

GUILHERME SOARES DA SILVA

**NOVAS POSSIBILIDADES EM CIRURGIA VIRTUAL GUIADA: UMA
REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA**

CAMPO GRANDE

2019

GUILHERME SOARES DA SILVA

**NOVAS POSSIBILIDADES EM CIRURGIA VIRTUAL GUIADA: UMA
REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Clínicas Odontológicas da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, para obtenção do título de mestre.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Ellen Cristina Gaetti Jardim

CAMPO GRANDE

2019

GUILHERME SOARES DA SILVA

**NOVAS POSSIBILIDADES EM CIRURGIA VIRTUAL GUIADA: UMA
REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Clínicas Odontológicas da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, para obtenção do título de mestre.

Resultado: _____

Campo Grande (MS), _____ de _____ de _____.

BANCA EXAMINADORA

Prof^a. Dr^a. Ellen Cristina Gaetti Jardim (Presidente)

Faculdade de Odontologia da Universidade Federal do Mato Grosso do Sul/ UFMS

Prof. Dr. Júlio César Leite da Silva

Faculdade de Odontologia da Universidade Federal do Mato Grosso do Sul/ UFMS

Prof^a. Dr^a. Luciana Mara Negrão Alves

Faculdade de Odontologia da Universidade Federal do Mato Grosso do Sul/ UFMS

DEDICATÓRIA

A Deus por me conduzir com sabedoria em cada passo da minha vida. Aos meus pais que sempre estiveram ao meu lado me apoiando em cada dificuldade e pela oportunidade que me deram de estudar.

AGRADECIMENTOS

- A CAPES: O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior- Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001
- A Minha orientadora pela ajuda e presteza em todos os momentos que precisei, me apoiando em todo o processo e tendo a paciência necessária para me auxiliar.
- Ao Professor José Peixoto Ferrão Junior, o qual foi meu primeiro orientador e pra mim é um exemplo de profissional a ser seguido;
- Aos funcionários da UFMS pelo grande trabalho e auxílio sempre que necessitei;
- Ao corpo docente do Curso de Mestrado pelo grande conhecimento transmitido e pela presteza com que sempre me ajudaram.

RESUMO

Silva GS. Novas possibilidades em Cirurgia Virtual Guiada: uma revisão Sistemática da literatura; 2019. [Dissertação- Universidade Federal do Mato Grosso do Sul].

Após o advento de melhores imagens diagnósticas, como tomografia de feixe cônico, novas técnicas de instalação de implantes foram criadas. A técnica de implantes guiados por computador é um exemplo de como a tecnologia pode ajudar o cirurgião dentista e melhorar a segurança do tratamento para o paciente. Porém novas tecnologias vêm sendo estudadas e testadas a fim de melhorar cada vez mais os padrões de precisão, conforto ao paciente e previsibilidade do tratamento com implantes. Este estudo pretende, através de uma revisão sistemática da literatura, percorrer os conceitos já estabelecidos em cirurgia virtual guiada, bem como evidenciar as novas tecnologias empregadas na área, uma vez que isso pode indicar uma tendência no campo da implantodontia.

Palavras-chave: Implante dentário, Implantação Dentária, Prótese Dentária fixada por Implante.

ABSTRACT

Silva GS. New possibilities in Guided Virtual Surgery: a systematic literature review; 2019. [Dissertation - Federal University of Mato Grosso do Sul].

After the advent of better radiographic images, such as conical beam tomography, new implantation techniques were created. The technique of computer-guided implants is an example of how technology can help both the dental surgeon and improve the safety of treatment for the patient. However, new technologies have been studied and tested to improve standards of accuracy, patient comfort, and predictability of implant treatment. This study intends, through a literature review, to go through the concepts already established in guided virtual surgery as well as to highlight the new technologies employed in the area, since this may indicate a trend in the field of implantology.

Key-Words: Dental implants, Dental implantation, Dental Prosthesis Implant-Supported

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	8
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	11
3 OBJETIVO.....	31
4 MATERIAIS E MÉTODOS.....	32
5 DISCUSSÃO.....	34
6 CONCLUSÃO.....	38
REFERÊNCIAS.....	39

1 INTRODUÇÃO

Há mais de 50 anos os implantes são utilizados para reabilitar perdas dentárias. Desde então várias inovações foram desenvolvidas para aumentar o sucesso clínico. Diferentes conexões foram propostas, vários formatos de corpo do implante e diversas superfícies de tratamento foram desenvolvidas para acelerar o tempo de osseointegração, bem como a sua qualidade. A literatura científica concorda que as reabilitações com implantes apresentam uma taxa de sobrevivência de aproximadamente 95% após 5 anos e maior que 89% após 10 anos. (SMEETS et al., 2016; PJETURSSON et al., 2004)

O tratamento com implantes não é apenas a primeira escolha dos cirurgiões-dentistas em casos de perda dentária parcial ou total, mas também por parte dos pacientes, devido ao acesso cada vez maior de informação por parte dos mesmos. Nos dias atuais parece lógico usarmos da melhor técnica possível, minimizando erros de posicionamento ou acidentes com estruturas adjacentes. (SHETTY et al., 2015; NITSCHKE et al., 2011; FERNANDÉS-GIL et al., 2017).

A cirurgia guiada por computador é um conceito relativamente recente e foi desenvolvido para facilitar a instalação dos implantes. Tal conceito permite aos profissionais considerarem a melhor posição de instalação antes da cirurgia, bem como avaliar a real necessidade de maiores incisões e/ou descolamentos, uma vez que se pode considerar a possibilidade de cirurgia sem retalho. (PETTERSON et al., 2012)

Com o uso de softwares tridimensionais de planejamento o cirurgião pode posicionar os implantes de acordo com o planejamento protético. (VERCRUYSSSEN, et al. 2014b). A transferência de um complexo planejamento protético para o campo cirúrgico frequentemente se torna um desafio. (VERCRUYSSSEM et al., 2008a) Estruturas vitais como o canal mandibular e o forame mental precisam ser evitadas a todo custo, sob o risco de complicações neurológicas, sobretudo quando lançada mão de cirurgias sem retalho. (BOU SERHAL et al., 2002)

Para casos múltiplos extensos, onde a guia cirúrgica é mucossuportada, é realizada uma tomografia com o objetivo de obter imagens radiográficas do local a ser implantado, este arquivo é obtido em um formato chamado DICOM (digital imaging and communications in medicine). (PAREL & TRIPLETT, 2004) Uma

segunda tomografia é realizada somente no guia radiográfico, onde é realizado pequenos preenchimentos com material radiopaco a fim de produzir um index que possa ser um ponto em comum entre as duas tomografias, podendo, assim, mesclar as imagens de forma precisa. Como resultado obtém-se uma imagem tridimensional dos dentes e do osso em um mesmo planejamento. Em casos unitários ou dentossuportados o planejamento pode ser realizado através do cruzamento de tomografias e imagens digitalizadas dos dentes e do planejamento. (WINDER & BIBB, 2005; STRUB et al., 2006; TRUSCOTT et al., 2007)

Para transferir a posição dos implantes planejados por computador para o sítio cirúrgico são confeccionadas guias produzidas por tecnologia CAD/CAM, estereolitografia (impressão 3D) ou manualmente em um laboratório dental usando dispositivos de fresagem. (JUNG et al., 2009; VAN ASSCHE et al., 2012)

O planejamento 3D possibilita a cirurgia *flapless* (sem retalho cirúrgico) e é associada a muitas vantagens relatadas pelos pacientes. Além dos benefícios na fase de cicatrização, derivados de uma abordagem minimamente invasiva, a instalação sem retalhos é indicada para preservar a arquitetura dos tecidos moles e duros e para diminuir o tempo da intervenção na cadeira odontológica. (BLANCO et al., 2008; KOMIYAMA et al., 2008; NKENKE et al., 2007).

A cirurgia convencional pode causar um trauma e desconforto pós-operatório, entretanto um procedimento de implante com a técnica *flapless* está relacionado a reduções de dor, diminuição no tempo de cirurgia, menor sangramento intra-operatório e pós-operatório, bem como reduções de hematomas e edemas pós-cirúrgicos. Diversas evidências sugerem que uma guia cirúrgica está associada a uma maior taxa de precisão cirúrgica. (HOFFMANN et al; 2005) (NICKENIG et al., 2010) Entretanto cirurgias guiadas não são frequentemente usadas por conta da falta de recursos ou pela urgência do paciente em obter a resolução do caso. (ORENTLICHER et al., 2012)

Por todas as razões citadas acima, tratamentos menos invasivos podem ser mais toleráveis a pacientes com doenças crônicas, idosos e todos aqueles que não podem se submeter a procedimentos cirúrgicos excessivos e de longa duração. (MIRISOLA DI TORRESANTO et al., 2014; SCHIMMEL et al., 2017)

Visto isso o trabalho tem como intenção expor o estágio atual da técnica de cirurgia virtual guiada para instalação de implantes dentários e revisar as possibilidades de tratamento com as novas tecnologias disponíveis.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Conceitos atuais

2.1.1 Indicações

Fortin et al., em 2009, realizaram um estudo onde a cirurgia guiada por computador foi utilizada para planejar e instalar implantes angulados em regiões posteriores de maxila severamente reabsorvidas. O objetivo era eliminar a necessidade de enxerto ósseo de levantamento de seio maxilar por meio de inserção de implantes nas paredes vestibulares e palatinas da maxila. Um total de 42 implantes foram instalados em 15 maxilas e em todos os casos os implantes foram instalados conforme o planejado anteriormente em um software digital. Todos os casos foram acompanhados por 4 anos e após esse tempo nenhuma perda de implante foi diagnosticada. Com isso os autores inferiram que a cirurgia guiada é uma ótima ferramenta para auxílio na resolução de casos complexos e sua indicação se faz no sentido de planejar os implantes com a finalidade de diminuir ou evitar possíveis enxertias ósseas em casos selecionados.

Em 2011, Orentlicher & Abboud, abordaram as reais vantagens e desvantagens tanto para o paciente, que pode ser eventualmente exposto a maiores radiações em certos casos e ver o custo do procedimento ser elevado, quanto para o profissional, uma vez que mais consultas são necessárias e um maior tempo de planejamento é relatado. Com isso os autores elencaram as indicações para o uso da técnica de cirurgia virtual guiada:

- Instalação de Implantes sem abertura de retalhos – “*Flapless*”;
- Quando há necessidade de perfeito posicionamento do implante para casos de resoluções protéticas desafiadoras;
- Para instalação imediata com ou sem carga imediata para casos unitários e múltiplos;
- Proximidade com estruturas anatômicas vitais;

- Três ou mais implantes em linha no arco;
- Quando há proximidade entre o local de instalação do implante e dentes adjacentes;
- Pouco volume ósseo disponível.

