DIEGO ANTONIO SIGCHO LÓPEZ

**Sensor experimental de aproximação por refletância digital, auxiliar para
cirurgia guiada em implantes dentários: estudo in-vitro**

São Paulo

2018

DIEGO ANTONIO SIGCHO LÓPEZ

**Sensor experimental de aproximação por refletância digital, auxiliar para
cirurgia guiada em implantes dentários: estudo in-vitro**

Versão Corrigida

Tese apresentada à Faculdade de
Odontologia da Universidade de São
Paulo para obtenção do título de
Doutor em Ciências Odontológicas.

Área de Concentração: Prótese
Dentária

Orientadora: Prof. Dra. Dalva Cruz
Laganá

São Paulo

2018

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

Catálogo-na-Publicação
Serviço de Documentação Odontológica
Faculdade de Odontologia da Universidade de São Paulo

Sigcho López, Diego Antonio.

Sensor experimental de aproximação por refletância digital, auxiliar para cirurgia guiada em implantes dentários: estudo in vitro / Diego Antonio Sigcho López ; orientador Dalva Cruz Laganá -- São Paulo, 2018.

108p. : fig., tab., graf., ; 30 cm.

Tese (Doutorado) -- Programa de Pós-Graduação em Ciências Odontológicas. Área de Concentração: Prótese Dentária. -- Faculdade de Odontologia da Universidade de São Paulo.

Versão corrigida

1. Cirurgia Assistida por Computador. 2. Implantes dentários. 3. Procedimentos Cirúrgicos Ambulatoriais. 4. Tomografia Computadorizada por Raios X. I. Laganá, Dalva Cruz. II. Título.

Sigcho López DA. Sensor experimental de aproximação por reflectância digital, auxiliar para cirurgia guiada em implantes dentários: estudo in-vitro. Tese apresentada à Faculdade de Odontologia da Universidade de São Paulo para obtenção do título de Doutor em Ciências Odontológicas

Aprovado em: 29 / 11 / 2018

Banca Examinadora

Profa. Dra. Maria Cristina Zindel Deboni

Instituição: Universidade de São Paulo Julgamento: Aprovado

Profa. Dra. Mônica Nogueira Pigozzo

Instituição: Universidade de São Paulo Julgamento: Aprovado

Prof. Dr. Marcio Katsuyoshi Mukai

Instituição: Universidade de São Paulo Julgamento: Aprovado

À minha família, com amor, admiração e gratidão pelo incansável apoio ao longo da minha vida. Sem eles nada teria sido possível. São o meu porto e farol.

AGRADECIMENTOS

À Prof. Dra. Dalva Cruz Laganá pela guia, recepção, paciência e dedicação ao longo do trabalho, pela atenção e apoio durante o curso. Abrir os braços, as portas do lar e o coração para os estudantes é uma qualidade que fui abençoado de presenciar, orientar não só o conhecimento mais a vida com exemplo e experiência. Recebi dela presentes que não imaginei iam fazer parte do curso, mas que levo com felicidade na alma.

AGRADECIMENTOS

Agradecimentos:

À Universidade de São Paulo, pelo Convênio estabelecido por meio do DINTER;

À Faculdade de Odontologia da Universidade Central do Equador, pela preocupação na formação de Doutores e Pesquisadores, o que muito contribuirá com o desenvolvimento da Odontologia no País e o suporte econômico para desenvolver todas as atividades e o projeto;

À Faculdade de Odontologia da USP, na pessoa do atual Sr. Diretor, Prof. Rodney Garcia Rocha e, do anterior, Prof. Waldir Antonio Jorge, por possibilitarem o desenvolvimento do Programa DINTER em sua Instituição;

À Comissão de Pós Graduação, na Pessoa do Prof. Dr. Michel Crosato, que nos anos de curso brindou sua amizade e coordenou as atividades;

À Profa. Dra. Marcia Martins Marques, que tornou possível o desenvolvimento do Programa DINTER;

Aos Profs Drs. Fausto Mendes, Cláudio Pannuti, Marcia Santos, Newton Sesma, Mônica Nogueira Pigozzo, entre outros pela amizade e colaboração prestadas ao longo do curso;

Aos Funcionários da Pós Graduação e do Departamento de Prótese, sem os quais o Curso teria muita dificuldade de acontecer e que no dia a dia colaboram com suas atividades e trabalhos;

À funcionária da biblioteca, Sra. Glauci Elaine Damasio Fidelis, chefe técnica quem ajudou na revisão e formatação da Tese.

À empresa NEODENT pelo fornecimento dos implantes, materiais e análise dos resultados;

Ao engenheiro Pablo Valdivieso quem desenvolveu o sensor e dedicou seu tempo para ajustar as especificações do aparelho.

Muito aprendi com todos e cada um dos Professores que fizeram parte do DINTER, contribuindo para meu crescimento científico, intelectual e pessoal. Obrigado por tornar realidade esta experiência, compartilhando seus conhecimentos conosco, Professores da Universidade Central do Equador e nosso país.

“Todos nós temos uma intuição brilhante, mas poucos são capazes de segui-la”

Esposito 2015

RESUMO

Sigcho López DASensor experimental de aproximação por reflectância digital, auxiliar para cirurgia guiada em implantes dentários: estudo in-vitro. Tesis São Paulo: Universidade de São Paulo, Faculdade de Odontologia; 2018. Versão Corrigida.

A cirurgia guiada é uma das técnicas mais precisas em implantodontia. Porém, ainda apresenta problemas devido a ligeiros desvios dos implantes. **Objetivo:** Avaliar um sensor experimental de aproximação por reflectância digital, aplicado à cirurgia guiada para inserção de implantes para evitar o risco de fenestração. **Métodos:** foram confeccionados 10 modelos, protótipos de arcos desdentados totais, simulando a maxila, osso e tecido mucoso, divididos em 2 grupos. Um dos modelos foi tomografado para ser realizado o planejamento virtual da inserção dos implantes com cirurgia guiada. Dois implantes de 3.5 x 11.5mm foram inseridos em cada modelo, sendo que no grupo 1 de controle (G1), foi utilizado o guia estereolitográfico, do kit *NeoGuide*; no grupo 2 (G2), foi empregado o sensor experimental de aproximação por reflectância digital para a inserção dos implantes. A avaliação dos resultados foi realizada pela sobreposição das imagens do planejamento virtual com as tomografias dos modelos com os implantes inseridos. **Resultados:** Mostraram que não houve diferenças estatisticamente significantes para os desvios angulares e lineares entre o guia e o sensor. As médias e desvio padrão observados na angulação do guia foi de 4,15 (2,65) e 5,48 (2,85) no sensor. Os desvios lineares ao nível cervical de 0,002 (1,37) e 0,11 (1,47) e, ao nível apical, de 0,19 (1,28) e 0,21 (1,42) respectivamente. **Conclusões:** O uso de guia é importante para a estabilização das brocas, sendo que o maior desafio é controlar a posição apical dos implantes, principalmente em rebordos altamente reabsorvidos. O sensor experimental pode ser uma ferramenta auxiliar aos guias estereolitográficos, porém, várias dificuldades devem ser ainda superadas para que se preconize o uso do sensor.

Palavras Chave: Cirurgia Assistida por Computador; Implantes dentários; Procedimentos Cirúrgicos Ambulatoriais; Tomografia Computadorizada por Raios X

ABSTRACT

Sigcho López DA. Auxiliary Reflectance Digital Experimental Sensor for Guided Surgery in Dental Implants: In-vitro Study. Tesis São Paulo: Universidade de São Paulo, Faculdade de Odontologia; 2018. Versão Corrigida.

Guided surgery is one of the most accurate techniques in implantology. However, it still presents problems due to slight deviations. **Objective:** The purpose of this research was to develop and evaluate an experimental sensor of approximation by digital reflectance, aiming to contribute to the avoidance, at the time of insertion of implants, the risk of fenestration in more complex cases, without flap detachment, mainly related to severe bone resorption. **Methods:** 10 models, total edentulous arches, simulating the maxilla, bone and soft tissue, were divided into 2 groups. One of the models was scanned to perform the virtual implant insertion planning with guided surgery. Two implants of 3.5 x 11.5 mm were inserted in each model, in the control group 1 (G1), the stereolithographic guide of the *NeoGuide* kit was used; in group 2 (G2), the experimental digital reflectance sensor was used to insert the implants. The evaluation of the results was performed by overlapping the virtual planning images with the tomographies of the models with the implants inserted. **Results:** showed that there were no statistically significant differences for the angular and linear deviations between the guide and the sensor. The averages and standard deviation observed at the angulation in G1 was 4.15 (2.65) and 5.48 (2.85) at the G2. The linear deviations at the cervical level were 0.002 (1.37) and 0.11 (1.47) and at the apical level were 0.19 (1.28) and 0.21 (1.42) respectively. **Conclusions:** The use of a guide is important for the stabilization of the drills, the greatest challenge is to control the apical position of the implants, especially in highly absorption of alveolar ridge. The experimental sensor could be an auxiliary tool to the stereolithographic guides, however several difficulties must still be overcome in order to recommend the use of the sensor.

