, com redução do sangramento intraoperatório e diminuição do tempo cirúrgico. Pode-se destacar também como vantagem a desnecessidade de suturas, preservando-se a arquitetura dos tecidos moles e o volume dos tecidos duros, bem como a manutenção do suprimento sanguíneo apropriado, permitindo assim ao

paciente restaurar os procedimentos normais de higiene bucal imediatamente (Brodala N. et al. 2009).

Uma maior frequência de discrepâncias entre as posições planejadas e reais dos implantes parecem estar relacionadas com uma menor densidade óssea, ou seja, desvios são mais comuns em ossos menos compactos (Ozan et al. 2009; Valente et al. 2009; Vasak et al. 2011). Entretanto, erros podem ser causados pelos diferentes tipos de guias: os guias cirúrgicos dento-suportados levaram a uma maior precisão posicional na instalação do implante do que os guias muco-suportados, pois estes apresentam micro-movimentos mesmo quando fixado com pinos (Mora et al., 2014; Gallardo Raico et al., 2017; Tahmaseb A, et al., 2014, Tahmaseb A, et al., 2018).

Por mais que a cirurgia guiada apresente taxas de sucesso altíssimas, é fundamental ter em mente que erros podem acontecer não só no momento cirúrgico, mas sim durante o planejamento virtual e a produção do guia. O processo de planejamento envolve o escaneamento e a segmentação dos tecidos orais, e qualquer deficiência na resolução influenciará a precisão do desenho virtual na fabricação dos guias (Horwitz J, et al., 2009; Widmann G, et al., 2016). Os guias são produzidos a partir da impressão 3D ou fresagem, e ambas as técnicas de fabricação são suscetíveis a erros relacionados aos aspectos dimensionais dos guias (Abduo J, et al., 2014; Sommacal B, et al., 2018), que pode afetar a adaptação intra-oral e a orientação do tubo-guia. Uma manga mal-posicionada pode influenciar na profundidade de perfuração e precisão da cirurgia guiada (El Kholy K, et al., 2019). Além disso, a presença de detritos dentro da osteotomia pode impedir o assentamento completo do implante (Marheineke N, et al., 2018). Clinicamente, os possíveis indutores de erro são a movimentação da guia cirúrgica, a visibilidade limitada devido à presença de sangue e o acesso visual limitado (Bover-Ramos F, et al., 2018; Jung RE et al., 2009).

6.CONCLUSÃO

Dado o exposto, o planejamento virtual e a cirurgia guiada para instalação de implantes dentários são ferramentas excelentes, pois possibilitam controle na instalação do implante, segurança na determinação da distância entre implantes e estruturas nobres, e previsibilidade espacial em relação à coroa protética planejada. A cirurgia totalmente guiada mostrou ser muito eficiente, garantindo mínimos erros de angulação e posicionamento independente da experiência profissional. O guia dento-suportado apresentou com uma melhor precisão comprado ao muco-suportado. Contudo o uso da tecnologia digital não elimina a necessidade de um bom julgamento clínico e de habilidade cirúrgica, uma vez que pode ser necessária a reversão para a cirurgia de implantes convencional em caso de complicações clínicas.

7.REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

Ambrose J.; Hounsfield GN. Computerized transverse axial tomography. *Br J Radiol* 1973; 46: 148–149.

Aimi F., “Riabilitação em Implantodontia através de cirurgia guiada e carga imediata: Uma revisão da literatura,” Monografia para obtenção do título de Cirurgiã-Dentista em Odontologia da Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2014.

Antas A., “Utilização das tecnologias de Prototipagem Rápida na Área Médica,” Dissertação para obtenção do grau de Mestre em Design Industrial da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, 2007

Brodala N. Flapless surgery and its effect on dental implant outcomes. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2009;24 Suppl:118-25.

Brown RA. A stereotactic head frame for use with CT body scanners. *Invest Radiol* 1979; 14: 300–304.

Bover-Ramos F, Vina-Almunia J, Cervera-Ballester J, Penarrocha-Diago M, Garcia-Mira B. Accuracy of implant placement with computer-guided surgery: a systematic review and meta-analysis comparing cadaver, clinical, and in vitro studies. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 2018;33:101–15.

Carpenter S. Image-guided sinus surgery: navigation without road maps. *Semin Perioper Nurs* 2000; 9: 155–162.