Nistche et al., em 2011, realizaram uma revisão sistemática em busca das indicações da cirurgia virtual guiada. Este estudo utilizou-se da base de dados da biblioteca da Cochane e Medline. Sendo assim, os autores concluíram que a técnica deve ser realizada por profissionais que possuam experiência em cirurgias de implantes convencionais, ou seja, com abertura de retalhos, uma vez que complicações podem ocorrer e a cirurgia, uma vez guiada e/ou sem retalho, pode se transformar em uma cirurgia convencional. Outras indicações foram citadas:

- Cirurgias em pacientes com comprometimento sistêmico ou local relativo;
- Após reconstruções severas dos maxilares;
- Casos com resolução protética desafiadora;
- Pacientes com necessidades especiais.

Através de uma revisão sistematizada Hultin et al., em 2012, revisaram a literatura científica com o intuito de elencar as vantagens da cirurgia virtual guiada em comparação a técnica convencional. Após análise e interpretação de mais de 1028 artigos os autores concluíram que a taxa de sobrevivência dos implantes é comparável com a técnica convencional e que a maior vantagem descrita é a diminuição da dor e do desconforto pós-operatório.

Choi et al. em 2017, avaliaram os aspectos que mais influenciavam na precisão de implantes comparando a técnica convencional com a técnica guiada, objetivando elucidar as indicações para cada técnica. Foram avaliados radiograficamente 450 implantes instalados pelo mesmo profissional. Os autores concluíram que para implantes unitários a técnica convencional parece ser a de melhor escolha, enquanto que para casos múltiplos ou totais a técnica de cirurgia guiada se torna mais indicada.

2.1.2 Precisão da Técnica

Balshi et al., em 2008, realizaram um estudo piloto seguindo o protocolo NobelGuide (NobelGuide, Nobel Biocare AB, Sweden) de cirurgia guiada para planejamento pré-cirúrgico. Um total de 23 pacientes foi selecionado para instalação de próteses totais provisórias fixadas por implante. Tais próteses foram confeccionadas previamente à implantação, sendo somente conectadas aos implantes após a instalação dos mesmos no dia da cirurgia, isso graças a um componente protético intermediário em que pequenas discrepâncias entre o planejamento e a execução são passíveis de serem corrigidas. Os autores concluíram que a técnica de cirurgia virtual guiada, se seguido corretamente todos os passos para sua execução, fornece uma alta precisão e confiabilidade no tratamento de pacientes edêntulos com instalação imediata de prótese.

Jung et al., em 2009, realizaram uma revisão sistemática onde encontraram estudos demonstrando desvios apicais com valores de 7.1mm, enquanto outros mostravam valores máximos de desvios apicais somente de 0.3mm. Além disso, não havia um consenso entre os autores em vários aspectos, tais como: Alguns obtiveram melhores resultados quando o guia era suportado somente por mucosa, enquanto outros afirmavam que guias suportadas sobre dentes apresentavam melhores resultados; alguns artigos levavam em consideração a experiência do operador como um fator de maior precisão na instalação dos implantes enquanto outros não levavam em consideração tal aspecto. Também não havia consenso sobre inserção do implante com ajuda da guia ou ajuda da guia somente para fresagem e inserção do implante a mão livre. Outro fator importante que pesa nessa falta de consenso é o tipo de estudo, se foi realizado em cadáver, in vivo ou in vitro; isso porque estudos in vitro apresentam melhores resultados de precisão, uma vez que não possuem limitações de espaço, nem saliva ou movimentos dos pacientes.

Pettersson et al., em 2012, avaliaram a acurácia de implantes guiados em um total de 25 pacientes com arcadas edêntulas, sendo 15 em maxila e 10 em mandíbula sendo 139 implantes instalados, 50 em mandíbula e 89 em maxila. Foram excluídos pacientes com baixo nível de higiene oral, pacientes que apresentaram perda dos implantes e pacientes que abandonaram o estudo em algum momento durante o acompanhamento. Todos os pacientes foram operados por um mesmo cirurgião e foram avaliados com um dia, uma semana, um mês, três meses, seis meses e um ano após a cirurgia de implantação. Resultados estatisticamente significantes foram encontrados para quatro variáveis, como desvios de

profundidade, ápice, angulação e ombro do implante ($p < 0.05$). Os autores concluíram que uma das causas da discrepância se deu quando comparado pacientes que haviam se movimentado durante a tomografia computadorizada e os que não se movimentaram durante o exame. Sendo assim, houve diferenças significativas entre o que foi planejado virtualmente e o que foi realmente alcançado.

Viegas et al., em 2010, conduziram um estudo *in vitro* onde 11 mandíbulas idênticas de resina epoxy foram utilizadas para a comparação da precisão de instalação de implantes guiados do sistema Neoguide[®] (Neodent[®], Implantes Osseointegráveis, Curitiba, PR, Brasil). Para o planejamento o software utilizado foi o Dental Slice[®] (Bioparts[®], Prototipagem Biomédica, Brasília, DF, Brasil). A metodologia se deu a partir da instalação de dois implantes na área posterior de cada lado das onze mandíbulas, totalizando 22 implantes instalados, e a mensuração foi obtida após tomografia computadorizada utilizando os mesmos parâmetros quando da obtenção da imagem inicial para planejamento. Os resultados apontaram uma angulação média menor que $1,45^{\circ}$ e um desvio nos terços coronal, médio e apical na média de 0,41mm. Ao fim do estudo foi possível concluir que o sistema utilizado para instalação de implantes guiados por computador apresentou confiabilidade e precisão.

Vasak et al. em 2011a, realizaram um estudo prospectivo que objetivou avaliar o desvio de implantes guiados por modelos e auxiliados por computador em ambiente clínico para mensurar a segurança e confiabilidade da técnica. Seguindo rigorosamente o protocolo NobelGuide[™] (Medicim/Nobel Biocare, Gotemburgo, Suécia) de instalação de implantes guiados dois experientes cirurgiões instalaram 86 implantes num total de 18 pacientes, sendo 10 homens e 8 mulheres, apresentando maxilas e mandíbulas edêntulas totais e parciais. Todos os pacientes foram submetidos a tomografias pós-operatórias com configurações idênticas as da pré-operatória e foram mescladas em um software de planejamento, medindo os desvios no ápice e no ombro dos implantes. Os maiores desvios foram encontrados na direção corono-apical, 2,02mm. Desvios também foram encontrados no ápice do implante, com média de 0,7 mm (bucal-lingual), 0,63 mm (mesio-distal) e 0,52 mm (profundidade). No ombro do implante foram encontrados os menores desvios, média 0,43 mm (bucal-lingual), 0,46 mm (mesio-distal) e 0,53 mm (profundidade). Em comparação entre mandíbula e maxila foram encontrados desvios menores em mandíbula ($P = 0,04, 0,36$ vs. $0,45$ mm). Além disso, foi observada uma significativa

correlação entre a espessura da mucosa e a quantidade de desvio. Enfim, concluíram que a implantação por meio de guias garantiu a transferência confiável do planejamento pré-operatório para prática clínica, mantendo os desvios em padrões de segurança.

Em 2012, Behneke et al., através de um estudo objetivando avaliar os fatores que influenciam na precisão de guias cirúrgicas para implantes guiados, instalaram 132 implantes em 52 pacientes com edentulismo parcial. Os locais dos implantes foram analisados segundo quatro fatores: Tipo de cirurgia (com ou sem retalho), Tipo do arco (mandíbula ou maxila), tipo da guia cirúrgica (apoiada em todos os dentes, apoiada somente pelos dentes adjacentes) e pelo número de passos realizados para a instalação de implantes (instalação totalmente guiada, totalmente a mão livre e fresagem guiada com instalação final à mão livre). Ao final do estudo concluíram que: a precisão no ombro do implante, ápice e angulação foram semelhantes em mandíbula e em maxila, que a instalação de implantes unitários com a guia mostrou-se mais precisa se comparada com a técnica totalmente à mão livre e com a técnica de fresagem com guia e instalação à mão livre; e que mesmo a maxila com seu osso esponjoso, e tampouco a técnica sem retalho com sua dificuldade de visualização, foram fatores que aumentam o risco de mal posicionamento dos implantes.

A partir de um método de escaneamento a laser para mensuração da precisão da instalação de implantes, Giordano et al. em 2012, realizaram um estudo a partir de cinco reabilitações suportadas por implantes totalizando 23 implantes instalados a partir da técnica de cirurgia virtual guiada. Para todos os casos o planejamento foi realizado virtualmente a partir de um arquivo DICOM e modelos 3D. Os implantes foram instalados primeiramente em um modelo padrão que serviu de gabarito para a posterior comparação de precisão. Após a realização da cirurgia uma moldagem de precisão foi realizada e um modelo com as réplicas dos implantes foi obtido. A partir da comparação entre o modelo gabarito e o modelo obtido após a cirurgia pode-se concluir que a máxima distância de desvio foi de 1.02-1.25mm, a mínima foi de 0.21-0.41mm e a média de 0.21-0.29mm. Desta forma os autores verificaram que a técnica de cirurgia guiada mostrou precisão entre o que foi planejado e o que foi executado, bem como demonstrou que métodos indiretos de aferição de precisão podem ser realizados sem a necessidade de novas tomadas

radiográficas evitando, assim, maiores exposições à radiação por parte dos pacientes.

Em 2012, Van Assche et al., realizaram uma revisão sistematizada e uma meta-análise com o objetivo de avaliar a precisão da instalação de implantes por meio da cirurgia guiada por computador. A pesquisa se utilizou de artigos eletrônicos e manuais e a busca correlacionou fatores como o tipo de suporte (dente/osso/mucosa), número de pinos de fixação, reabilitações mandibulares e sistema de guias. Os resultados após meta análise evidenciaram desvios angulares de $3,81^{\circ}$ em média; desvios apicais na média de 1,24mm e 0,99mm de desvio médio no ponto de entrada dos implantes. Os autores concluíram que muitos estudos variaram entre si quanto aos métodos de avaliação e muitas variáveis foram encontradas. Apesar disso é possível inferir que a cirurgia guiada apresenta valores satisfatórios de acurácia, mesmo sendo indicado pelos autores uma margem de segurança de pelo menos 2mm; e que em comparação à técnica a mão livre, a cirurgia guiada é claramente mais precisa.