Keywords: Surgery, Computer-Assisted ; Dental implants ; Ambulatory Surgical Procedures ; Tomography, X-Ray Computed

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 2.1 - Marcadores radiopacos no guia para a tomografia	40
Figura 2.2 - Planejamento digital com pinos de fixação	41
Figura 2.3 - Estereolitografia guia múltipla SimPlant.....	42
Figura 2.4 - Desadaptação do guia cirurgico no modelo simulado	54
Figura 4.1 - Modelo didático	65
Figura 4.2 - Broca esférica utilizada para perfurar o modelo didático.....	65
Figura 4.3 - Broca - Modelo didático com as perfurações realizadas	66
Figura 4.4 A) Perfurações. B) Regularização de modelo didático inicial	66
Figura 4.5 - A) Mufla preenchida com gesso. B) Contra mufla com gesso e silicone.....	67
Figura 4.6 - Proporção de farinha de osso e resina acrílica para construção do modelo experimental	68
Figura 4.7 - Modelo Simulado de osso resultante	68
Figura 4.8 - Densidade óssea dos modelos; áreas sinalizadas pela seta amarela. A) 2153 Hu. B) 1702 Hu.....	69
Figura 4.9 - Modelo experimental finalizado com a camada de resina de reembasamento simulando a mucosa.....	70
Figura 4.10 - A) Tomografia inicial. B) Planejamento digital pela equipe NeoDent. ...	71

Figura 4.11 - Adaptação do guia cirúrgico estereolitográfico NeoGuide (NEODENT) no modelo experimental. A) Vista da adaptação do NeoGuide por disto/palatino. B) Vista oclusal da guia cirúrgica.....	72
Figura 4.12 - Sensor experimental de aproximação por reflectância.	73
Figura 4.13 - Pinos fixadores posicionados na parede vestibular e guia para a broca 2.0 NeoGuide.....	75
Figura 4.14 - A) Implante conemorse NeoDent. B) Inserção de implante 3.5 x 11.5mm de comprimento Drive Cone morse com 50N com o guia NeoGuide (G1).	75
Figura 4.15 - Incisão circular no nível cervical, marcando o início da perfuração G2	76
Figura 4.16 - Perfuração do G2 com sensor de refletância (sensor B em direção vestibular).	77
Figura 4.17 - Representação da Sobreposição de imagens com implantes inseridos. A) Sagital. B) Coronal.	78
Figura 4.18 - A)Implantes inseridos (G1). Implantes posicionados nas regiões dos dentes 13 e 23, na maxila, de acordo com o planejamento virtual e com a guia NeoGuide. B) Os 5 modelos do G1	79
Gráfico 5.1 - Box Plot de análise estatística t student mostrando médias de Inclinações angulares entre o G1 e G2	84
Gráfico 5.2 - Box Plot de análise estatística t student mostrando médias ao nível cervical, a entrada das brocas entre o G1 e G2.	85
Gráfico 5.3 - Box Plot de análise estatística t student mostrando médias ao nível apical, a entrada das brocas entre o G1 e G2.	86

LISTA DE QUADROS

Quadro 4.1 - Materiais Utilizados neste trabalho	63
Quadro 4.2 - Escala Houndsfield.....	69
Quadro 4.3 - Variáveis do estudo.....	80

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CAD	Computer-aided design
CAM	Coordinated computer-aided manufacturing
G1	Grupo um
G2	Grupo dois
Hu	Unidades Hounsfield
Mm	Milímetros
RSL	Revisão Sistemática de Literatura
TC	Tomografia Computarizada
µm	micrômetros
3D	Três dimensões
°	Grau (ângulo)

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	25
2	REVISÃO DE LITERATURA	27
2.1	Planejamento	27
2.2	Cirurgia Guiada	29
2.2.1	Indicações	33
2.2.2	Classificação	34
2.2.2.1	Guias Estáticos	36
2.2.2.1.1	Procedimentos	40
2.2.2.1.2	Complicações	46
2.2.2.2	Guias Dinâmicos	57
3	PROPOSIÇÃO	61
4	MATERIAL E MÉTODOS	63
5	RESULTADOS	81
6	DISCUSSÃO	87
7	CONCLUSÕES	91
	REFERÊNCIAS	93

1 INTRODUÇÃO

A análise de tendências em implantodontia revelou significativo aumento em pesquisas de implantes imediatos, plataforma switching, levantamento de seio, cirurgia sem retalho e cirurgia assistida por computador, sugerindo que o interesse dos investigadores atualmente estariacentrado em áreas cirúrgicas (Pommer et al., 2016).

A técnica convencional com descolamento de retalho apresenta algumas desvantagens, entre as quais foram descritas, o desconforto cirúrgico para o paciente, incremento de dor, sangramento, aumento no tempo operatório e o desconforto pós-operatório (Cannizzaro et al., 2011). A inserção de implantes dentários é um procedimento delicado e deve ser conduzido com alta precisão. Para isso, torna-se necessário o correto planejamento das condições ósseas para o posicionamento estratégico do implante em relação à função e reabilitação protética. Isto é possível com a orientação precisa das brocas durante a perfuração óssea (Handelsman, 2006).

A Tomografia Computadorizada (TC) permite obter planos detalhados dos maxilares em todas as posições do espaço. Ela é empregada dentro do protocolo de planejamento cirúrgico para implantes dentários. Os softwares utilizados proporcionam dimensões em milímetros e angulações, informações suficientes para colocar implantes previsíveis, com ou sem um descolamento de retalho mucoperóstico (Van Assche et al., 2012).

Os avanços tecnológicos têm feito da implantodontia uma área eficiente, de rápido desenvolvimento. Atualmente a aplicação do CAD-CAM (computer-aided design, CAD e coordinated computer-aided manufacturing, CAM) na implantodontia, permite o planejamento virtual do posicionamento dos implantes, chave na longevidade do tratamento. Esta orientação está relacionada às considerações anatômicas e protéticas (D'haese et al., 2012). Vários sistemas e programas computadorizados foram desenvolvidos para transferir o planejamento virtual ao campo cirúrgico, entre eles, os sistemas de navegação 3D, geralmente utilizando um equipamento complexo e, os guias cirúrgicos prototipados, a partir de impressões 3D, comumente utilizada e fáceis de manuseio (Di Giacomo et al., 2005; Voulgarakis et al., 2014).

A cirurgia guiada com prototipagem porém, precisa de vários passos pré-operatórios, iniciando com prótese provisória para a tomografia, tomada de tomografia única ou dupla, planejamento computadorizado, confecção do guia, posicionamento do guia no maxilar, estabilização, perfuração e inserção de implantes. Neste complexo processo, cada um destes passos é crítico e sujeito a erros (Horwitz et al., 2009).

A cirurgia guiada baseada na prototipagem ainda apresenta problemas de precisão na colocação de implantes (Zhou et al., 2018; Seo et al., 2018). Estas variações estão relacionadas com a tomada de impressões, a gestão do software, obtenção dos modelos de gesso, o assentamento do guia na boca e o posicionamento do guia no laboratório, já que os guias laboratoriais precisam de uma combinação de elementos de referência específicos para transferir o planejamento virtual em real (Kernen et al., 2015). Foi proposto uma margem de erro de até 2 mm para considerar durante o planejamento e a cirurgia (Vercruyssen et al., 2014).

Fortin et al. (2002) sugerem que a chave dos sistemas de cirurgia guiada é obter uma ferramenta fixada no espaço operatório que transfira o planejamento das imagens pré operatórias.

Dessa forma, o objetivo deste trabalho foi propor o desenvolvimento e emprego de um sensor por refletância digital no ato cirúrgico que emita um alarme frente ao desvio da broca de perfuração do osso, para a correta instalação do implante, em casos de severa reabsorção óssea, de acordo com o planejamento virtual em 3D, no campo operatório real, avaliando e comparando a fidelidade do posicionamento de implantes com o uso do sensor e, outro grupo, com guia prototipada como procedimento gold standard ou grupo controle.

É possível limitar os desvios da cirurgia guiada e fenestrações com um sensor de reflectância digital?

2. REVISÃO DA LITERATURA

A técnica convencional proposta por Branemark et al. (1969) para a inserção de implantes requer duas etapas cirúrgicas, que promovem aumento do tempo operatório, sangramento, desconforto do paciente, perda de tecidos ósseo e mucoso(Rousseau, 2010). O sucesso do tratamento com implantes ao longo do tempo é suportado na literatura como tratamento previsível e seguro (Jung et al., 2012).

A revisão da literatura de Hultin et al. (2012) com estudos clínicos relativos a implantes colocados com auxílio de cirurgia guiada, concluiu que os implantes colocados com descolamento de retalho, mediante técnica convencional, teriam índices de sucesso similares aos implantes colocados com cirurgia guiada, sem descolamento de retalho. Porém, o estudo em animais de Novaes et al.(2017) revelou associação significativa entre o descolamento de retalho e a reabsorção óssea, quando comparado com outro grupo sem descolamento de retalho, com implantes imediatos.

2.1 Planejamento

Radiografias periapicais e panorâmicas são utilizadas na rotina odontológica, para o planejamento cirúrgico com implantes dentários. Porém, estas informações são escassas para orientar a colocação do implante com precisão (Kraut, 1998). Assim, com ajuda da Tomografia Computorizada (TC) é possível planejar a posição precisa dos implantes dentários com ajuda de programas de computador e guias cirúrgicos. A tecnologia continua evoluindo e melhorando a precisão da cirurgia guiada. É possível, também, que os custos e o tempo de laboratório reduzirão com o tempo.

O estudo prospectivo de Pozzi et al. (2014) comparou técnicas cirúrgicas para inserir implantes imediatos com e sem guia cirúrgico (free hand ou mental navigation), em relação às falhas das próteses ou dos implantes, complicações, modificações do nível ósseo, número de sessões e tempo do tratamento, custos adicionais e satisfação do paciente durante um ano. Sem encontrar diferenças significativas entre

os implantes reabilitados, à exceção da dor no pós-operatório incrementado pelo descolamento do retalho.

Farley et al. (2013) compararam guias cirúrgicos CAD/CAM e guias convencionais em 10 pacientes, sem encontrar diferenças significativas. Concluíram que os guias prototipados ficaram mais próximos do planejamento, com menores variações que os guias convencionais. Van de Veldeet al. (2008) reportaram frequentes perfurações de osso nas cirurgias sem descolamento de retalho e sem a utilização de guias cirúrgicos.

A TC é uma ferramenta importante para o planejamento cirúrgico com implantes dentários, ainda mais em casos com limitações ósseas dos maxilares (Giacomo et al., 2005). As imagens são obtidas digitalmente e processadas como múltiplas imagens 2D, processo chamado Reformatação Multiplanar. Estes dados permitem a colocação de implantes em áreas favoráveis diminuindo o risco de perda dos implantes e que a cirurgia seja menos invasiva, melhorando o pós operatório (Voulgarakis et al., 2014).

Entre os procedimentos para a colocação dos implantes existe a Técnica Convencional com levantamento de retalho (free hand) e a Técnica sem levantamento de retalho com guia cirúrgico (prosthodontic-driven implant placement according to a setup) fresado, impresso por CAD/CAM ou com Navegação 3D. Estudos que compararam o posicionamento de implantes com e sem levantamento de retalho, planejados na TC, demonstraram que a precisão de ambas técnicas é similar (Ersoy et al., 2008).