Cassetta, M.; Di Mambro, A.; Giansanti, M.; Stefanelli, L.V.; Cavallini, C. The intrinsic error of a stereolithographic surgical template in im- plant guided surgery. *Int. J. Oral Maxillofac. Surg.* 2013, 42, 264–275

Dario P, Carrozza MC, Marcacci M, D'Attanasio S, Magnani B, Tonet O, Megali G. A novel mechatronic tool for computer-assisted arthroscopy. *IEEE Trans Inf Technol Biomed* 2000; 4: 15–29 2012; 14:527–37. 2015; 17: 844–853.

D'Haese, J.; Van De Velde, T.; Elaut, L.; De Bruyn, H. A Prospective Study on the Accuracy of Mucosally Supported Stereolithographic Surgical Guides in Fully Edentulous Maxillae. *Clin. Implant. Dent. Relat. Res.* 2009, 14, 293–303.

Dyer PV, Patel N, Pell GM, Cummins B, Sandeman DR. The ISG viewing wand: an application to atlanto-axial cervical surgery using the Le fort I maxillary osteotomy. *Br J Oral Maxillofac Surg* 1995; 33: 370–374.

El Kholy K, Janner SFM, Schimmel M, Buser D. The influence of guided sleeve height, drilling distance, and drilling key length on the accuracy of static computer-assisted implant surgery. *Clin Implant Dent Relat Res.* 2019; 21:101–7.

Ersoy AE, Turkyilmaz I, Ozan O, McGlumphy EA. Reliability of implant placement with stereolithographic surgical guides generated from computed tomography: clinical data from 94 implants. *J Periodontol* 2008; 79:1339-45.

Filho A., “Prototipagem em Implantodontia e cirurgia guiada,”, Monografia para obtenção do grau de Especialista em Odontologia do Centro de Pós-Graduação da CIODONTO, Rio de Janeiro, 2010

Fortin T, Isidori M, Bouchet H. Placement of posterior maxillary implants in Garbelim J., “Aplicação do processo de produção de próteses em ligas de Titânio,”, Monografia para obtenção do título de Especialista em Implantodontia da Faculdade Unidas do Norte de Minas Gerais, Funorte-Santo André, 2011.

Gallardo, Y.N.R.; Silva-Olivio, I.R.T.; Mukai, E.; Morimoto, S.; Sesma, N.; Cordaro, L. Accuracy comparison of guided surgery for dental implants according to the tissue of support: a systematic review and metaanalysis. *Clin. Oral Implant. Res.* 2016, 28, 602–612.

Gargallo-Albiol, J.; Barootchi, S.; Salomó-Coll, O.; Wang, H. Advantages and disadvantages of implant navigation surgery. A systematic review. *Ann. Anat.* 2019, 225, 1–10. [CrossRef] [PubMed]

Gunkel AR, Freysinger W, Thumfart WF. Experience with various 3-dimensional navigation systems in head and neck surgery. *Arch Otolaryngol Head Neck Surg* 2000; 126: 390– 395.

Hounsfield GN. Computed medical imaging. *Science* 1980; 210: 22–28 Wood DL, Hoag PM, Donnenfeld OW, Rosenfeld LD. Alveolar crest reduction following full and partial thickness flaps. *J Periodontol* 1972; 43:141-4.

Hounsfield GN. Computerized transverse axial scanning (tomography). 1 Description of system. *Br J Radiol* 1973; 46: 1016–1022.

Joda T, Derksen W, Wittneben JG, Kuehl S. Static computer-aided implant surgery (s-CAIS) analysing patient-reported outcome measures (PROMs), economics and surgical complications: a systematic review. *Clin Oral Implants Res.* 2018;29:359–73.

Keevil GM. The roentgen rays. *Br Med J* 1833; 1896: 433– 434. 32. Sclar AG. Guidelines for flapless surgery. *J Oral Maxillofac Surg* 2007;65(7 Suppl 1):20-32.

Marsh H. A case of Roentgen photography. *Br Med J* 1848; 1896: 1318–1320 Schlenzka D, Laine T, Lund T. Computer-assisted spine surgery. *Eur Spine J* 2000; 1: 57–64.

Marheineke N, Scherer U, Rucker M, von See C, Rahlf B, Gellrich NC, et al. Evaluation of accuracy in implant site preparation performed in single- or multi-step drilling procedures. *Clin Oral Investig.* 2018;22:2057–67.

Menezes P., Sarmento V. e Lamberti p., "Aplicação da prototipagem Rápida em Implantodontia." Vol.3,2008.

Mora MA , Chenin DL , Arce RM . Software tools and surgical guides in dental-implant-guided surgery. *Dent Clin North Am* 2014;58:597–626 .