Soares et al., conduziram um estudo in vitro no ano de 2012 com o propósito de analisar a precisão de um sistema de implantes guiados. Para tanto seis mandíbulas de poliuretano (Nacional Ossos) foram utilizadas e recobertas com material a base de silicone (Henkel) para simular a gengiva. Posteriormente, próteses totais foram confeccionadas seguindo o protocolo convencional, tal como a sequência clínica propõe. Após a confecção tomografias computadorizadas das próteses, que serviram de guia, e das mandíbulas foram executadas a fim de obter as imagens para o planejamento virtual dos implantes. O software Dental Slice[®] (Bioparts[®], Prototipagem Biomédica, Brasília, DF, Brasil) foi utilizado para o planejamento e as guias foram confeccionadas por esteriolitografia pelo sistema Bioparts[®] (Prototipagem Biomédica, Brasília, DF, Brasil) tendo quatro pinos de fixação em cada uma delas. Cada mandíbula recebeu três implantes Titamax Cortical Cone Morse (Neodent, Implantes Osseointegráveis, Curitiba, PR, Brasil) seguindo o protocolo de instalação e após o término cada mandíbula foi novamente tomografada seguindo os mesmos parâmetros das tomadas iniciais. Foram comparadas as medidas de desvios angulares, horizontais e verticais a partir do teste. Após as análises os autores obtiveram resultados de desvios angulares de 2.16 ± 0.92 graus, 33,3% estavam situados a 0.39 ± 0.03 mm para desvios coronais e 66,7% apresentavam médias de desvios apicais de 0.38 ± 0.03 mm. Com base nos

resultados a conclusão do estudo atesta que a precisão dos implantes planejados virtualmente e instalados com ajuda de guias é aceitável e comparada ao que a literatura dispõe sobre o assunto.

Cassetta et al. realizaram um estudo retrospectivo em 2013 com o objetivo de comparar a precisão de dois sistemas de instalação de cirurgia guiada que utilizam-se de guias fabricadas por impressoras 3D, um sistema considerado de tipo múltiplo onde somente a fresagem é realizada com guia (SurgiGuide® MAterialise Dental, Leuven, Bélgica) e um considerado um guia único, onde tanto a fresagem cirúrgica como a instalação é realizada com a guia (External Hex SAFE®, Surgiguide, MAterialise Dental, Leuven, Bélgica). Para tanto 20 pacientes foram selecionados e 227 implantes instalados, sendo os casos de edentulismo total ou classe 1 de Kennedy. A idade mais avançada entre os pacientes foi de 55 anos e a proporção homem/mulher foi de 3:2. Pacientes que fazem uso abusivo de álcool e cigarro (mais de 10 por dia), de saúde bucal pobre, de massa óssea insuficiente para implantação sem uso de enxertos ósseos, que possuem desordens mentais, diabéticos não controlados, sistemicamente comprometidos ou que sofreram radiação recente na região de cabeça e pescoço foram excluídos do estudo. Foi utilizada uma tomografia computadorizada *cone beam* após a implantação e através de um guia radiográfico as tomografias pré e pós-operatórias foram cruzadas a fim de obter os desvios entre o planejamento e a execução. Ao final foi concluído que melhores resultados de precisão foram encontrados para guias únicos quando dente ou osso foi utilizado como suporte. Para guias múltiplos melhores dados de precisão foram aferidos quando a mucosa foi considerada como suporte.

Um estudo com 102 implantes em 48 pacientes entre 2009 e 2012 objetivou avaliar a imprecisão e os fatores associados a mesma, quando do uso de cirurgia guiada por computador. Foi utilizada uma guia confeccionada por impressoras 3D, e considerado alguns fatores: implante instalado na mandíbula ou maxila, região anterior ou posterior (anterior, pré-molar ou molar), quantidade de implantes e o instituto em que foram instalados os implantes. Tomografias computadorizadas do pré e pós-operatório foram utilizadas para comparar a posição planejada com a posição efetivamente conseguida. Os dados foram analisados segundo o método de correlação de Spearman. As medidas foram consideradas estatisticamente significantes com $P \leq 0.05$. Os resultados demonstraram 1.56mm de desvio no centro do ápice do implante, desvio de angulação de 3.8° e desvio na porção coronal de

1.09mm. Os autores chegaram a conclusão de que é necessário uma estabilização correta da guia na parte anterior e o melhor controle da posição coronal para uma prática segura e uma correta resolução protética. (LEE et al., 2013)

D'hease & De Bruyn em 2013, avaliaram a interferência que o hábito de fumar poderia causar na precisão de implantes guiados usando guias impressas por esteriolitografia. Para tanto foram instalados implantes Six OsseoSpeed™ (Astra Tech AB, Mölndal, Suécia) em 13 pacientes, todos em maxila. Foram instalados 36 implantes em pacientes fumantes e 42 em não fumantes. Foram excluídos pacientes que apresentavam problemas sistêmicos ou que haviam tomado qualquer medicação recentemente. Para mesclar as imagens virtuais do posicionamento e do planejamento dos implantes com a posição efetivamente instalada foi utilizado o software Mimics® 9.0. Foram comparados os locais e os ângulos de implantação e subgrupos de fumantes e não fumantes. Por conta de variações de espessura de mucosa foi definido um valor médio através de 12 pontos de referência, a fim de padronizar a espessura de mucosa, uma vez que o biotipo da mesma poderia influenciar na precisão. Para a espessura da mucosa, o valor médio foi de 3,19 mm (2,39 a 4,01 mm) entre os fumantes, em comparação com 2,43 mm entre os não-fumantes (variação de 1,44 a 3,03 mm). O desvio coronal médio foi de 0,80 mm entre os não fumantes (variação: 0,29 a 1,67 mm) em comparação com 1,04 mm (intervalo: 0,29 a 2,45 mm) entre os fumantes. No ponto apical, o desvio médio foi de 1,26 mm (variação: 0,39 a 3,01 mm) entre os fumantes, enquanto 1,02 mm foi encontrado entre os não fumantes (variação: 0,32 a 2,59 mm). O desvio angular médio foi de 2,64° (variação: 0,41 a 6,81°) para o grupo de fumantes, em comparação com 2,57° entre o grupo de não fumantes (variação: 0,16 a 8,86°). Diferenças significativas foram encontradas quando se comparou o desvio global coronal e apical entre os fumantes e os não fumantes ($p < 0,05$). Com isso os pesquisadores concluíram que há uma diferença estatisticamente significativa na precisão na instalação de implantes guiados em paciente fumantes em comparação com não fumantes, uma vez que a mucosa dos fumantes é mais espessa causando assim uma maior dificuldade de estabilização da guia cirúrgica, o que acarreta maiores imprecisões.

Farley et al. no ano de 2013, concluíram um estudo do tipo *Split-Mouth* com a finalidade de comparar a precisão entre os guias da cirurgia guiada por computador com a precisão dos guias convencionais. Para isso dez pacientes foram

selecionados para o estudo, todos apresentando ausências dentárias em locais homólogos em ambos os lados, para assim utilizar um tipo de guia em cada local. Os pacientes foram tomografados com guias radiográficos pré-fabricados em laboratório e o software de escolha foi o Implant Master (IDent Imaging). Todos os implantes foram instalados pelo mesmo cirurgião experiente e a marca de escolha foi a Biomet 3i (Palm Beach Gardens, Flórida, USA). Os resultados demonstraram melhor precisão e menor variabilidade em todos os implantes quando colocados por guias confeccionadas por CAD/CAM se comparadas às guias convencionais, tanto para desvios coronais como para desvios apicais. Com isso os autores inferiram que as guias confeccionadas por CAD/CAM e instalação guiada apresentam maior precisão se comparadas às guias convencionais e protocolo convencional de instalação de implantes.

Kühl et al em 2013 conduziram um estudo com o intuito de comparar a acurácia da técnica totalmente guiada de instalação de implantes, ou seja, fresagem guiada e instalação também guiada; com a técnica parcialmente guiada, que consiste em uma fresagem guiada, porém a instalação é realizada a mão livre. Para isso 38 implantes foram instalados em 5 mandíbulas de cadáveres humanos, 19 implantes totalmente guiados e 19 implantes semi guiados. Após tomografias de feixe cônicos o planejamento foi realizado pelo software coDiagnostiX (Straumann coDiagnostiXTM, Version 7.03; Institute Straumann AG). Os resultados apontaram para uma precisão geralmente maior para a cirurgia totalmente guiada se comparada a semi guiada, porém estatisticamente não significantes. Os autores concluíram que a cirurgia semi guiada apresenta valores de precisão comparáveis à da cirurgia totalmente guiada.

Um estudo *in vitro*, realizado por Vasak et al., em 2015b, analisou a precisão do sistema NobelGuideTM (Medicim/Nobel Biocare, Gotemburgo, Suécia), bem como comparou dois métodos de validação de precisão com o método considerado referência. Onze manequins de mandíbulas de poliuretano (Dentsply Friadent, Mannheim, Alemanha) idênticas a fim de simular arcos completamente edêntulos, sendo que uma foi utilizada de gabarito para o planejamento e posição dos implantes. Procera[®] planning software (Version 2.2, Nobel Biocare, Gotemburgo, Suécia), foi utilizado para o planejamento. Foram instalados 60 implantes por um cirurgião experiente nas 10 mandíbulas e os arquivos DICOM pré e pós-operatórios

foram mesclados com três diferentes métodos de mensuração/validação: Triple Scan Technique, NobelGuide™ Validation software e AMIRA® (VSG- Visualisation Sciences Group, Burlington, MS, EUA), considerado a referência. Os resultados com o AMIRA® mostraram uma média de 0,49mm para o ombro dos implantes, 0,69mm no ápice e 1.98° de desvio axial. O software NobelGuide™ Validation assim como a técnica de Triple Scan mostrou resultados similares aos do método de referência. Um maior diâmetro do implante foi associado a maiores desvios ($p=0,03$). Houve correlação significativa entre os desvios angular e apical ($r=0,53$; $p < 0,001$). Concluiu-se que todos os métodos de validação são similares e que a técnica de instalação de implantes guiados NobelGuide™ apresentou desvios espaciais inferiores e/ou semelhantes se comparado a outras técnicas.

Também a partir de um método não radiográfico de avaliação da precisão Schnutenhaus et al, em 2016, em um estudo retrospectivo, selecionaram 24 casos sendo eles, implantes unitários ou casos com extremo livre. Os pesquisadores avaliaram a precisão dos implantes comparando o planejamento virtual com a moldagem dos implantes após a instalação. O protocolo de fresagem óssea foi seguido segundo as recomendações do sistema utilizado (Camlog Biotechnologies, Basel, Suíça). Os critérios de exclusão foram pacientes com deficiência na saúde geral, diabetes não controladas, abuso de álcool, nicotina ou drogas, histórico de radiação na área de interesse e doenças mentais graves. Os dados foram analisados estatisticamente (SPSS versão 2, SPSS Inc., Chicago, EUA) e o nível de significância foi de $\alpha < 0.05$. A média de desvio no eixo foi de 5° para espaços edêntulos posteriores e de 4° para implantes unitários, 1mm e 0.9 para o pescoço do implante, 1.6mm e 1.5mm para o ápice respectivamente. Não foram encontradas diferenças estatisticamente significantes para os dois grupos ($P>0.05$). Por fim, foi possível concluir que o método de avaliação indireto da precisão foi eficaz para a mensuração bem como os níveis de precisão da técnica se mostram satisfatórios.