O planejamento é essencial para obter resultados estéticos e funcionais, aproveitando o osso disponível (Voitik, 2002). Ficou demonstrado por Esposito et al. (2007), que o uso de guias cirúrgicos prototipados aumenta a precisão do posicionamento dos implantes. Outra observação, em relação ao sistema de transferência da cirurgia guiada, é que a relação entre o posicionamento final e o que foi planejado, é melhor quando o planejamento é feito em 3 dimensões comparando quando feito em duas dimensões (Jacobs et al., 1999). A principal desvantagem é que a maioria dos guias cirúrgicos em três dimensões (3D) requer TC, o qual expõe os pacientes à altas doses de radiação e aumenta o custo do tratamento. Mesmo ao utilizar TC cone beam que diminui o custo e a dose de radiação (Fortin et al., 2002).

Os modelos virtuais em 3D a partir deste processo de programas computadorizados (softwares), permitem o planejamento preciso do posicionamento virtual dos implantes (Benson, 2001). Geralmente os programas proporcionam uma imagem axial de orientação com uma curva sobreposta à crista do rebordo alveolar, múltiplas imagens em corte transversal e múltiplas imagens lineares curvas do tipo panorâmico, podendo incluir o tecido mole. A espessura e os intervalos das fatias são variáveis, a imagem é geralmente vista em um algoritmo de janela óssea para avaliar a morfologia e localizar estruturas anatômicas (Shetty, Benson, 2000).

2.2 Cirurgia Guiada

A Cirurgia guiada sem descolamento de retalho, consiste numa pequena incisão sobre a crista óssea, sem descolamento de retalho total mucoperióstico, o suficiente para a penetração da broca para a perfuração do osso alveolar (Brodala 2009). Esta abordagem, com limitada remoção de gengiva, pode ser feita com um bisturi circular na área de inserção da broca ou diretamente com a broca, iniciando a perfuração do osso (Voulgarakis et al., 2014). Esta técnica diminui a dor, a perda óssea, o processo inflamatório relacionado com o descolamento de retalho mucoperiosteal, melhorando a fase pós-operatória e o conforto do paciente (Arisan et al., 2010a; Nikzad, Azari, 2010). Evita o uso de sutura, requer menor tempo cirúrgico, menor tempo de cicatrização e recuperação, e produz menor sangramento, facilitando a carga imediata (Rocci et al., 2012).

A cirurgia guiada permite planejar a localização do implante em relação à prótese e a forma anatômica do osso disponível (D'haese et al., 2012). O cirurgião planeja no computador o posicionamento e orientação ótima do implante, para depois transferir esses dados no guia cirúrgico (Kleinman et al., 2009, Giacomo et al 2014).

Komiyama et al. (2008) reportaram que o procedimento dura entre 30 e 40 minutos, incluindo a reabilitação imediata, um tempo consideravelmente menor que o procedimento convencional com levantamento de retalho. Sugeriu-se também, que a técnica sem descolamento de retalho pode ser utilizada em alvéolos pós-extração para preservar a vascularização local, o contorno do tecido mole e melhora a remodelação óssea local (Esposito et al., 2010).

Cannizzaro et al. (2011) ao compararem implantes colocados com e sem levantamento de retalho mucoperiostico, com a técnica de boca dividida em pacientes, observaram maiores complicações no grupo com levantamento de retalho. O estudo não encontrou diferenças significativas entre os grupos em relação a remodelação óssea e os implantes foram inseridos sem o guia cirúrgico.

A cirurgia sem descolamento de retalho é significativamente benéfica em pacientes sistemicamente comprometidos que não podem ser intervencionados por cirurgia convencional e em casos de pacientes com enxertos ósseos recentes, evitando a reabsorção óssea associada à limitação do suprimento sanguíneo (Araújo et al., 2005). Além do mais, é vantajosa em reconstruções extensas, defeitos faciais, eliminação de tumores, osteorradionecrose e traumas por armas de fogo (Martens et al., 2014). Porém, estes casos continuam sendo um desafio para a reabilitação, pela limitada abertura bucal relacionada à resistência das cicatrizes, que podem interferir na precisão dos guias (Meloni et al., 2015).

A revisão sistemática de literatura (RSL) de Voulgarakis et al. (2014) revelou altos índices de sucesso (89-100%) em implantes colocados com esta técnica, independentemente do uso do guia cirúrgico, entre estudos prospectivos e retrospectivos de 1 a 10 anos de seguimento. Mas, não foram encontradas diferenças significativas entre os implantes inseridos com ou sem cirurgia guiada. As complicações em ambos os grupos foram: perfuração óssea, fraturas do guia cirúrgico ou prótese provisória.

Entre as complicações reportadas na literatura encontram-se: mobilidade do implante (Van de Velde et al., 2010), ausência de tecido queratinizado (Jeong et al., 2011b), úlcera (Komiya et al., 2012), bolsa periimplantar, inflamação e defeitos ósseos ao redor do implante (Landazuri-Del Barrio et al., 2013).

Alguns autores sugerem que ao não descolar o retalho, acelera a cicatrização e aumenta a vascularização (Kim et al., 2009). O estudo de Jeong et al. (2011a) em cães sugere que a inserção de implantes sem levantamento de retalho ajuda a obter maior estabilidade primária. Além do mais, Tsoukaki et al. (2013) sugerem que esta abordagem diminui a reabsorção óssea, normalmente encontrada após o levantamento de retalho, sobretudo no primeiro ano. Porém, outros trabalhos clínicos não encontraram diferenças significativas entre a reabsorção óssea, com e sem descolamento de retalho (Pisoni et al., 2016).

A cirurgia para implantes sem descolamento de retalho e sem um sistema de navegação é de alto risco, considerada uma cirurgia às cegas, pela dificuldade de avaliar com precisão a anatomia do osso, inclinação e profundidade. Os riscos incluem: má posicionamento, perfuração, dificuldades na reabilitação e impossibilidade de manipular o tecido mole (Sclar, 2007). O risco de perfuração é alto e pode ocorrer sobre ou abaixo da crista óssea, porque o cirurgião não pode observar diretamente a morfologia do osso, mesmo com o planejamento na tomografia 3D (Van de Velde et al., 2008).

Entre as complicações transcirúrgicas observadas na literatura na cirurgia guiada em maxilas edêntulas está a fratura do guia, como a intercorrência mais frequente, também dificuldade de inserção do guia, índice de silicone desajustado, problemas de estabilidade primária e necessidade de realizar retalho cirúrgico devido à reabsorção óssea (Laleman et al., 2016). Os riscos da cirurgia sem descolamento de retalho foram diminuídos com a implementação da cirurgia guiada (Van de Velde et al., 2010). Mesmo assim, os índices de sucesso são menores para pacientes fumantes, ainda sem levantamento de retalho, com porcentagens ao redor de 69% (D'haese et al., 2013).

Outras ferramentas foram desenvolvidas para diminuir o tempo laboratorial e resolver as limitações dos guias prototipados, mas com sistemas de navegação complexos e softwares especiais (Di Giacomo et al., 2005). Estes procedimentos requerem inicialmente de 2 a 3 dias, equipamento complexo e custoso (Ewers et al., 2004).

Em relação à remodelação óssea, entre a cirurgia com descolamento de retalho total e sem descolamento, não houve diferenças significativas entre os grupos. A remodelação óssea total dos grupos no período de um ano de carga oclusal foi de 0,61mm. Todos os grupos foram planejados com TC, com e sem cirurgia guiada, os guias cirúrgicos foram fixados no osso e outros somente suportados pela mucosa (Vercruyssen et al., 2014a). No entanto, entre os fatores examinados relacionados com a perda óssea, o fumo foi significativamente um fator de risco para a perda óssea (Vercruyssen et al., 2014a). D'Haese et al. (2013), observaram uma perda óssea de 0.31 mm (SD 0.31) em pacientes não fumantes e de 0.87 mm (SD 1.38) em pacientes fumantes, após um ano.

Cebrian-Carretero et al. (2014), em reparações de defeitos ósseos extensos, como no caso de reconstruções maxilares após remoção de tumores e câncer, a

cirurgia guiada demonstrou ser benéfica para o tratamento e reabilitação oral, com a cirurgia guiada em reconstruções maxilares com enxerto de fíbula. A estereolitografia permitiu colocar os implantes na posição ideal no osso enxertado, com dimensões de implantes ideais. A cirurgia guiada permitiu reabilitar todos os implantes, o que nem sempre foi possível antes da cirurgia guiada.

Entre as vantagens que a cirurgia guiada representa neste tipo de reconstruções extensas com enxerto, Cebrian-Carretero et al. (2014) mencionaram fatores favoráveis, como permitir o planejamento virtual na realidade anatômica do osso e em relação à prótese; evita remover o material de osteossíntese para colocar os implantes sem levantamento de retalho de espessura total, sem interromper a vascularização do enxerto e um melhor eixo de inserção da prótese.

Junto com a microcirurgia, a cirurgia guiada trás benefício notável à reabilitação de pacientes oncológicos. Diminui o risco de dano ao nervo mandibular, perfuração do seio, fenestração e deiscência (Ozan et al., 2009).

O trabalho de meta-análise de Moraschini et al. (2015) revelou que a sobrevida dos implantes inseridos com cirurgia guiada sem descolamento de retalho mucoperiosteal, é de 97,2%, entre 89,2 a 100%, em um período de 22,6 meses.

2.2.1 Indicações

Em geral **a cirurgia guiada**, independentemente dos sistemas estáticos ou dinâmicos, são indicadas nas seguintes situações: cirurgia sem descolamento de retalho total posterior e enxerto ósseo para não interromper o suprimento sanguíneo do enxerto quando é necessário manter uma certa distância entre os dentes vizinhos; em caso de precisar uma angulação específica, sobretudo em casos da zona estética; quando há necessidade de controlar a profundidade evitando trauma do nervo; em caso de levantamento de seio, ao utilizar as corticais do seio e aumentar a estabilidade primária (Block et al., 2016); para otimização da colocação e posicionamento do implante e restauração imediata. Esta abordagem também pode ser útil para pacientes geriátricos e pacientes com condições de saúde comprometidas. O uso do planejamento assistido por computador também pode ser benéfico tanto para o paciente quanto para o clínico (Vercruyssen et al., 2015).