Park SJ, Leesungbok R, Cui T, Lee SW, Ahn SJ. Reliability of a CAD/CAM surgical guide for implant placement: an in vitro comparison of surgeons' experience levels and implant sites. *Int J Prosthodont*. 2017;30:367–9.

Pellegrino, G.; Mangano, C.; Mangano, R.; Ferri, A.; Taraschi, V.; Marchetti, C. Augmented reality for dental implantology: A pilot clinical report of two cases. *BMC Oral Health* 2019, 19, 158–165. [CrossRef] [PubMed].

Pozzi A, Polizzi G, Moy PK. Guided surgery with tooth-supported templates for single missing teeth: a critical review. *Eur J Oral Implantol*. 2016;9:135–53.

Raico Gallardo YN , da Silva-Olivio IRT , Mukai E , Morimoto S , Sesma N , Cor-daro L . Accuracy comparison of guided surgery for dental implants according to the tissue of support: a systematic review and meta-analysis. *Clin Oral Implants Res* 2017;28:602–12 .

Rousseau P. Flapless and traditional dental implant surgery: an open, retrospective comparative study. *J Oral Maxillofac Surg* 2010;68:2299-306.

Rungcharassaeng K, Caruso JM, Kan JY, Schutyser F, Boumans T. Accuracy of computer-guided surgery: a comparison of operator experience. *J Prosthet Dent*. 2015;114:407–13.

Ruth, V.; Kolditz, D.; Steiding, C.; Kalender, W.A. Metal Artifact Reduction in X-ray Computed Tomography Using Computer-Aided Design Data of Implants as Prior Information. *Investig. Radiol.* 2017, 52, 349–359.

Safira L., Azevedo R., et. al., “Aplicação dos biomodelos de prototipagem rápida na Odontologia, confeccionados pela técnica da impressão tridimensional,” *Revista de Ciências Médicas e Biológicas*, 2010.

Schulz MC, Hofmann F, Range U, Lauer G, Haim D. Pilot-drill guided vs fullguided implant insertion in artificial mandibles-a prospective laboratory study in fifth-year dental students. *Int J Implant Dent.* 2019;5:23.

Schneider, D.; Marquardt, P.; Zwahlen, M.; Jung, R.E. A systematic review on the accuracy and the clinical outcome of computer-guided template-based implant dentistry. *Clin. Oral Implant. Res.* 2009, 20, 73–86.

Sipos EP, Tebo SA, Zinreich SJ, Long DM, Brem H. In Vivo accuracy testing and clinical experience with the ISG Viewing Wand. *Neurosurgery* 1996; 39: 202–204. Solomon W. The viewing wand - its introduction and uses. *Br J Theatre Nurs* 1996; 6: 11–14.

Tadinada A, Jalali E, Jadhav A, et al. Artifacts in cone beam computed tomography Schulze RK, Berndt D, d'Hoedt B. On cone-beam computed tomography artifacts

Tahmaseb A , Wismeijer D , Coucke W , Derkxen W . Computer technology applications in surgical implant dentistry: a systematic review. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2014;29(Suppl):25–42 .

Tahmaseb A , Wismeijer D , Coucke W , Derkxen W. The accuracy of static computer-aided implant surgery: A systematic review and meta-analysis. . *Clin. Oral Implant. Res.* 2018,23,10-20.

Tahmaseb, A.; De Clerck, R.; Eckert, S.; Wismeijer, D. Reference-based digital concept to restore partially edentulous patients following an immediate loading protocol: a pilot study. *Int. J. Oral Maxillofac. Implant.* 2011, 26, 707–717.

Valente F, Schirotoli G, Sbrenna A. Accuracy of computer-aided oral implant surgery: a clinical and radiographic study. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2009;24:234-42. with primary implant stability. *Clin Implant Dent Relat Res*7]

Van Assche, N.; Quirynen, M. Tolerance within a surgical guide. *Clin. Oral Implant. Res.* 2010, 21, 455–458. 23. Andoni J. Accuracy of mucosa supported guided dental implant surgery. *Clin. Case Rep.* 2018, 6, 2131–2139.

Vercruyssen, M.; Laleman, I.; Jacobs, R.; Quirynen, M. Computer supported implant planning and guided surgery: a narrative re- view. *Clin. Oral Implant. Res.* 2015, 26, 69–76.

Walsh PR, Larson SJ, Rytel MW, Maiman DJ. Stereotactic aspiration of deep cerebral abscesses after CT-directed labeling. *Appl Neurophysiol* 1980; 43: 205–209.

Widmann, G.; Bale, R.J. Accuracy in Computer-Aided Implant Surgery—A review. *Int. J. Oral Maxillofac. Implants* 2006, 21, 305–3