No ano de 2017, Fernández-Gil et al. realizaram uma avaliação in vitro com o propósito de avaliar se a experiência do cirurgião seria um fator determinante quando avaliado desvios de instalação de implantes guiados por computador. Foram selecionados 15 cirurgiões dentistas e divididos em 3 grupos baseados em suas experiências profissionais: Grupo 1: experts em implantodontia com mais de 500 implantes realizados, pelo menos 5 anos de prática na especialidade e no mínimo 25 procedimentos de cirurgia guiada realizados. Grupo 2: profissionais clínicos gerais

com experiência em implantodontia, mais de 500 implantes instalados, 5 anos de experiência, porém nenhum tratamento de cirurgia guiada executado. Grupo 3: Clínicos gerais sem nenhuma experiência em implantodontia. Cada participante realizou 6 implantes em 5 modelos diferentes, utilizando a mesma guia em todos os casos, totalizando 75 modelos de mandíbulas idênticas que simulavam perfeitamente a anatomia e uma densidade óssea tipo III; todas foram alocadas em uma modelo de cabeça para simular o mais perfeitamente possível o ato cirúrgico. O planejamento foi realizado a partir de uma tomografia de um dos modelos e o arquivo DICOM importados para um software de planejamento virtual (NemoScan, Nemotec). Os resultados demonstraram desvios significantes de angulação entre o grupo 3 e os grupos 1 e 2, que não apresentaram diferença relevante. Não houve desvios estatisticamente relevantes entre todos os grupos nos quesitos de desvio do ápice e da plataforma dos implantes. Concluiu-se que cirurgiões mais experientes apresentam menores níveis de desvios em angulação se comparado com os clínicos sem experiência na área, entretanto, apesar destas diferenças serem estatisticamente relevantes (menos de 0.5 graus), podemos considerar clinicamente desprezíveis.

Em 2018, Brandt et al. através de um estudo In Vitro, investigaram a precisão de um sistema de implantes guiados utilizando dois métodos de avaliação: mensuração por tomografia computadorizada *cone beam* e um método de avaliação por CAD/CAM. Foram confeccionados 10 modelos em resina acrílica radiopaca (Acryline X-ray Acrylic, Anaxdent) com a ausência do primeiro molar inferior esquerdo (36). Depois de realizada uma tomografia computadorizada *cone beam* e um escaneamento do modelo os arquivos foram transferidos para um software de planejamento (Implant Studio, 3Shape) obtendo, assim, 30 amostras para análise. Os resultados com a mensuração pelo método CAD/CAM demonstraram uma média de desvio para a plataforma do implante de 0.725mm e desvio padrão de 0.142mm, para o desvio horizontal apical 0.990mm e 0.244mm, para a angulação 2.011 graus de média e desvio padrão de 0.855 graus, e na direção vertical 0.541mm e 0.129mm respectivamente. O método de mensuração por tomografia mostrou-se extremamente tendencioso a um maior valor de desvio, o que fizeram os autores concluírem que o método de avaliação da precisão por CAD/CAM se mostrou mais preciso que o método por tomografia computadorizada *cone beam*, sem contar o fato de que a mesma ainda incorre em exposição do paciente a radiação. Também

averiguaram que a técnica de cirurgia guiada por computador mostrou-se segura e precisa no caso de estudos *in vitro*, portanto os achados devem ser validados por estudo *in vivo*.

Uma revisão sistemática foi realizada por Bover-Ramos et al, (2018) com o intuito de avaliar qual método de análise para cirurgia guiada apresentava o maior grau de precisão: *in vivo*, *in vitro* ou cadáveres. Os resultados demonstraram que para os desvios horizontais na região apical os estudos *in vitro* (média de 0.85mm) mostraram maior precisão que os estudos clínicos (média de 1.4mm) e que os estudos em cadáveres (média de 1.52mm). No quesito desvio angular, os estudos *in vitro* também obtiveram maior precisão, média de 2.39°, enquanto estudos clínicos obtiveram média de 3.98° e cadáveres média de 2.82°. Para desvios horizontais na região coronal dos implantes e desvios verticais as diferenças não foram estatisticamente significativas. Para a instalação do implante totalmente guiado ou no caso de somente fresado e instalação a mão livre (parcialmente guiado), os resultados demonstraram maior precisão para implantes totalmente guiados, com desvios horizontais na porção coronal de 1,00mm e 1,44mm respectivamente; desvios horizontais na porção apical 1.91mm e 1.23mm e desvios angulares de 3.13° para totalmente guiados e 4.30° para parcialmente guiados. Com isso os autores inferiram que a cirurgia totalmente guiada se mostra mais precisa quando comparada com a cirurgia parcialmente guiada.

2.1.3 Possibilidade de cirurgia sem retalho - *Flapless*

Em um estudo com 52 pacientes, 341 implantes foram instalados utilizando-se da técnica convencional (grupo controle), guias suportadas por osso (grupo BSG- bone supported guide) e guias suportadas por mucosa (grupo "*flapless*"). O objetivo foi avaliar o pós-operatório referente a cada tipo de técnica utilizando os parâmetros a seguir: duração da cirurgia (em min.), dificuldade de abertura de boca, hemorragia e número de analgésicos ingeridos. Os resultados demonstraram menor uso de analgésicos (4 tabletes) bem como menor média de duração de cirurgia (12.53±5.48 min) para o grupo *flapless* quando comparado ao grupo BSG (60.94± 13.07 min e 11 tabletes) o grupo controle (68.71±11. min e 10 tabletes) respectivamente. Os grupos

controle e BSG mostraram maior nível de hemorragia pós-operatória quando comparado ao grupo *flapless*. Ao fim foi possível concluir que a cirurgia guiada *flapless* suportada por mucosa apresentou melhores níveis de conforto e menores complicações pós-cirúrgicas se comparada a outras técnicas utilizadas no presente estudo. (ARISAN et al., 2010)

Berdougo et al., em 2010, realizaram um estudo clínico retrospectivo multicêntrico com o objetivo de comparar a taxa de sobrevivência de implantes instalados com a técnica de cirurgia virtual guiada sem abertura de retalho (*flapless*) com a técnica convencional, ou seja, implantes instalados com abertura de retalho mucoperiosteal e sem auxílio de guias geradas por computador. Todos os implantes foram instalados por 6 profissionais que reabilitaram 169 pacientes, sendo arcos totais e parciais, 271 implantes com protocolo de cirurgia guiada e *flapless* e 281 com protocolo convencional, totalizando 552 implantes. O método de análise se baseava em uma análise de sobrevivência dos implantes entre 1 e 4 anos após a instalação da prótese. Os resultados demonstraram 96,30% de sobrevivência para o grupo teste e 98,57% para o grupo controle, mesmo assim em qualquer método de análise estatística não houve diferença estatisticamente relevante. Por fim após o estudo os autores concluíram que a cirurgia de instalação de implantes guiada por computador e sem retalho não interfere na sobrevivência dos implantes.

Segundo D'Hease et al, em 2012 a cirurgia guiada *flapless* apresenta diversas vantagens: Facilidade no procedimento cirúrgico, menor tempo de intervenção cirúrgica, diminuição das sequelas cirúrgicas, benefícios para pacientes comprometidos (uso de anticoagulantes ou bifosfonatos), melhor aceitação para pacientes ansiosos; sem a necessidade procedimentos de enxerto ósseo, facilidade na instalação de carga imediata. Entretanto algumas desvantagens são descritas: diminuição do campo visual, diminuição no controle tátil durante a fresagem; pacientes com pouca abertura podem impossibilitar a técnica, risco potencial de lesão em estruturas vitais caso haja mal planejamento.

Em um estudo de Arisan et al. em 2013, acompanharam 377 instalações de implantes em 68 mandíbulas edêntulas, utilizando a técnica convencional ou a técnica de cirurgia guiada sem abertura de retalho. A análise da quantidade de bacteremia foi realizada através de amostras de sangue colhidas por venopunção periférica pré e pós-operatórias, sendo no pós-tomadas duas coletas, um 15 min e outra 30 minutos após a instalação do último implante. Somente os dados de 63

pacientes puderam ser analisados de forma correta, sendo 29 pacientes operados com a técnica convencional (grupo controle, total de 140 implantes) e 34 pacientes operados com a cirurgia guiada e abordagem *flapless* (grupo “*flapless*”, total de 206 implantes). Os resultados mostraram que na coleta 15 min após a cirurgia somente 12% dos pacientes do grupo *flapless* apresentaram bacteremia contrastando com os 62% encontrado no grupo controle (cirurgia c/ retalho). Após 30 minutos somente 3% apresentaram bacteremia em cada grupo. As diferenças entre as coletas iniciais e as com 15 min foram estatisticamente irrelevantes para o grupo *flapless*, enquanto para o grupo controle foram relevantes; se comparado entre grupos houve relevância estatística. Enfim, após os estudos pode-se concluir que a cirurgia *flapless* apresentou menor incidência de bacteremia, tornando-se assim um benefício para pacientes de maior risco.

Vieira et al. conduziram um estudo no ano de 2013 com a finalidade de avaliar a precisão de implantes guiados utilizando a técnica sem abertura de retalho para reabilitação de arcos totais em pacientes idosos. Tomografias computadorizadas *cone beam* foram realizadas para obtenção de imagens para o planejamento. Sessenta e dois implantes instalados em 14 pacientes e novas tomadas radiográficas realizadas para comparação da precisão entre o planejamento e a execução. Os parâmetros de desvios analisados foram desvios angulares e desvios horizontais nos terços coronal, médio e apical de cada implante. Os resultados apresentaram médias de desvios horizontais, médios e apicais de 2,17 ($\pm 0,87$), 2,32 ($\pm 1,52$) e 2,86 ($\pm 2,17$) mm, para a maxila, e 1,42 ($\pm 0,76$), 1,42 ($\pm 0,76$) e 1,42 ($\pm 0,76$) mm, para a mandíbula, respectivamente. Os desvios médios angulares foram de 1,93 ($\pm 0,17$) e 1,85 ($\pm 0,75$) graus para a maxila e mandíbula, respectivamente. Por fim, os autores concluíram que a cirurgia guiada sem abertura de retalho é uma alternativa segura e precisa para a reabilitação de arcos totais de maneira minimamente invasiva.