Em implantes imediatos, após extrações dentárias, a cirurgia guiada facilita e controla a inserção dos implantes no *septum* ou a base do alvéolo (De Santis et al., 2010).

Durante o planejamento na TC é possível observar e sinalizar estruturas importantes a serem protegidas como o canal mandibular, forame mentoniano, laço do canal anterior (De Andrade et al., 2001). Variações do canal mentoniano especialmente em pacientes edêntulos totais e parciais (Bou Serhal et al., 2002). O canal mandibular é geralmente pintado para poder ser visualizado durante o planejamento. Da mesma forma, as estruturas maxilares, como os seios, placas pterigóides, piso nasal, forame incisivo, assim como patologias (Greenberg, 2015). O forame incisivo tem uma variação de 1,8 a 5,5mm (Mardinger et al., 2008).

Vários autores concordam que a cirurgia guiada melhora a precisão da inserção dos implantes dentais, facilita e agiliza o procedimento cirúrgico (Genget al., 2015). Sugeriu-se que, em maxilas com superfícies ósseas e gengivais regulares, os resultados da cirurgia guiada são mais precisos que em maxilares de morfologia irregular (Tahmaseb et al., 2014).

Em maxilares atróficos a tomografia computadorizada permite visualizar as condições anatômicas, assim como prever a quantidade de enxerto ósseo necessário para a inserção de implantes no caso do levantamento de seio, por

exemplo. A cirurgia guiada demonstrou ser útil e eficiente em casos de levantamento de seio com enxerto ósseo (Martins, Lederman, 2013).

É necessário ter em consideração a topografia óssea do maxilar. Requer-se pelo menos 5mm de osso em direção bucolingual e 7mm de longitude méso distais, para implantes de 3,5 a 4,2mm, osso adequado ou indicado para expansão. Uma distância maior que 2mm entre o ápice do implante e o dente mais próximo (Stanford, 2005). Implantes curtos precisam de uma densidade óssea suficiente para obter estabilidade primária e gengiva para proteger a porção coronal. Uma gengiva espessa pode ocultar uma crista óssea atrófica ou defeito ósseo local (Flanagan, 2007).

Configurações ósseas com contornos parabólicos são problemáticas para a abordagem com implantes dentais, mesmo com guias cirúrgicos. Implantes inseridos em rebordos parabólicos deixam um colar fino na área de depressão, suscetível à reabsorção. Esta deiscência expõe as espiras do implante interferindo na osseointegração e longevidade do mesmo (Flanagan, 2007).

É importante a seleção de pacientes, fumantes, uso de bifosfonatos, expressões de interleukina IL1 e polimorfismo da citoquina IL1 que apresentam elevado risco de perda do implante (Gruica et al., 2004). O osso tipo III não é um bom candidato para a técnica sem descolamento de retalho. Também a seleção da área cirúrgica com planejamento baseado na TC, com osso e gengiva suficiente, um mínimo de 4mm de osso foi sugerido por Flanagan (2007). E ter em consideração a abertura bucal (Cebrian-Carretero et al., 2014).

2.2.2 Classificação

Os guias cirúrgicos podem ser estáticos ou dinâmicos. Os guias de laboratório e prototipados, fresados no laboratório com um sistema de orientação ou impressos com tecnologia CAD/CAM, são considerados estáticos já que não permitem a modificação da orientação do implante durante sua utilização no leito cirúrgico. Os guias dinâmicos são sistemas de navegação 3D que permitem transferir o planejamento virtual diretamente nos maxilares por meio de um sistema mecânico ou sensores ópticos que permitem observar a posição do instrumento cirúrgico em uma janela em tempo real (Vercruyssen et al., 2014c).

Os guias únicos precisam de um equipamento cirúrgico específico e anéis para cada broca. Os guias múltiplos são mudados junto com a espessura das brocas (Cassetta et al., 2013). Ambas têm suas vantagens e desvantagens descritas na continuidade. Estes podem ser utilizados com ou sem levantamento de retalho, porém, o maior benefício dos guias estereolitográficos é a cirurgia sem levantamento de retalho.

A navegação computadorizada foi utilizada no laboratório para construir guias cirúrgicos estéticos com maior precisão, como o sistema de coordenação de bola-cerâmica, um sistema computadorizado alemão desenvolvido por Lee et al. (2014). Utiliza um perfurador mecânico para orientar as perfurações do guia cirúrgico. O desvio médio deste método foi de 0.42mm e 0.49°, comprovando ser um método viável, porém não tão automático como o guia 3D.

Os guias dinâmicos são mais usados em cirurgia maxilofacial. No âmbito da implantodontia seu uso é limitado devido às escassas publicações clínicas e alto custo (Vercruyssen et al., 2014c).

Independentemente do desvio dos guias cirúrgicos, a cirurgia sem descolamento de retalho melhora os resultados estéticos da prótese e confere maior previsibilidade no tratamento com implantes na zona anterior (Fürhouser et al., 2005). Mantém a mucosa em melhores condições que a técnica convencional, permite manter a papila e diminui a recessão gengival quando a espessura for a suficiente (Koutrach, Mimmo, 2010).

O sucesso dos implantes está relacionado com sua adequada localização, posicionamento, distribuição de stress e o uso correto da técnica. Para alcançar os resultados desejados têm sido desenvolvidas várias técnicas. Entre elas, os guias cirúrgicos, reduzindo riscos e tempo durante o procedimento cirúrgico e aumentando o índice de sucesso dos implantes (Lee et al., 2014).

Guias Cirúrgicos manuais ou de laboratório foram utilizados por autores como Becker e Kaiser (2000), Atsu (2006) e Arfai e Kiat-amnuay (2007) os quais consistiram em guias feitos em modelos clínicos com acetato preenchido ao vazio e perfurações para guiar as brocas. Estes permitem a visualização do planejamento protético e controle manual da orientação das brocas durante as perfurações. Esta liberdade de controle é benéfica quando o cirurgião tem visualização direta do osso, mas não é possível usar a técnica sem levantamento de retalho. Assim, também

Akça et al. (2002), Wat et al. (2008) e George et al. (2011) usaram guias cirúrgicos similares mas, com resina acrílica.

As principais desvantagens de guias cirúrgicos manuais, ainda planejados com TC, são a falta de precisão na hora de colocar a broca dentro do osso segundo o planejamento, a orientação intra-oral do guia cirúrgico, a experiência e habilidade do cirurgião com a técnica. Estudos in-vitro observaram desvios similares às do guia cirúrgico estereolitográfico de 1,5 graus, 0,3 mm em mandíbula e 0,6 mm em maxila (Besimo et al., 2000).

2.2.2.1 Guias Estáticos

São guias feitos no laboratório através de impressão 3D (Prototipagem) ou perfurações nos guias feitos sobre os modelos dos maxilares. São chamados de estáticos porque não permitem a modificação da posição planejada durante o procedimento cirúrgico

A **prototipagem** é uma forma de fabricação aditiva onde um modelo tridimensional é criado por sucessivas camadas de material (eFunda 2017). A **estereolitografia** é um dos métodos mais detalhados de prototipagem rápida e impressão 3D (Voitik, 2002).

A estereolitografia é hoje uma técnica comumente utilizada. Consiste em um guia cirúrgico impresso em 3D para transmitir orientação e posicionamento dos implantes, através de um software de computador no qual é feita a colocação virtual dos implantes. CAD/CAM, coordenação assistida por computador (computer-aided design - CAD) e o desenho das guias cirúrgicas baseado em desenho digital computadorizado (coordinated computer-aided manufacturing - CAM), guias cirúrgicos construídos por estereolitografia, rapid-prototyping (RP) ou impressões 3D. Estes guias cirúrgicos são capazes de posicionar eficientemente as brocas durante a perfuração cirúrgica em relação ao planejamento (Sarment et al., 2003a).

Na aquisição de imagens e dados anatômicos do paciente, a segmentação das imagens, planejamento com o programa computadorizado e a impressão do guia estereolitográfico. Cada um destes passos está sujeito a fatores de erros, que podem até influenciar o passo seguinte (D'haese et al., 2012).

Entre as vantagens observadas dos guias cirúrgicos pode se considerar: permitem a inserção de implantes com segurança, sem levantamento de retalho;

maior conforto do paciente e profissional; menor tempo cirúrgico; preservação de tecido ósseo e mole, integração do planejamento protético (Valente et al., 2009). E entre os pontos fracos da técnica foram mencionadas: não permitir visualizar as estruturas anatômicas; o risco de aquecimento das brocas pela limitada irrigação através do guia; o risco de desvios durante a inserção do implante; erros no planejamento e transferência do planejamento; possível variabilidade para implantes imediatos pós-extração (Ersoy et al., 2008).

Para orientar a prótese e a posição do implante é utilizada a técnica de *scan duplo* descrito inicialmente por Jacobs et al. (1999), reconhecendo o potencial do uso de guias prototipados em pacientes edêntulos totais. A tomografia é feita no paciente com uma prótese provisória ou guia com sulfato de bário, que é radiopaco, e o guia é fixado num modelo da maxila prototipado.

Os primeiros guias cirúrgicos foram adaptados e retidos diretamente no osso, precisando descolamento de retalho mucoperiosteal. As seguintes gerações de guias em pacientes desdentados parciais foram dento e mucoso suportados. No lugar do bário, o *scan duplo* utiliza marcações radiopacas como pontos de metal ou gutapercha na prótese provisória para a TC. Esta tomografia é sobreposta na primeira tomografia do paciente com ajuda de programas computadorizados e a trajetória do guia cirúrgico é feita com prototipagem (Greenberg, 2015).

Vários programas podem ser utilizados durante o planejamento, geralmente os dados obtidos da TC são convertidos em formato DICOM, estes são sobrepostos para o planejamento da posição dos implantes em relação à prótese. É importante que os modelos dentais ou dos maxilares sejam a réplica exata para que o guia possa ser adaptado corretamente durante a TC do paciente (Greenberg, 2015).