Em 2014 di Torresanto et al. realizaram um estudo baseado em um acompanhamento de 2 anos da instalação de implantes guiados sem abertura de retalho em pacientes idosos. Todos os 10 pacientes foram reabilitados com 4 implantes osseointegráveis e sobredentaduras muco-implantossuportadas, totalizando 40 implantes da marca Camlog Biotechnologies. Parâmetros como índice de placa, sangramento à sondagem e profundidade de sondagem periimplantar foram analisados. O sangramento à sondagem foi ausente em 82% dos sítios, a

profundidade de sondagem periimplantar média foi de 2,34mm. Após os resultados os autores concluíram que a técnica de instalação sem retalho guiado por computador parece plausível para reabilitação de pacientes idosos de forma minimamente invasiva.

2.1.4 Taxa de sobrevivência dos implantes e perda óssea marginal

Nickening et al. em 2010, realizaram um estudo com o intuito de comparar a perda óssea marginal entre implantes instalados com cirurgia guiada e sem abertura de retalho com a técnica convencional com abertura de retalho mucoperiosteal. Para tanto os autores avaliaram 785 implantes colocados em 419 pacientes com a abordagem *flapless* e 459 implantes instalados com técnica convencional em 227 pacientes. A avaliação foi realizada a partir de um Raio X panorâmico realizado logo após a instalação, o que foi chamado de momento 0 (T0), e após o período de cicatrização foi realizada uma nova tomada radiográfica com os mesmos parâmetros para avaliar os que eles chamaram de momento 1 (T1). As avaliações apresentaram resultados semelhantes para perda óssea marginal, ambos com médias de 0,5 mm, porém o grupo de pacientes fumantes que se submeteram a cirurgia guiada sem abertura de retalho apresentou diferenças estatisticamente relevantes; 0,6mm para o grupo de fumantes e 0,5 mm para os não fumantes. Com isso os autores concluíram que a perda óssea marginal se assemelha bastante entre as duas técnicas, porém pacientes fumantes podem ter níveis de perda óssea marginal mais exacerbados quando do uso da técnica sem retalho.

Meloni et al. em 2013, acompanharam uma série de 10 casos onde foram realizados implantes guiados por computador. No total 60 implantes Nobel Replace Tapered Groovy (NobelBiocare, Gotemburgo, Suécia). Os parâmetros avaliados foram: a satisfação dos pacientes, o nível de perda óssea marginal e a sobrevivência dos implantes. Após 12 meses nenhum implante foi perdido e nenhum paciente se sentiu insatisfeito ou se retirou do estudo. A perda óssea marginal média foi de $1,4 \pm 0,3$ mm. Após o estudo e apesar das limitações os autores concluíram que a técnica se mostrou segura e com baixa taxa de perdas ósseas e desconforto para os pacientes.

Em um estudo realizado por Tallarico & Meloni em 2017, um total de 694 implantes foram instalados em 141 pacientes. Após 10 anos de acompanhamento os resultados mostraram que apenas 4 pacientes (2.8%) com 12 implantes (1.7%) mostraram algum grau de periimplantite. Os autores concluíram que a instalação de implantes guiados apresenta alta taxa de sobrevivência dos implantes e baixa taxa de complicações e periimplantites apesar de mais estudos serem necessários para determinar a real causa das perdas periimplantares.

2.2 Novas possibilidades em Cirurgia Virtual Guiada

Elian et al. em 2008, através de uma série de casos, demonstraram a previsibilidade da cirurgia guiada por técnica *flapless* auxiliado por um sistema de navegação em tempo real. Moldagens totais de todos os pacientes foram realizadas e guias tomográficos foram confeccionados semelhantes a placas oclusais acrílicas, contendo em seu interior marcadores radiopacos em forma de esfera para criar um index radiográfico para fins de cruzamento das imagens iniciais e finais dos implantes. Após a primeira tomografia os implantes foram planejados por um software de planejamento virtual de implantes (DenX Advanced Dental System, Moshav Ora, Israel) e, assim confeccionadas guias para a instalação dos implantes. Ao todo 14 implantes foram instalados em 6 pacientes. O sistema de navegação se baseava em uma câmera especial de alta resolução fixada por cima do campo operatório e por diodos instalados na peça reta e na guia cirúrgica. Conforme o cirurgião movimentava a peça reta os diodos eram estimulados e a câmera captava os movimentos e as posições transportando para uma tomografia em tempo real. Brocas especiais também foram confeccionadas para o estudo a fim de acompanhar a fresagem óssea durante a cirurgia. Ao final do procedimento todos os pacientes eram submetidos a uma nova tomografia utilizando a mesma placa oclusal com o index, para que pudessem ser justapostas as tomografias iniciais e finais. Ao final foram comparadas as discrepâncias entre o planejado e o executado. A discrepância média foi de $0,89\text{mm} \pm 0,53$ (DP) para a cabeça do implante, para o ápice foi observada média de $0,96\text{mm} \pm 0,5$ (DP) e para medida de angulação $3,78^{\circ} \pm 2,76$ (DP). Após esta série de casos foi possível concluir que pode se atingir valores

confiáveis de desvios utilizando técnica de cirurgia guiada com auxílio de navegação em tempo real, porém a navegação óptica computadorizada ainda é vulnerável a erros técnicos e tecnológicos.

Através de um estudo *in vitro* em 2011, Sun et al. testaram possibilidade de a perfuração durante a cirurgia de implantes ser realizada por um robô (MELFA RV-3S, Mitsubishi, Japão), uma vez que a precisão do implante é de suma importância para o resultado final. Através de imagens tomográficas de mandíbulas reais, modelos foram confeccionados para a implantação teste do robô. Duas etapas de registro são realizadas, uma com as posições dos implantes e outra com marcadores específicos em locais planejados no modelo para que o planejamento dos implantes, que foi realizado em um software de planejamento virtual, seja transmitido ao software que controla o robô. Máquinas de medição de coordenadas foram utilizadas para que o robô pudesse executar no modelo o que foi planejado em ambiente virtual. Ao final os autores encontraram variações entre o que foi planejado e o que foi executado na ordem de $1,42 \pm 0,70$ mm em medidas horizontais. Por fim, os autores concluíram que o uso de robôs para implantação é viável, mas estudos futuros devem ser conduzidos a fim de aprimorar para escalas sub-milimétricas a precisão dos implantes; melhorar a precisão em profundidade, bem como projetar métodos de fixação da mandíbula e da cabeça dos pacientes.

Yu et al. em 2012, através de um estudo *in vitro*, objetivaram validar uma técnica de instalação de implantes ortodônticos guiada. Para tanto foram utilizadas 4 mandíbulas de porco; e a técnica se baseava em um planejamento realizado com base em uma tomografia computadorizada e uma guia confeccionada para limitar os movimentos a fim de diminuir os possíveis erros na instalação de implantes. Os parâmetros de avaliação utilizados foram as variações angulares horizontais e verticais. Os resultados demonstraram $1,01 \pm 7,05$ graus para desvios angulares verticais e desvios angulares horizontais de $1,16 \pm 6,08$ graus. Os autores puderam concluir que após o uso das guias a chance de um possível erro, como o toque do mini-implante ortodôntico em raízes adjacentes, foi significativamente diminuído.

Somogyi-Ganss et al., realizaram uma pesquisa em 2014, com a intenção de avaliar a precisão de um novo sistema dinâmico de implantes guiados (Navident prototype, Claron Technology Inc., Toronto, Canadá) e compará-lo a três sistemas comerciais existentes: Nobel Clinician (Nobel Biocare AG, Zurique, Suíça), Simplant (Materialise Dental, Leuven, Bélgica) e CoDiagnostiX. Oito sítios de implantação

foram planejados por arco e 5 articuladores com mandíbula e maxila foram utilizados, totalizando 80 sítios (2 arcos X oito sítios x 5 pares). Três cirurgiões com experiência em cirurgia guiada prepararam 400 osteotomias utilizando 5 diferentes sistemas de fabricação de guias para implante guiado: Guias fabricadas por laboratório, Simplant (MATERIALISE Dental, Leuven, Bélgica), Straumann Guided Surgery (Institut Straumann AG, Basel Suíça), NobelClinician (Nobel Biocare AG, Zurique, Suíça) e o protótipo dinâmico (Claron Technology Inc., Toronto, Canadá). Um dos cirurgiões repetiu mais duas vezes o estudo, totalizando 2000 osteotomias (5 clínicos x 400 osteotomias cada). Para avaliar os desvios das osteotomias padrão e das realizadas durante o estudo foi lançada mão de uma câmera de rastreamento óptico estéreo. Os resultados mostraram que o novo sistema dinâmico de cirurgia guiada foi igualmente preciso se comparado a outros sistemas do mercado, que comparados a guias realizadas no laboratório apresentam maior precisão. Todos os sistemas mostraram erros menores que 2mm e inferiores a 2 graus. Os autores inferiram que o protótipo foi preciso se comparado aos outros sistemas.

Lin et al., em 2015, demonstraram através de um estudo in vitro a possibilidade do uso de realidade aumentada como auxílio em cirurgias guiadas por computador e como esta nova técnica poderia melhorar a precisão da instalação de implantes. O conceito se baseou em displays montados na cabeça do cirurgião combinado com visualização estereoscópica com finalidade de aumentar a precisão dos implantes instalados. Os modelos utilizados foram impressos por estereolitografia e 40 fresagens cirúrgicas foram planejadas em duas maxilas parcialmente edêntulas e quatro mandíbulas completamente edêntulas. As medições dos pontos de discrepância entre o planejado e o executado foram obtidas através do cruzamento de imagens da tomografia de planejamento com uma nova tomografia realizada após a instalação dos implantes nos modelos. Os parâmetros utilizados para comparação entre os desvios foram: desvios no local de entrada, no ápice, laterais, de profundidade e angulação. As medidas de alteração de posicionamento nas mandíbulas edêntulas foram de $0,5\pm 0,33$ mm para o ponto de entrada, $0,96\pm 0,36$ mm para o ápice, $2,70\pm 1,55^\circ$ em angulação, $0,33\pm 0,27$ mm em profundidade, $0,86\pm 0,34$ mm em desvio lateral. Para a maxila parcialmente edêntula os valores de ponto de entrada, ápice, ângulo, profundidade e desvio lateral foram de $0,46\pm 0,20$ mm, $1,23\pm 0,42$ mm, $3,33\pm 1,42^\circ$, $0,48\pm 0,37$ mm e $1,1\pm 0,39$ mm, respectivamente. Ao final do estudo os autores observaram que a realidade

aumentada contribuiu significativamente para o aumento da precisão dos implantes instalados pela técnica guiada por computador.

No Ano de 2015, Gulati et al. realizaram uma revisão de literatura onde descreveram as técnicas de cirurgia guiada mais utilizadas e o uso da automação em cirurgia virtual guiada na implantodontia. Dentre as tecnologias descritas como o uso da imagem 3D em odontologia, possível após o advento das tomografias computadorizadas, o uso do CAD/CAM e softwares de planejamento em implantodontia, cirurgia virtual guiada com uso de guias estabilizadas por dentes, osso ou mucosa se destacaram o uso de um sistema de navegação durante a cirurgia, o que é descrito como “sistema dinâmico” e o uso da robótica em implantodontia. O sistema de navegação possui algumas vantagens se comparado ao sistema utilizado atualmente, como: possibilidade de alteração do planejamento durante a cirurgia, visualização em tempo real de obstáculos trans-operatórios; porém algumas limitações são descritas como: o campo de visão da câmera necessita estar totalmente livre para o correto funcionamento do sistema, o que nos atuais moldes das cadeiras odontológicas é um desafio, os sistemas são raros e dispendiosos financeiramente e a uma curva extensa de aprendizado é necessária, uma vez que os parâmetros de navegação são altamente sensíveis a erros. A automação em implantodontia ainda requer equipamentos sofisticados e uma maior confiabilidade nos softwares e sistemas propostos, bem como maior pesquisa e achados confiáveis na literatura, porém espera-se com isso uma maior precisão na instalação por parte de robôs, uma vez que erros são minimizados.

Schioli et al., em 2016, conduziram um estudo com a finalidade de avaliar a precisão de implantes zigomáticos instalados com a técnica de cirurgia virtual guiada sem abertura de retalho. Para isso 3 cabeças de cadáveres possuindo edentulismo total e maxilas severamente reabsorvidas foram utilizadas. Após escaneamento e planejamento virtual da posição dos implantes, uma guia foi confeccionada e a mensuração realizada segundo o desvio lateral e desvio de angulação do implante após instalado quando comparado ao planejado. Os resultados demonstraram pequenos desvios laterais, menos de 1mm em todos os casos; e desvios de angulação de no máximo 4,5 graus. Os pesquisadores observaram que apesar de ser possível a instalação de implantes zigomáticos com a técnica guiada sem retalho mucoperiosteal, tal abordagem ainda permanece um desafio.

Em um estudo do ano de 2016, Block & Emery compararam 2 métodos de cirurgia guiada: o método tradicional, ou seja, de guias estáticas fabricadas por softwares após planejamento virtual, e o método de navegação em tempo real como guia para cirurgia de instalação de implantes. O método de navegação em tempo real se faz possível pela coordenação entre pontos de referência instalados em regiões espalhadas pelo arco do paciente, o que faz possível o cruzamento de imagens após a realização da tomografia computadorizada. Através de câmeras específicas posicionadas acima de campo cirúrgico e com visão total do local e peças de mão com marcações específicas para a técnica é possível cruzar as informações da tomografia prévia do paciente, as imagens captadas pelas câmeras e a posição das peças de mão, tudo em tempo real. Algumas considerações dessa nova abordagem foram feitas pelos autores, como: a técnica de navegação em tempo real não é indicada para casos edêntulos, uma vez que não é possível manter os pontos de referências de forma segura durante o procedimento; a técnica se faz indicada em casos específicos como limitação de abertura de boca, impossibilidade de acesso das brocas da técnica convencional; traz consigo o benefício de alterar o planejamento em qualquer momento da cirurgia, uma vez que a guia não é estática; e, por fim, não requer nenhum trabalho laboratorial prévio uma vez que o planejamento virtual pode ser visualizado a qualquer momento durante a cirurgia.

Chow J. em 2016 propôs uma modificação para o uso de cirurgia guiada na instalação de implantes zigomáticos, uma vez que a maior dificuldade encontrada nesse tipo de cirurgia é o comprimento exacerbado da fresa, o que acarreta maiores desvios em sua fresagem, principalmente nos desvios horizontais e angulares. Para isso foi desenvolvido um dispositivo capaz de controlar a posição final da broca a partir de uma haste de titânio conectada no guia já estabilizado no local cirúrgico, semelhante a um pistão com duas anilhas, uma presa na guia e outra o mais perto possível do local de fresagem, o que conduz a uma variação do comprimento do dispositivo guiando assim a posição. Assim que a fresa é passada pela anilha mais próxima ao local de fresagem óssea, o anel guia a ponta da broca evitando, assim, movimentações. Concluindo o estudo o autor relata a possibilidade concreta do uso deste novo dispositivo para cirurgia guiada de implantes zigomáticos, porém mais estudos são necessários para validar com segurança este novo método.

3 OBJETIVOS

Objetivo Geral

Realizar uma revisão sistemática da literatura englobando os conceitos já estabelecidos e as novas possibilidades em cirurgia de implantes guiada por computador.

Objetivo específico

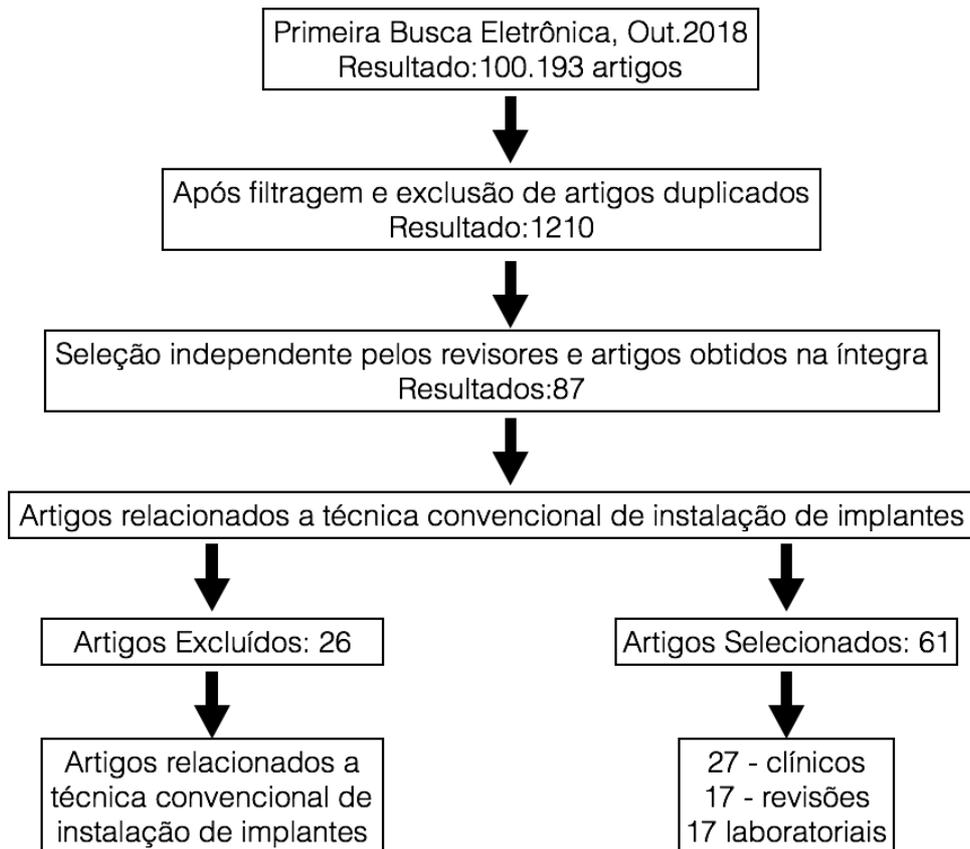
Evidenciar as mais atuais, viáveis e de melhor custo-benefício técnicas cirúrgicas para instalação dos implantes dentários.

4 MATERIAIS E MÉTODO

A metodologia se baseou na busca sistematizada de artigos científicos em bases de dados virtuais como Pubmed, Science Direct e Ebsco, contemplando a literatura dos últimos 10 anos, ou seja, entre os anos de 2008 até 2019.

A busca sistematizada foi realizada a partir das palavras chave: Implante dentário, Implantação Dentária, Prótese Dentária fixada por Implante. Somente foram considerados os artigos escritos em língua inglesa, portuguesa, espanhola ou francesa. (Quadro 01)

Quadro 01 – Esquema de busca utilizado na pesquisa.



Os critérios de inclusão dos estudos foram: estudos realizados nos últimos 10 anos, estudos realizados com técnicas de instalação de implantes guiados por guias mucossuportadas e dentossuportadas estáticas, produzidas por estereolitografia ou CAD/CAM, estudos realizados com técnicas de instalação de implantes guiados por auxílios de técnicas de guia em tempo real e estudos realizados com técnicas

flapless ou não, desde que utilizado auxílio de guia cirúrgica planejadas por computador ou auxílio de técnicas em tempo real.

Os critérios de exclusão foram: estudos realizados exclusivamente com instalação de implantes de forma convencional, ou seja, a mão livre, e estudos realizados com mais de 10 anos a partir da data da busca. (Quadro 02)

Quadro 02. Metodologia utilizada.

Foco da Pesquisa	Novas possibilidades e tecnologias em cirurgia de instalação de implantes guiados
Estratégia de Pesquisa	
População	Estudos clínicos, laboratoriais e revisões de literatura.
Intervenção	Cirurgia de instalação de Implantes Dentários com utilização de auxílio de posicionamento durante a cirurgia a partir de guias ou softwares.
Palavras-chave da busca	Implante dentário, Implantação Dentária, Prótese Dentária fixada por Implante.
Banco de Dados da Pesquisa	
Eletrônico	Pubmed, Science Direct e Ebsco.
Critérios de Seleção dos Artigos	
Critérios de Inclusão	<ul style="list-style-type: none"> -Estudos realizados nos últimos 10 anos; -Estudos realizados com técnicas de instalação de implantes guiados por guias mucossuportadas e dentossuportadas estáticas, produzidas por estereolitografia ou CAD/CAM; -Estudos realizados com técnicas de instalação de implantes guiados por auxílios de técnicas de guia em tempo real; -Estudos realizados com técnicas flapless ou não desde que utilizado auxílio de guia cirúrgica planejadas por computador ou auxílio de técnicas de auxílio em tempo real.
Critérios de Exclusão	<ul style="list-style-type: none"> -Estudos realizados exclusivamente com instalação de implantes de forma convencional, ou seja, a mão livre; Estudos realizados com mais de 10 anos a partir da data da busca

5 DISCUSSÃO

Diferentes estudos têm determinado as indicações da cirurgia virtual guiada, Orentlicher & Abboud em 2011, Nistche et al, em 2011, Hultin et al., em 2012 e Choi et al. em 2017; porém alguns autores têm buscado novas indicações e variações da técnica para diminuir cada vez mais a necessidade de enxertia óssea ou procedimentos mais extensos e invasivos, fato este que motivou a busca da literatura das novas técnicas empregadas a este fim.