Para os distintos diâmetros de brocas, alguns sistemas utilizam diferentes guias, outros um sistema de cintas removíveis para o variável comprimento das brocas. Existem também limitantes de profundidade para controlar a altura da perfuração, outros utilizam marcações. Alguns guias permitem a inserção guiada do implante até o fim e outros requerem a remoção do guia para inserir o implante (Vercruyssen et al., 2014c).

Sarment et al. (2003b) relataram que houve melhora estatisticamente significativa em todas as medições, quando os guias cirúrgicos por estereolitografia foram usados, em comparação com guias convencionais e sugeriu que este resultado pode ser relevante ao colocar vários implantes distantes paralelos, onde o

grau de precisão é fundamental para obter um único caminho de inserção da prótese.

Tardieu et al. (2003) sugeriram que o guia cirúrgico pode ser criado e desenhado como uma prótese provisória para cirurgia com carga imediata. A precisão da cirurgia guiada faz com que a osteotomia do osso seja menos traumática, aumentando a expectativa de sobrevida dos implantes, sendo complementado por Greenberg (2015) que auxilia a manter o suprimento sanguíneo e a altura da crista óssea.

Atualmente a cirurgia guiada tem evoluído junto com a tecnologia, a introdução da Fabricação CAD-CAM melhorou a precisão dos guias e a planificação cirúrgica (Di Giacomo et al., 2005). Ao comparar a precisão dos guias cirúrgicos em extremos livres com fixação uni e bilateral, não se encontraram diferenças significativas (Van Assche et al., 2010). É possível que o material rígido dos guias cirúrgicos evite o balanceio e movimentações, permitindo sua utilização unilateral (Behneke et al., 2012).

À cirurgia guiada em maxilar e mandíbula, relatam-se resultados ligeiramente melhores para mandíbula que para maxila. Possivelmente pela baixa densidade do osso, porém; as diferenças não foram significativas e estes achados devem ser considerados com cautela (Behneke et al., 2012).

No estudo de Vercruyssen et al. (2014a) ao comparar a remodelação óssea de paciente com cirurgia guiada e cirurgia convencional, não foram observadas diferenças significativas entre os grupos. Além do mais, em relação à qualidade de vida (limitação funcional, dor física, desconforto psicológico, deficiência física, deficiência social e outras razões para desconforto) e satisfação dos pacientes, não encontraram diferenças significativas.

Porém, Schnitman et al. (2014), relataram valores maiores de sucesso em implantes colocados pela técnica de estereolitografia quando comparados à cirurgia convencional. Os pesquisadores relataram um estudo cohort de 27 pacientes em um período de 7 anos e 80 implantes com um índice de sucesso de 100%, incluindo maxilares com ossos tipo III e IV e áreas posteriores. 60% dos implantes foram reabilitados com carga imediata, 30% expostos com pilares de cicatrização e 2,5% submergidos, na área posterior foram colocados 33,8% no maxilar e 33,8% na mandíbula.

Ainda podem ser melhorados fatores críticos relacionados aos guias cirúrgicos como são o incremento de radiação. A técnica de Nobel/Biocare inclui triple scan tomográfico (Vasak et al., 2011) a qual incrementa a precisão mas, também, o custo laboratorial (software de planejamento, guia cirúrgico, TC e aditamentos como parafusos de fixação) e tempo (Hultin et al., 2012).

A revisão sistemática de Voulgarakis et al. (2014) sugeriu que os protocolos de cirurgia guiada 3D comparados com a técnica convencional, aumentam o custo e requerem maior processo laboratorial. O cirurgião precisa estar familiarizado e treinado com o sistema que geralmente termina sendo extenso e demorado. Além do mais, a dose de radiação é significativamente maior.

O tempo cirúrgico é significativamente menor que na técnica convencional, mas o tempo de planejamento e laboratorial é significativamente maior. Por tanto é difícil avaliar o custo benefício da técnica (Vercruyssen et al., 2014a).

Inicialmente é crítica a transferência da prótese provisória ou planejamento protético no plano virtual para posicionar os implantes virtualmente nos maxilares 3D do paciente. Geralmente isto é conseguido por meio de pontos radiopacos de referência com guta-percha ou Sulfato de Bário (Beretta et al., 2014). Com este protocolo Van Assche et al. (2007) reportaram desvios entre o planejamento e a inserção, de $2,71^{\circ}$ (graus) com desvio horizontal de 0,7mm no nível cervical e 1 mm no ápice.

A maior desvantagem dos marcadores intra-orais é que em reabilitações extensas com prótese fixa ou restaurações metálicas, pode ser difícil localizar os marcadores e que a transferência seja precisa. Beretta et al. (2014) relataram resultados satisfatórios utilizando um marcador geométrico extraoral radiopaco com um total de 300.000 pontos, além do mais, no local de um duplo scan como a maioria de protocolos, os autores usaram um scan óptico, o que permite a valoração exata da espessura do tecido mole, melhorando o processo de planejamento virtual.

O assentamento e fixação apropriado do guia sobre os maxilares é outro passo chave na precisão dos guias. Os guias podem ser fixados na mucosa, no osso, nos dentes ou em todos eles. Para assegurar o posicionamento e estabilidade do guia, são usados pinos de fixação intra ósseos que atravessam o guia, o tecido mole e são inseridos no osso (Beretta et al., 2014).

Foi recomendado o uso de um único guia cirúrgico associado a um kit cirúrgico específico, integrando o controle da profundidade de inserção do implante,

para fazer a osteotomia com segurança e colocar o implante com precisão (Arisan et al., 2010b).

Os sistemas estáticos estão indicados para cirurgias sem descolamento de retalho mucoperióstico, para confeccionar a prótese provisória a partir do guia e em casos desdentados totais ou espaços edêntulos amplos (Block et al., 2016).

2.2.2.1.1 Procedimentos

Após o exame clínico, diagnóstico, exames complementares, é confeccionado um registro oclusal. O paciente morde gentilmente este registro, assegurando o correto posicionamento das próteses, alinhadas com o planejamento cirúrgico e ajustadas na mucosa. É necessário próteses prévias funcionais ou preparadas antes da tomografia. Com estas é feita uma réplica digital (formato STL) para o planejamento. Pelo menos 5 bolinhas são inseridas na superfície da próteses como marcadores radiopacos aleatoriamente distribuídos (Figura 2.1) (Van Steenberghe et al., 2005).

Figura 2.1 - Marcadores radiopacos no guia para a tomografia

Fonte: Van Steenberghe et al. (2005)

O protocolo inclui duas tomografias. Na primeira o paciente usa o registro e a prótese, com o plano oclusal paralelo ao plano axial. Imediatamente depois, uma

segunda TC com as próteses. Ambas tomografias são fusionadas com os marcadores de gutapercha. Esta dupla tomada radiográfica permite obter uma imagem precisa da relação entre os maxilares e a próteses (Van Steenberghe et al., 2005).

Esta imagem é importada ao software computadorizado para planejamento com técnicas render (Oralim, Medicim, Sint-Niklaas, Belgium). Uma vez que a posição do implante é seleccionada no programa, pode-se visualizar a relação da posição do implante com próteses virtual, isto permite ajustar ou modificar a área do implante. É recomendável controlar os limites de estruturas anatômicas ao redor do implante a 1,5mm (Horwitz et al., 2009).

Finalmente são colocados ao redor de 3 pinos para fixação do guia (Parel, Triplett, 2004). O guia cirúrgico é feito de acrílico, com cilindros metálicos que guiam as brocas, três cilindros verticais menores para fixação e estabilização do guia (Figura 2.2).

Figura 2.2 -Planejamento digital com pinos de fixação

Fonte: Van Steenberghe et al. (2005)

Van Steenberghe et al. (2005) conseguiram 100% de sucesso ao colocar implantes com carga imediata e cirurgia guiada para próteses fixas sobre implantes (protocolo) em 27 pacientes, por cirurgiões experientes. O estudo relata o procedimento de cirurgia guiada passo a passo.

O guia estereolitográfico pode ser empregado de duas formas: uma com vários guias para cada uma das brocas (figura 2.3) e, a outra, em um mesmo guia e a ajuda do kit cirúrgico do sistema para mudar o tamanho da broca (Sohmura et al., 2009).

Figura 2.3 - Estereolitografia guia múltipla SimPlant

Fonte: Bavar (2008)

Nobel Biocare Surgiguide (Bavar, 2008)

- O guia cirúrgico é feito para preparar a prótese antes da cirurgia.
- Permite a perfuração com brocas de distintas dimensões

- O software possibilita planejar o posicionamento rotacional do implante, mas, esta informação não é transmitida no guia.
- Não é possível modificar ou corrigir a posição do implante.
- A prótese provisória é parafusada com abutments cónicos.
- Colocar uma próteses imediata definitiva é arriscado por possíveis desvios.
- Não todos os pacientes são candidatos para usar o Guia.

Nobel biocare - Teeth in an hour (Bavar, 2008)

- A prótese é construída com adequada oclusão, retenção e estética.
- São colocadas marcas radiopacas de gutta percha ou material provisório, em 6 locais vestibulares e 4 no setor palatino.
- É tomado um registro de mordida com material a base de polysiloxano.
- O paciente é enviado para duplo escaneamento com TC: um com a prótese em oclusão e outra com um jig.
- O software combina as tomografias. É possível observar os maxilares separados da próteses ou junto com a próteses.
- É feita a cirurgia virtual do paciente, selecionando a posição e implante adequados.
- O planejamento é enviado a Nobel Biocare e o guia, o duplicado da prótese e as peças necessárias podem ser encomendadas.
- São feitas marcações no setor vestibular do guia cirúrgico.
- O duplicado da prótese, o guia cirúrgico e o registro de mordida são enviados ao laboratório.
- O laboratório coloca os análogos em cilindros encaixados no guia cirúrgico, orientados pelos marcadores vestibulares do guia cirúrgico. Gengiva artificial é colocada sobre os análogos dos implantes.
- O duplicado da prótese é colocado sobre a gengiva artificial e o modelo é articulado
- Abutments personalizados são feitos para inserir uma próteses cimentada.
- Copings são feitos sobre os abutments no modelo, mas não são esplintados.
- Uma prótese provisória acrílica é feita para encaixar sobre os abutments personalizados.
- O paciente é anestesiado localmente; coloca sua prótese e comprime a gengiva para que ela volte a sua posição normal. O guia cirúrgico é

posicionado na maxila do paciente. O paciente morde o registro de mordida. O guia cirúrgico é segurado na maxila do paciente através de pinos de fixação.