Fortin et al., em 2009, produziram alterações no posicionamento dos implantes a fim de evitar o enxerto de levantamento de seio maxilar. Os autores angularam os implantes tanto quanto foi possível no sentido vestibulo-palatino. Também instalaram implantes nas tábuas ósseas vestibulares e palatinas, quando as mesmas permitiam, utilizando para isso expansão óssea. Os implantes foram instalados adjacentes aos seios maxilares, ficando somente a plataforma na crista do alvéolo. Intermediários protéticos angulados foram necessários para corrigir tais angulações. O mesmo realizado por Schnitman et al. em 2012 propuseram uma nova abordagem cirúrgica para casos de rebordos extremamente reabsorvidos através de um planejamento alterado da posição ideal do implante, confrontando a indicação de que somente rebordo ósseo com quantidade considerada ideal poderia ser indicada a cirurgia virtual guiada. Através de uma modificação na fresagem o excesso de osso em sentido vertical foi conformado para que o intermediário protético fosse corretamente instalado, compensando assim a profundidade excessiva do implante. O que nos leva a crer na necessidade de um planejamento acurado e com maior previsibilidade por meio dos exames de imagem.

Neste sentido, acerca da precisão da técnica de implante guiado por computador Pettersson et al., em 2010, Viegas et al., em 2010, Vasak et al., em 2011a, Giordano et al., em 2012, Soares et al., em 2012 e Brandt et al., em 2018, concordam que a técnica apresenta padrões de segurança e precisão aceitáveis. Entretanto alguns autores observaram diferentes valores de precisão quando diferentes tipos de suporte foram considerados. Cassetta et al. em 2013, atestam que o suporte dentário para casos unitários se mostra mais preciso e o suporte mucoso se mostra mais preciso em casos múltiplos.

Realizando a comparação entre a cirurgia guiada e a cirurgia convencional no tocante a precisão conferida no ato cirúrgico autores como Farley et al., no ano de

2013, realizaram um estudo *Split Mouth* em que encontraram resultados favoráveis a cirurgia guiada em comparação a cirurgia convencional. Porém Pozzi et al. em 2014 conduziram um estudo randomizado com o mesmo intuito de comparar as duas técnicas. Através da instalação de 26 implantes instalados pela técnica convencional e 25 implantes pela técnica de cirurgia guiada, 51 pacientes foram reabilitados e acompanhados durante 1 ano. Os autores observaram que não houveram diferenças significativas de posicionamentos entre as duas técnicas, resultado este que confronta os achados do autor anterior. Entretanto, quando leva-se em consideração a sintomatologia do paciente trans e pós-operatória, menores níveis de dor e desconforto pós-operatório foram encontrados para a técnica de cirurgia guiada em ambos os estudos, corroborando com o estudo de Arisan et al. em 2010, onde através de 431 implantes instalados em 52 pacientes concluíram que a cirurgia guiada por computador apresenta menores níveis de dor pós-operatória, bem como tempo de procedimento relativamente menor, ainda que os autores tenham comparado cirurgias sem abertura de retalhos.

Diversos resultados favoráveis à cirurgia guiada sem abertura de retalho têm sido relatados na literatura. Arisan et al., em 2013 demonstraram através de seu estudo a menor quantidade de bacteremia quando do uso da técnica *flapless*; Vieira et al., em 2013 demonstraram que a abordagem *flapless* guiada apresenta níveis de precisão comparáveis a outras técnicas; di Torressanto et al., em 2014 concluíram que os níveis de sangramento e profundidade à sondagem são satisfatórios e comparáveis a implantes instalados de forma convencional e Berdougou et al., em 2010 já demonstravam que a cirurgia *flapless* possui taxa de sobrevivência de implantes similares a técnicas com abertura de retalho, fator positivo a escolha da técnica sem retalho.

Nickening et al., em 2010, Meloni et al., em 2013 e Tallarico & Meloni em 2017, concordam entre si quanto a taxa de sobrevivência dos implantes. Todos os autores encontraram valores confiáveis e similares a técnicas com abertura de retalho quando utilizada a técnica *flapless*, bem como níveis aceitáveis de perda óssea marginal.

Para Van de Velde et al., em 2008 quando se compara o nível de experiência em implantodontia com a precisão dos implantes instalados com a técnica *flapless*, porém sem o auxílio da guia. A conclusão foi que mesmo com o auxílio de imagens tomográficas e planejamentos virtuais a instalação de implantes à mão livre,

independente do grau de experiência do cirurgião, apresenta riscos de perda da estabilidade primária do implante e consequências estéticas, uma vez que os desvios foram consideráveis. Por fim, recomendam o uso de guias para o auxílio no caso de se optar por uma abordagem sem abertura de retalho mucoperiosteal.

Em contrapartida Fernández-Gil et al. (2017) encontraram diferenças desprezíveis clinicamente quando compararam a execução da técnica de cirurgia virtual guiada por cirurgiões experientes, cirurgiões em início de carreira e clínicos gerais sem qualquer experiência.

Dentre as novas possibilidades vislumbradas atualmente, a cirurgia de implantes guiada por um sistema dinâmico de navegação em tempo real parece ser o sistema mais utilizado, uma vez que diversos autores já abordaram o tema e alguns sistemas comerciais já aparecem como opção no mercado. Estudos como os de Elian et al. em 2008, Somogyi-Ganss et al. em 2014 e Block & Emery em 2016, observaram resultados semelhantes quando a precisão foi avaliada, porém tais sistemas ainda apresentaram algumas falhas quando não seguido rigorosamente o protocolo indicado. Ainda Lin et al., em 2015 utilizaram um sistema semelhante de navegação em tempo real, mas com a adição de realidade aumentada, conseguida pelo uso de um óculos próprio para o estudo; mesmo assim resultados semelhantes de precisão foram observados.

A automação também foi estudada por Sun et al. em 2011 e Gulati et al. em 2015. Ambos os autores relataram a utilização de robôs para a instalação de implantes como uma técnica dispendiosa e ainda necessitando de mais estudos para que seja confiável. Apesar da precisão conseguida pelos sistemas de automação atualmente, a curva de aprendizado longa e os custos ainda são um impedimento, bem como as dificuldades locais como movimentos do paciente e visualização do campo operatório são um obstáculo a ser superado.

Os avanços na implantodontia, não apenas as tidas como convencionais, mas as técnicas de implante zigomáticos utilizando-se guias já se tornam possíveis, uma vez que estudos clínicos já são realizados. Schioli et al. em 2016 através de seu estudo in vitro consideraram ainda um desafio a instalação de implantes zigomáticos de maneira guiada, uma vez que o comprimento extenso da fresa acarreta maiores valores de desvio. Chow (2016) com o objetivo de diminuir os valores altos de desvio propôs uma alteração da técnica com uso de um guia extenso de fresagem a fim de estabilizar a broca no momento da preparação do local de instalação de implantes.

Ambos os autores consideraram que mesmo possível sua execução a técnica de cirurgia guiada de implantes zigomáticos ainda permanece um desafio.

A literatura é demasiada extensa acerca do tema abordado, mas é sabido que a cirurgia guiada em implantodontia é uma realidade, uma vez que pode auxiliar sobretudo casos extremos ou limítrofes, em grandes perdas ósseas ou mesmo em regiões cujo teor estético final da prótese implantossuportada se faz presente.

6 CONCLUSÃO

- A técnica de implantes guiados por computador é uma técnica segura e eficaz;
- A implantodontia guiada está se modernizando e evoluindo para um tratamento auxiliado por computador em tempo real, permitindo ao cirurgião mudar o planejamento durante a cirurgia;
- O auxílio de robôs na implantação ainda permanece um desafio para a ciência, necessitando de mais estudos.

REFERÊNCIAS

Arisan V, Karabuda CZ, Ozdemir T. Implant surgery using bone- and mucosa-supported stereolithographic guides in totally edentulous jaws: surgical and post-operative outcomes of computer-aided vs. standard techniques. *Clin Oral Implants Res.* 2010;21(9):980-8

Arisan V, Bölökbasi N, Öksiiz L. Computer-assisted flapless implant placement reduces the incidence of surgery-related bacteremia. *Clin Oral Invest* 2013;17:1985-1993.

Balshi SF, Wolfinger GJ, Balshi TJ. Guided implant placement and immediate prosthesis delivery using traditional Brånemark system abutments: A pilot study of 23 patients. *Implant Dent* 2008;17:128–135

Behneke A, Burwinkel M, Behneke N. Factors influencing transfer accuracy of cone beam ct-derived template-based implant placement. *Clin Oral Impl. Res* 2012;;23:416-423.

Berdougo M, Fortin T, Blanchet E, Isidori M, Bossom JL. Flapless implant surgery using an image-guided system. A 1- to 4-year retrospective multicenter comparative clinical study. *Clin Implant Dent Relat Res.* 2010 Jun 1;12(2):142-52

Norma de Vancouver, preconizada pelo *International Committee of Medical Journals Editors* (ICMJE)

Blanco J, Nunez V, Aracil L, Munoz F, Ramos I. Ridge alterations following immediate implant placement in the dog: flap versus flapless surgery. *J Clin Periodontol* 2008;35:640-648

Block MS, Emery RW. Static or dynamic navigation for implant placement—Choosing the method of guidance. *J Oral Maxillofac Surg.*2016;74:269-277

Bou Serhal C, Jacobs R, Flygare L, Quirynen M, van Steenberghe D. Perioperative validation of localisation of mental foramen. *Dentomaxillofac Radiol* 2002;31;39-43.

Bover-Ramos F, Viña-Almunia J, Cervera-Ballester J, Peñarrocha-Diago M, García-Mira B. Accuracy of implant placement with computer-guided surgery: a systematic review and a meta-analysis comparing cadaver, clinical and in vitro studies. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2018, 33:101-115.

Brandt J, Brenner M, Lauer HC, Brandt S. Accuracy of a template-guided implant surgery system with a CAD/CAM-based measurement method: an in vitro study. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2018;33(2):328-33.

Cassetta M, Giansanti M, Di Mambro A, Calasso S, Barbato E. Accuracy of two stereolithographic surgical templates: a retrospective study. *Clin Implant Dent Relat Res.* 2013 Jun;15(3):448-59.

Chow J. A novel device for template-guided surgery of the zygomatic implants. *Int. J. Oral Maxillofac. Surg.* 2016; 45: 12

Choi W, Nguyen B, Doan A, Girod S, Gaudilliere B, Gaudilliere D. Freehand versus guided surgery: factors influencing accuracy of dental implant placement. *Implant Dent.* 2017;26(4):500-509

D'haese J, De Bruyn H. Effect of smoking habits on accuracy of implant placement using a mucosally supported stereolithographic surgical guides. *Clin Implant Dent Relat Res.* 2013;15:402-411.