- São feitas as perfurações e colocados os implantes.
- Os abutments são inseridos nos implantes, os copings são colocados nos abutments e unidos com acrílico para a tomada de impressão.
- A prótese provisória é cimentada e a impressão enviada ao laboratório.
- Após aproximadamente 4 meses é provada a prótese e depois concluída.
- O excesso de gengiva precisa ser removido antes da elaboração do guia.
- Os casos devem ser bem selecionados, não é para todos os casos. Ainda mais se foram necessárias exodontias.
- Pacientes com sorriso alto também não são bons candidatos para este tratamento (Balshi et al., 2006).
- Apesar de a técnica ter sido desenhada para colocar a prótese definitiva após o tratamento, com 0,01 mm de erro. É recomendável que seja colocada uma prótese provisória durante o período de osseointegração. A orientação do hexágono não é previsível (Balshi et al., 2006).
- A distância entre os implantes é maior que em outro tipo de guias convencionais, já que a cinta de aço do guia precisa de 1,5mm entre as cintas (Balshi et al., 2006).

Keystone Dental (Bavar, 2008)

Estes guias cirúrgicos não determinam o diâmetro, posição rotacional dos análogos ou dos implantes. Isto impede de fazer uma prótese pré-cirúrgica.

Em ordem de relacionar a prótese com o planejamento digital, uma prótese deve ser fabricada para ser realizada a tomografia. Esta prótese pode ser feita de várias formas (Vercruyssen et al., 2015). Em pacientes edêntulos totais a primeira opção é uma cópia em resina da prótese provisória radiopaca. Esta é utilizada na tomografia, posicionada na boca do paciente. Outra é a técnica de scan duplo, na qual o paciente é tomografado usando a prótese com marcadores radiopacos e depois a prótese é escaneada por si só. As imagens mostram os maxilares com os pontos radiopacos sem mostrar a prótese, para ser fusionada com o planejamento (Van Steenberghe et al., 2005). Em pacientes desdentados parciais, geralmente é

utilizada uma prótese virtual ou provisório digitalizado. O duplo scan também pode ser utilizado nestes casos, mas sua aplicação é ainda questionada (Vercruyssen et al., 2015).

Não está definido se o número de mangas guias aumenta ou diminui a precisão do guia mencionado entre Behneke et al. (2012) e Horwitz et al. (2009).

Ancoragem

Nos guias cirúrgicos estereolitográficos o suporte pode ser dental, mucoso ou ósseo e várias técnicas foram descritas com este propósito. Na presença de dentes remanescentes, os guias cirúrgicos conseguem estabilidade e retenção ao se assentar bilateralmente nos dentes. Os guias mucoso suportados geralmente são utilizados em casos desdentados totais. Os guias ósseo suportados são posicionados no osso após o descolamento de retalho mucoperiosteal, usado em casos extensos. Os guias também podem ser fixados por aditamentos especiais como pinos de fixação ou mini implantes (implantes curtos) antes do procedimento cirúrgico (D'Haese et al., 2017).

A precisão dos guias cirúrgicos é maior quando eles são assentados nos dentes em lugar da gengiva como no caso de pacientes desdentados totais, mesmo fixados no osso com pinos (Geng et al., 2015). A fixação do guias prototipados nos maxilares geralmente é feito utilizando de 3 pinos de fixação inseridos no osso através do guia. Estes mantêm o guia em posição e evitam micro movimentações durante a perfuração das brocas. A disposição dos pinos de fixação é em formação de tripode, suficiente para cumprir o objetivo estabilizador (Casseta et al. 2011). Os pinos de fixação também precisam ser guiados por cintas por meio do guia e limitar sua profundidade para evitar deformações por excessiva pressão (Beretta et al. 2014).

Em pacientes desdentados totais são usados 3 ou 4 pinos de fixação (Van Steenberghe et al. 2005). Estes pinos podem ser ajudados com pilares (abutments) específicos para o guia cirúrgico nos primeiros implantes colocados, mantendo a estabilidade no osso e da gengiva, durante as perfurações (Balshi et al. 2006). É recomendável que os parafusos de fixação posteriores sejam apertados antes dos anteriores, já que ao contrário, existe o risco de inclinar o guia (Arisan et al. 2010b).

No caso clínico apresentado por Marchack e Moy (2014) sobre a reabilitação de um paciente edêntulo total com 78 anos, relataram uma precaução a mais dos 3 pinos de ancoragem. Segundo recomendação do fabricante do guia, colocaram primeiro os penúltimos implantes, no caso da maxila os implantes colocados na área dos caninos, para segurar ainda mais o guia com pilares diretamente ajustados nestes implantes, por meio do guia cirúrgico. Os autores relataram o sucesso do caso com prótese imediatas superior e inferior com acompanhamento de 8 anos.

Chen et al. (2010) sugeriram um método para fixar os guias nos dentes, em casos parciais, com scanner e laser. O procedimento tem maior precisão que a informação da morfologia dentária obtida pela TC, para o suporte do guia dental e ósseo.

2.2.2.1.2 Complicações

Entre as complicações cirúrgicas descritas a mais comum é a falta de estabilidade primária, relacionado a baixo torque em ossos tipo IV e em implantes colocados na maxila (Giacomo et al., 2014). Torques maiores que 50N estiveram relacionados com fratura do guia (Gillot et al., 2010) e a plataforma do implante (Landazuri-Del Barrio et al., 2013); dificuldade para posicionar o guia cirúrgico (Gillot et al., 2010) e fenestração do osso (Puig 2010); mudança do planejamento cirúrgico ao redor de 2% (Tahmaseb et al., 2014).

A fratura do guia cirúrgico pode ser evitada incrementando o espaço entre os dentes ou implantes e o cilindro guia, mantendo a espessura necessária do material (Vercruyssen et al., 2015).

A movimentação do paciente durante o escaneamento pode afetar o desvio na angulação do implante. Atualmente os novos tomógrafos diminuíram os tempos de escaneamento reduzindo estes erros de movimento (Pettersson et al., 2012).

Outra variável é a espessura da mucosa. Para evitar erros é recomendado usar uma pressão estável durante o registro de mordida, durante o escaneamento e na cirurgia (Pettersson et al., 2012).

Complicações protéticas

Foram observadas fraturas tanto das próteses provisórias (Puig, 2010) como das definitivas (Landazuri-Del Barrio et al., 2013). Fraturas da estrutura de resina (Gillot et al., 2010), afrouxamento dos parafusos, necessidade de ajustes oclusais extensos, desadaptação dos componentes protéticos (Landazuri-Del Barrio et al., 2013). Em média a sobrevida das próteses foi de 83,9 a 100% (Browaeys et al., 2015).

Os cirurgiões implantodontistas precisam estar cientes das variações que podem ocorrer na inserção de implantes com as técnicas de Cirurgia guiada para evitar pôr em risco áreas anatômicas sensíveis e a reabilitação protética (Pettersson et al., 2012; Seo et al., 2018). A seleção do paciente é um fator importante na precisão da cirurgia guiada, já que um maxilar atrófico pode levar a erros de posicionamento ao alinhar a tomografia e o guia cirúrgico (Pettersson et al., 2012).

Desvios

Geralmente os estudos que avaliaram a precisão dos implantes compararam o planejamento inicial com uma tomografia posterior à colocação dos implantes, sobrepondo as imagens ou modelos pós operatórios, em ambos casos com resultados similares. As medições foram feitas ao nível cervical, apical e angulação da inclinação do implante (Vercruyssen et al., 2014c).

Ao comparar a cirurgia guiada e a técnica convencional para inserir implantes unitários, não foram encontradas diferenças estatisticamente significativas. Com 100% de sucesso na sobrevida dos implantes e próteses imediatas (Pozzi et al., 2014).

Em 2005 Giacomo, Cury, Soares, et al., ao avaliar a cirurgia guiada em 4 pacientes, com um total de 21 implantes, observaram desvios no posicionamento dos implantes, no nível cervical de $1,45 \pm 1,42\text{mm}$; no nível apical de $2,99 \pm 1,77\text{mm}$ e, em relação com a orientação dos implantes, a média do desvio foi de $7,5 \pm 2,67^\circ$. Os pesquisadores concluíram, que apesar de ser útil, o sistema precisava ser melhorado.

Pettersson et al. (2012) ao avaliar as desvios com guias prototipados em 25 pacientes, observaram desvios no nível cervical entre 0,1 e 1,2mm e de 0,2 a 3,6 no

ápice, valores similares a outros autores (Van Assche et al., 2012; Vercruyssen et al., 2014c). No ápice foram observados desvios de até 6,9mm, angulação máxima de 24,9° com uma média de 3,8° (Vercruyssen et al., 2014c) e com índice de sucesso de 97% (Van Assche et al., 2012). O principal erro da cirurgia guiada é observado no sentido vertical, na profundidade (Vercruyssen et al., 2015).

Foram observados menores desvios em casos de implantes unitários com suporte dental mesial e distal, com uma média de $0,21 \pm 0,16$ mm no nível cervical, $0,32 \pm 0,34$ mm no ápice e $1,35^\circ \pm 1,11^\circ$. O desvio é maior quando o suporte é unilateral, como no caso de extremo livre (Farley et al., 2013).

Desvios em sentido vestibular interferem com os resultados estéticos da prótese. Entre os desvios em dentes unitários, as vestibulares representam 70%, geralmente incrementando a altura da coroa e a recessão gengival com o passar do tempo (Fürhauser et al., 2005).

Vários estudos sugerem que os guias cirúrgicos são mais precisos quando são fixados nos dentes que quando são suportados por osso e gengiva exceto o desvio apical (Ozan et al., 2009; Van Assche et al., 2007).

Os maiores desvios foram observados em direção corono apical de 2,02 mm e 8°, na região posterior de molar e, quanto mais mucosa maior o desvio (Vasak et al., 2011). Os desvios observados na região posterior têm sido relacionados com a limitação da abertura bucal (Akça et al., 2002; Valente et al., 2009). Os espaços edêntulos posteriores influenciam também negativamente a cirurgia guiada, devido ao suporte do guia num só extremo. Porém, um fator importante na precisão da cirurgia guiada é a fixação e suporte do guia. A precisão incrementa ligeiramente quando os guias cirúrgicos são fixados com parafusos rigidamente nos maxilares, sendo recomendado dois parafusos de fixação na região anterior e dois posteriores (D'haese et al., 2012). E até a fixação do guia com implantes temporários (Naziri et al., 2016). O meta análise de Van Assche et al. (2012) revelou um margem de erro aceitável de 2mm para a cirurgia guiada, sugerindo também a seleção do caso e o uso de pinos de fixação. Beretta et al. (2014) também sugeriram uma distância de segurança de 2mm às estruturas anatômicas.

Segundo Di Giacomo et al. (2005) os desvios observados foram devidos a micro movimentações do guia durante a cirurgia, considerando que eles não usaram parafusos de fixação nos guias cirúrgicos.

Van Steenberghe et al. (2002) demonstraram em 2 cadáveres e 8 pacientes com um total de 15 implantes, usando o guia cirúrgico estereolitográfico, que a precisão do tratamento com cirurgia guiada melhora com guias fixados em osso.

Guias cirúrgicos fixados total ou parcialmente em mucosa podem dificultar o reposicionamento do mesmo na boca, devido a resiliência e mobilidade, diminuindo a precisão do planejamento (Vercruyssen et al., 2008). O incremento de 1mm de mucosa incrementa o desvio bucolingual em 0,4mm (Vasak et al., 2011). A precisão total do guia cirúrgico é determinada pela fixação do guia na boca do paciente, quando este é instável por condições do osso ou mucosa, aumentam os erros. Além do mais, a conexão imediata do abutment pode produzir um desvio adicional em implantes com baixa estabilidade (D'haese et al., 2012).

A ótima guia da broca se dá ao nível coronal, sendo maior o desvio quanto maior seja o comprimento do implante e a profundidade no osso (D'haese et al., 2012). Pettersson et al. (2012) observaram diferenças significativas na profundidade média de implantes inseridos com distintos componentes de inserção. Ainda quando toda a perfuração é feita com guia cirúrgico, o desvio pode ocorrer quando o implante é inserido manualmente no final do procedimento (Park et al., 2009).

A profundidade do implante colocado com cirurgia guiada também pode variar do planejamento, dependendo do sistema empregado. Naziri et al. (2016) pesquisaram diferentes sistemas de cirurgia guiada em pacientes edêntulos parciais, colocando 246 implantes no total, dos quais 2 implantes ficaram 3mm abaixo do planejado. Uma incidência mínima sem riscos consideráveis mas que poderia ser evitado com um guia cirúrgico que melhora a visibilidade do campo operatório.

A altura da crista óssea pode ser um fator determinante na precisão dos guias em pacientes desdentados totais, já que rebordos altos e amplos dariam maior estabilidade aos guias. Não foram encontrados trabalhos comparando os guias em maxilares atróficos e com rebordos amplos. Vários artigos mencionaram osso suficiente sem determinar a dimensão exata (Van Assche et al., 2012). Arisan et al. (2010a) mencionou que o valor suficiente de comprimento ósseo, seria maior do que 4,5mm.

O uso do guia cirúrgico pode ser limitado em algumas situações, como nos casos de escassa abertura bucal, sendo utilizado só para as primeiras perfurações e as seguintes feitas a mão livre. Isto reduz a precisão da posição do implante (Behneke et al., 2012).

Cassetta et al. (2013) ao comparar guias cirúrgicos estereolitográficos únicos fixos e livres com guias múltiplos, em pacientes desdentados totais e parciais. Observaram melhores resultados com guias únicos fixos nos maxilares e os guias múltiplos foram mais precisos que os guias únicos sem sistema de fixação. No uso consecutivo de vários guias para distintos comprimentos das brocas, o posicionamento e estabilidade dos guias é um fator ainda mais importante. Foi observado que este tipo de guias se movem espontaneamente afastando-se do osso, especialmente em áreas de maior densidade. Em alguns casos foi observado afrouxamento dos parafusos de fixação, precisando ser apertados durante a cirurgia (Arisan et al., 2010a).

O estudo de Behneke et al. (2012) valorou alguns fatores relacionados com desvios da cirurgia guiada, com TC em pacientes edêntulos parciais. No caso de distintos guias cirúrgicos, unitários, espaços edêntulos múltiplos, guia total ou parcial com perfuração manual no final. Observaram-se diferenças significativas entre os guias cirúrgicos, com valores maiores no nível apical.

O estudo prospectivo de Naziri et al. (2016) ao comparar sistemas de cirurgia guiada revelou que a precisão do posicionamento do implante diminui ao aumentar o comprimento do implante. A dimensão vertical depende do nível da crista óssea, porém em casos estéticos é recomendável o descolamento do retalho para controle visual. Neste mesmo estudo o maior desvio observado, na colocação de implantes foi de 16.6°. Este considerável desvio foi devido a que as duas primeiras perfurações foram feitas com o guia cirúrgico e as últimas sem ela, a pulso.

Independentemente do guia cirúrgico utilizado o número de mangas de aço do guia cirúrgico para guiar a broca durante a perfuração, aumenta diretamente a precisão da posição do implante. Com exceção de casos unitários nos quais não se encontraram diferenças significativas (Behneke et al., 2012). Kalt e Gehrke (2008) referem maior precisão ao usar manga dupla no guia durante a perfuração com a primeira broca, a lança.

A angulação dos implantes pode ser afetada pela dificuldade da perfuração, ainda mais em implantes longos, ao posicionar brocas longas na limitada abertura da boca. Isto é evidenciado pelo fato que observou-se desvios significativos relacionados com o comprimento do implante em sentido méso-distal. Implantes menores que 11 mm foram recomendados para cirurgia guiada (Naziri et al., 2016).

É possível que a qualidade e densidade do osso seja um fator relacionado à precisão da posição planejada, um osso com baixa densidade poderia produzir maior desvio. Alguns autores sugerem que o maxilar esteja sujeito a maior desvio comparado à mandíbula, mas, esta hipótese precisa de estudos determinantes (D'haese et al. 2012). Também foi observada relação entre o incremento do desvio angular dos implantes com a densidade óssea (Cassetta et al. 2011).

O estudo de Kalt e Gehrke (2008) revelou que a precisão na colocação de implantes diminui em relação direta com o número de passos na preparação do guia. O estudo foi corroborado por Naziri et al. (2016), ambos compararam distintos sistemas de guias cirúrgicos.

O atrito da broca com o osso e o guia cirúrgico pode interferir na precisão do guia. O uso de mangas de titânio para dirigir a broca durante a perfuração incrementa os desvios do guia. Assim também pode influenciar a resistência do osso na orientação da broca durante a perfuração (Horwitz et al., 2009).

Outro desvio pode ocorrer por discrepância entre a broca e a manga do guia cirúrgico, esta fenda pode estar entre os 0,15 e 0,2 mm (Valente et al., 2009). Esta fenda é necessária na colocação do implante por motivos mecânicos (Van Assche et al., 2017). A rotação livre de 60 µm da broca resulta num desvio de 200 µm no nível apical (Dreiseidler et al., 2012). Koop et al. (2013) observaram desvios de 5,2°, um máximo de 1,3mm no nível cervical e 2,4 mm no ápice só resultado do pequeno espaço entre o tubo guia e a broca. Di Giacomo et al. (2012) observaram um ligeiro desvio a mesial de cirurgiões destros, especialmente no setor posterior.

O uso inapropriado dos guias, de distintos sistemas aos planejados ou a adaptação da broca com o cilindro guia, influencia negativamente a precisão dos implantes. Laederach et al. (2016) observaram diferenças significantes ao comparar diferentes sistemas de guias estereolitográficos, sugerindo que o sistema e o protocolo utilizado influencia a precisão dos implantes. A forma da ponta da broca facilita o deslizamento durante os primeiros milímetros da perfuração, adquirindo estabilidade com o afundamento e maior contato com o osso. O uso de plexiglass incrementa o erro devido a resistência do material. Assim também o uso de cilindros paralelos sendo melhores que cilindros cônicos.

É importante manter a broca paralela e centrada em relação ao cilindro guia (Koop et al. 2013). Walton et al. (2001) sugeriram que o treinamento e experiência do profissional influencia a precisão da cirurgia guiada. Seu trabalho comparou as

angulações entre o planejamento e os implantes instalados, a maior angulação observada foi de 3,8° para os profissionais experientes e 7,1° para os iniciantes.

Fatores Laboratoriais

Além de fatores clínicos, têm sido relatados fatores relacionados a processos laboratoriais, a recolocação e avaliação da imagem, os dados, ou na conversão e fusão das imagens no programa (software) de planificação (Birkfellner et al., 2001). Erros na colocação do guia ou artefatos por micromovimentos do paciente durante a tomada da imagem (Dreiseidler et al., 2009).

Em relação às técnicas tomográficas utilizadas não se encontraram diferenças significativas. Independentemente do equipamento tomográfico, o protocolo de scanner é mais importante que o aparelho mesmo. Para melhorar a precisão é necessário um protocolo de alta definição (Vercruyssen et al., 2014c). Outros autores sugeriram que o equipamento tomográfico poderia influenciar na precisão do guia (Liang et al., 2010).

Dentro dos erros de fusão das imagens Vasak et al. (2011) encontraram imprecisões desde 0,14 mm a um desvio máximo de 0,21 mm. Os erros durante a tomada da imagem geralmente são menores que 0,5 mm (Reddy et al., 1994). Durante o planejamento, as imperfeições estão dentro dos 0,32 y 0,49 mm (Horwitz et al., 2009). Na produção do guia cirúrgico estereolitográfico as potenciais imperfeições estão dentro dos 0,1 e 0,2 mm (Van Steenberghe et al., 2002).