D'haese J, Van De Velde T, Komiyama A, Hultin M, De Bruyn H. Accuracy and complications using computer-designed stereolithographic surgical guides for oral rehabilitation by means of dental implants: a review of the literature. *Clin Implant Dent Relat Res.* 2012;14(3):321-35.

Elian N, Jalbout ZN, Classi AJ, Wexler A, Sarment D, Tarnow DP. Precision of flapless implant placement using real-time surgical navigation: A case series. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2008;23: 1123–1127

Farley NE, Kennedy K, McGlumphy EA, Clelland NL. Split-mouth comparison of the accuracy of computer-generated and conventional surgical guides. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2013;28:563–572

Fernández-Gil Á, Gil HS, Velasco MG, Moreno Vázquez JC. An in vitro model to evaluate the accuracy of guided implant placement based on the surgeon's experience. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2017;32(3):151-154

Fortin T, Isidori M, Bouchet H. Placement of posterior maxillary implants in partially edentulous patients with severe bone deficiency using CAD/CAM guidance to avoid sinus grafting: a clinical report of procedure. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2009;24:96–102

Giordano M, Ausiello P, Martorelli M. Accuracy evaluation of surgical guides in implant dentistry by non-contact reverse engineering techniques. *Dent Mater.* 2012; 28(9):e178-85

Gulati M, Anand V, Salaria SK, Jain N, Gupta S. Computerized implant-dentistry: advances toward automation. *J Indian Soc Periodontol* 2015;19:5-10.

Hoffmann J, Westendorff C, Gomez-Roman G. Accuracy of navigation-guided socket drilling before implant installation compared to the conventional free-hand method in a synthetic edentulous lower jaw model. *Clin Oral Implants Res.* 2005;16:609-614.

Hultin M, Svensson KG, Trulsson M. Clinical advantages of computer guided implant placement: a systematic review. *Clin Oral Implants Res.* 2012;23:124-35.

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

Komiyama A, Klinge B, Hultin M. Treatment outcome of immediately loaded implants installed in edentulous jaws following computer-assisted virtual treatment planning and flapless surgery. *Clin Oral Implants Res* 2008; 19:677-685.

Kühl S, Zürcher S, Mahid T, Müller-Gerbl M, Filippi A, Cattin P. Accuracy of full guided vs. half-guided implant surgery. *Clin. Oral Impl. Clin. Oral. Implants. Res.* 24, 2013, 763–769

Lee JH, Park JM, Kim SM, Kim MJ, Lee JH, Kim MJ. An assessment of template-guided implant surgery in terms of accuracy and related factors. *J Adv Prosthodont.* 2013 Nov;5(4):440-7.

Lin YK, Yau HT, Wang IC, Zheng C, Chung KH. A novel dental implant guided surgery based on integration of surgical template and augmented reality. *Clin Implant Dent Relat Res.* 2015 Jun;17(3):543-53.

Meloni SM, De Riu G, Pisano M, Tullio A. Full arch restoration with computer-assisted implant surgery and immediate loading in edentulous ridges with dental fresh extraction sockets. One year results of 10 consecutively treated patients. *J. Maxillofac. Oral Surg.* 2013;12(3):321–325

Mirisola di Torresanto V, Milinkovic I, Torsello F, Cordaro L. Computer-assisted flapless implant surgery in edentulous elderly patients: a 2-year follow up. *Quintessence Int.* 2014;45(5):419-29

Nickening HJ, Wichmann M, Schelegel KA, Nckenke E, Eitner S. Radiographic evaluation of marginal bone levels during healing period, adjacent to parallel-screw cylinder implants inserted in the posterior zone of the jaws, placed with flapless surgery. *Clin Oral Implants Res.* 2010;21(12):1386-93.

Nickenig HJ, Wichmann M, Hamel J. Evaluation of the difference of accuracy between implant placement by virtual planning data and surgical guides templates versus the conventional free-hand method-combined in vivo-in vitro technique using a cone beam CT (Part II). *J Craniomaxillofac Surg.* 2010;38:488-493

Nitsche, T; Menzebach, M; Wiltfang, J; What are the indications for three-dimensional x-ray-diagnostics and image-based computerised navigation aids in dental implantology?. *Eur J Oral Implantol* 2011;4:49–58

Nitsche T, Menzebach M, Wiltfang J. What are the indications for three-dimensional x-ray-diagnostics and image-based computerized navigation aids in dental implantology? Systematic review, consensus statements and recommendations of the 1st DGI Consensus Conference in September 2010, Aerzen, Germany. *Eur J Oral Implantol* 2011;4(Suppl):S49–S58

Nkenke E, Eitner S, Radespiel-Troger M, Vairaktaris E, Neukam FW, Fenner M. Patient-centred outcomes comparing transmucosal implant placement with an open approach in the maxilla: a prospective, non-randomized pilot study. *Clin Oral Implants Res* 2007,18:197-203

Orentlicher G, Horowitz A, Abboud M. Computer-guided implant surgery: indications and guidelines for use. *Compend Contin Educ Dent.* 2012;33:720-732.

Orentlicher G & Abboud, M. Guided surgery for implant therapy. *Dent Clin N Am* 55;2011:715–744

Parel SM, Triplett RG. Interactive imaging for implant planning, placement, and prosthesis construction. *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery* 2004;62:41-7.

Pettersson A, Komiyama A, Hultin M, Näsström K, Klinge B) Accuracy of virtually planned and template guided implant surgery on edentate patients. *Clin Implant Dent Relat Res*. 2012;14(4):527-37.

Pjetursson BE, Tan K, Lang NP, Brägger U, Egger M, Zwahlen M. A systematic review of the survival and complication rates of fixed partial dentures (FPDs) after an observation period of at least 5 years. *Clin Oral Implants Res*. 2004;15(6):625-42.

Pozzi A, Tallarico M, Marchetti M, Scarfò B, Esposito M. Computer-guided versus free-hand placement of immediately loaded dental implants: 1-year post-loading results of a multicentre randomized controlled trial. *Eur J Oral Implantol* 2014;7(3):229–242

Schimell M, Müller F, Ster V, Buser D. Implants for elderly patients. *Periodontology* 2000, 2017;73:228-240.

Schirotti G, Angiero F, Zangerl A, Stefano B, Ferrante F, Widmann G. Accuracy of a flapless protocol for computer-guided zygomatic implant placement in human cadavers: expectations and reality. *Int J Med Robotics Comput Assist Surg* 2016;12:102-108.

Schnitman PA, Lee SJ, Campard GJ, Dona M. Guided flapless surgery with immediate loading for the high narrow ridge without grafting. *J Oral Implantol* 2012;38:279–88.

Schnutenhaus S, Edelmann C, Rudolph H, Luthardt RG. Retrospective study to determine the accuracy of template-guided implant placement using a novel non-radiologic evaluation method. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol.* 2016 Apr;121(4):e72-9.

Shetty, M; Prasad D., Krishna; Patel, AB. Guided implant surgery; *Guident* 2015, 3:16-19

Smeets R, Stadlinger B, Schwarz F, Beck-Broichsitter B, Jung O, Precht C , et al. Impact of dental implant surface modifications on osseointegration. *Biomed Res Int.* 2016;2016:6285620

Soares MM, Harari ND, Cardoso ES, Manso MC, Conz MB, Vidigal Jr. GM. An in vitro model to evaluate the accuracy of guided surgery systems. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2012;27:824–831.

Somogyi-Ganss E, Holmes HI, Jokstad A. Accuracy of a novel prototype dynamic computer-assisted surgery system. *Clin Oral Implants Res.* 2015;26(8):882-890

Strub JR, Rekow ED, Witkowski S. Computer-aided design and fabrication of dental restorations: current systems and future possibilities. *J Am Dent Assoc* 2006;1289-96.

Sun, X., McKenzie, F.D., Bawab, S. et al. *Int J Cars* 2011;6: 627.

Tallarico M, Meloni SM. Retrospective analysis on survival rate, template-related complications, and prevalence of peri-implantitis of 694 anodized implants placed using computer-guided surgery: results between 1 and 10 years of follow-up. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2017;32(5):1162-1171

Truscott M, de Beer D, Vicatos G, Hosking K, Barnard L, Booyesen G, et al. Using RP to promote collaborative design of customized medical implants. *Rapid Prototyping J* 2007;13:107-14

Van Assche N, Vercruysem M, Coucke W, Teughls W, Jacobs R, Quirynen M. Accuracy of computer aided implant placement. *Clin Oral Impl Res* 2012, 2: 112-123

Van de Velde T, Glor F, De Bruyn H. A model study on flapless implant placement by clinicians with a different experience level in implant surgery. *Clin Oral Implants Res*. 2008 Jan;19(1):66-72.

Vasak C, Strbac GD, Huber CD, Lettner S, Gahleitner A, Zechner W. Evaluation of three different validation procedures regarding the accuracy of template-guided implant placement: an in vitro study. *Clin Implant Dent Relat Res*, 2015, 1: 142-149

Vasak C, Watzak G, Gahleitner A, Atrbac G, Schemper M, Zechner W. Computed tomography-based evaluation of template(NobelGuide)-guided implant positions: a prospective radiological study. *Clin Oral Implants Res* 2011;22:1157-1163.

Vercruysem M, Jacobs R, Van Assche N, van Steenbergue D. The use of CT scan based planning for oral rehabilitation by means of implants and its transfer to the surgical field: a critical review on accuracy. *J Oral Rehabil* 2008; 35:454-474.

Vercruysem M, Cox C, Coucke W, Jacobs R, Quirynen M. A randomized clinical trial comparing guided implant surgery (bone- or mucosa-supported) with mental

navigation or the use of a pilot-drill template. *J Clin Periodontol*. 2014 Jul;41(7):717-23.

Vieira DM, Sotto-Maior BS, Souza Barros CAV, Reis ES, Francischone CE. Clinical accuracy of flapless computer-guided surgery for implant placement in edentulous arches . *Int J Oral Maxillofac IMplants* 2013;28:1347–1351.

Viegas VN, Dutra V, Pagnoncelli RM, de Oliveira MG. Transference of virtual planning and planning over biomedical prototypes for dental implant placement using guided surgery. *Clin. Oral Impl. Res.* 21, 2010; 290–295.

Winder J, Bibb R. Medical rapid prototyping technologies: state of the art and current limitations for application in oral and maxillofacial surgery. *J Oral Maxillofac Surg* 2005; 1006-15.

Yu JJ, Kim GT, Choi YS, Hwang EH, Paek J, Kim SH, Huang JC. Accuracy of a cone beam computed tomography–guided surgical stent for orthodontic mini-implant placement. *Angle Orthod*. 2012;82:275–283.