Movimentos do paciente ou artefatos metálicos, como restaurações metálicas influenciam negativamente a precisão da transferência do planejamento, a maioria de vezes sendo imperceptíveis. Estes pequenos erros não são considerados clinicamente relevantes (Pettersson et al., 2012)

O posicionamento da mandíbula em relação a TC influencia a precisão das medições lineares entre 2% e 51%. A precisão dos sistemas de TC tem sido observados dentro de mais ou menos 1mm (Hanazawa et al., 2004). Estes pequenos erros mesmo sendo em alguns casos insignificantes podem ser potencialmente graves em casos de implantes próximos a dentes, como no caso de incisivos laterais e pré-molares.

O posicionamento da prótese durante a TC é extremamente importante, é recomendado usar um registro de mordida durante a tomada radiográfica, para

posicionar corretamente a prótese. O programa pode detectar se existe ar entre a prótese e a mucosa, alertando a desadaptação. Se esta não fosse adaptada corretamente é possível que a posição dos dentes em relação à maxila não coincida, a posição do implante seja errada, o guia cirúrgico não encaixe ou seja instável resultando em desvios (Vercruyssen et al., 2014c).

Estos desvios podem produzir fratura do guia cirúrgico, prótese provisória, dificuldades na restauração imediata e desadaptação protética (Vasak et al., 2014). Na produção do guia podem existir complicações tanto nos guias prototipados como os laboratoriais. Na confecção dos guias os desvios podem ocorrer durante a TC na aquisição das imagens, na segmentação e união das imagens e a impressão prototipada (Schneider et al., 2002) ou no sistema de transferência utilizado no caso dos guias laboratoriais (Vercruyssen et al., 2014c).

A transferência do planejamento cirúrgico é um procedimento sensível a erros. O desvio total depende da qualidade de imagens radiográficas, estabilidade do guia e erros mecânicos como a adaptação do guia nos maxilares e com as brocas (Block, Chandler, 2009).

É difícil comparar os diferentes sistemas de guias estáticos que existem. Independente da técnica é comum observar diferenças entre o planejado e o executado, estas angulações são aceitáveis em torno de 2°. Angulações maiores que 6° atuam negativamente sobre o implante (Vercruyssen et al., 2014c).

Vercruyssen et al. (2014b) reportaram desvios do guia cirúrgico na cirurgia guiada de 1,4 mm com uma faixa de 0,3 a 3,7 a nível cervical, a nível apical foi de 1,6 mm (0,2 a 3,7) e em inclinações foi de 3° (0,2° a 16°). Devido aos desvios descritos, a maioria de protocolos sugere uma distância de segurança de 1,5mm (Pozzi et al., 2014).

Limitações / Cuidados

Foram observadas micro-movimentações durante a perfuração, por falta de estabilidade (Di Giacomo et al., 2005). Sobre-ajustar o implante durante a inserção também pode alterar a posição do guia (Balshi et al., 2006). Movimentos do paciente durante a cirurgia e limitada visualização do local cirúrgico (Vercruyssen et al., 2015).

A fixação e adaptação especialmente em osso e mucosa, no estudo de Di Giacomo et al. (2005) num dos pacientes o guia cirúrgico encaixou no molar 16, mas não na porção distal do canino 13, resultando em um considerável desvio.

Novellino e Laganá (2011) observou desadaptações do guia cirúrgico num estudo in-vitro, é de esperar estas complicações em casos clínicos. Porém é necessário mencionar aqui que a desadaptação pode ter sido resultado de contração do material de recobrimento utilizado para simular a gengiva.

Figura 2.4 - Desadaptação do guia no modelo simulador

Fonte: Novellino e Laganá (2011)

É importante verificar a ausência de ar entre a prótese a ser escaneada e a mucosa, para comprovar a adaptação nos maxilares. Além do mais, a prótese precisa ter uma espessura suficiente para permitir a segmentação das imagens tomográficas. Se esta for muito fina não permite diferenciar os bordos da prótese dos espaços de ar (Vercruyssen et al., 2015).

Em presença de dentes a guia estereolitografada é suportada por dentes e gengiva, duas superfícies distintas impedindo uma fixação rígida (Van Steenberghe et al., 2002).

A quantidade de tecido mole e a mobilidade do mesmo podem dificultar a precisão da fixação do guia (Horwitz et al., 2009). A remodelação óssea após extração ou modificações da gengiva podem interferir na precisão do planeamento (Vercruyssen et al., 2015).

Nem todos os pacientes são candidatos para a cirurgia guiada sem descolamento de retalho. Pacientes com dentes que precisam ser extraídos, estes casos o paciente deve usar uma prótese removível até a regeneração óssea. Tecido mole excessivo na área posterior pode dificultar a colocação do guia nos maxilares. Em general o colo do implante fica a 8mm da cinta do guia cirúrgico, se a gengiva é maior pode comprimir ela e produzir erros de orientação. A precisão do tratamento depende da precisão da fixação do guia (Balshi et al., 2006).

Durante a infiltração de anestesia, a gengiva sofre aumento de volume local. É necessário que o paciente comprima a gengiva durante 10 minutos antes de colocar o guia cirúrgico depois da anestesia local (Balshi et al., 2006).

Diminuição da irrigação e aquecimento devem ser considerados na cirurgia guiada, pode aumentar a temperatura do osso durante a perfuração já que o guia cirúrgico não permite a irrigação direta através dele em comparação ao processo convencional. O incremento da temperatura também guarda relação direta com o número de vezes que são usadas as brocas (Dos Santos et al., 2014). O aumento de temperatura sobre o osso pode provocar perda óssea, peri implantitis e osteonecroses.

Demanda maior tempo de planificação e laboratório para confecção do guia estereolitográfico, maior custo económico e doses de radiação.

A repetitiva fresagem com brocas e uso de mangas de metal nos guias cirúrgicos incrementam os desvios do implante em relação ao planeamento digital (Horwitz et al., 2009). Assim também, diferenças da densidade óssea no recorrido da perfuração poderiam modificar a direção das brocas.

Em geral ao usar o guia cirúrgico é necessário um mínimo de 35mm de espaço oral, para que o cirurgião posicione as brocas corretamente nos orifícios do guia. Sendo 20mm necessários para o cumprimento das brocas, 10mm de distância

entre o guia e o extremo cervical do implante e 5mm de espessura da cabeça do contra ângulo (Sun et al., 2015).

O guia não permite modificações de posicionamento, isto é bom a maioria das vezes, mas impossibilita continuar com o tratamento se ocorrer algum incidente no local planejado. Além do mais não permite olhar diretamente a relação da prótese com os dentes do maxilar oposto. O cirurgião precisa estar familiarizado com o sistema, no caso que o paciente apresente limitação de abertura bucal, pode inviabilizar o seu uso na área posterior (Di Giacomo et al., 2007).

É importante durante o planejamento, determinar se o guia cirúrgico será muco suportado, fixado no osso ou dento suportado. A abertura bucal deve-se valorar e o comprimento das brocas já que em alguns casos por limitações de abertura bucal, não será possível utilizar brocas compridas ou o guia cirúrgico mesmo (Cebrian-Carretero et al., 2014).

Devido aos possíveis desvios do sistema, no planejamento com cirurgia sem retalho é necessário manter distâncias de segurança de estruturas anatômicas adjacentes, o que faz sua aplicação limitada a casos com suficiente ou abundante osso (Vercruyssen et al., 2008)

Expansão Óssea

Para incrementar a disponibilidade de osso é possível utilizar técnicas de expansão óssea (Borgner et al., 1999). A crista alveolar é pressionada após as primeiras perfurações deixando duas corticais, vestibular e lingual para a regeneração alveolar, estas corticais mantêm os suplementos vasculares e osteoindutores necessários para a regeneração óssea (Flanagan, 2007). A expansão óssea pode ser levada a cabo em ossos tipo II, III e IV, se o osso não for o suficientemente denso é recomendável o uso de enxertos ósseos (Flanagan, 2007). Esta técnica inicia com a exposição da crista óssea, uma abordagem sem descolamento de retalho é arriscada, podendo ocultar fraturas e complicações durante o procedimento.

Após as primeiras perfurações são utilizados expansores ósseos, para pressionar as corticais lingual e vestibular, aumentando a distância entre elas (Flanagan, 2007). A expansão óssea é possível graças a uniões de polímero de colágeno que fazem parte da porção orgânica do osso, estas uniões quebram mas a

matriz óssea permanece íntegra, igual que o perióstio, fazendo possível a regeneração óssea (Thompson et al., 2001). A expansão pode ser utilizada em casos unitários ou múltiplos, enxertos ósseos podem ser necessários em casos com fendas maiores a 1,5mm (Flanagan, 2007).

A cirurgia guiada não está indicada para técnicas de expansão óssea alveolar, já que é necessário visualizar o osso em caso de trincas ou fratura durante o procedimento. Assim em casos de maxilares atróficos estaria contraindicado, já que um requerimento da cirurgia guiada é osso suficiente (Van Assche et al., 2012; Arisan et al. 2010a).

2.2.2.2 Guias Dinâmicos

Os sistemas de navegação 3D utilizam pontos de referência com um sistema de orientação, que permitem transmitir o planejamento computadorizado diretamente na cavidade oral em tempo real, conhecido como cirurgia assistida por computador, método estereotáxico ou sistema de coordenação assistida (Birkfellner et al., 2001). São sistemas de navegação dinâmicos que utilizam tecnologia óptica para posicionar a peça de mão, os maxilares e transmitir as informações para um monitor (Bouchard et al., 2012).

Estes sistemas de cirurgia guiada dinâmicos podem ser classificados como Passivos, Semi-ativos e Ativos. As vantagens do Sistema Passivo são flexibilidade e segurança, já que possibilitam modificações manuais durante a perfuração, mas precisam de complexa e custosa tecnologia, como o sensor óptico introduzido por Birkfellner et al. (2001). Utilizam um sistema de sensores que reflete a luz emitida por uma fonte para câmeras satélite a diferença dos sistemas ativos, onde as câmaras recebem a luz diretamente da fonte (Block et al., 2016).

Os sistemas passivos ópticos precisam de marcadores fixados ao paciente durante a TC. Os dispositivos que têm as marcações permitem registrar o posicionamento do maxilar com referência às câmeras. Os sensores são colocados no dispositivo dos marcadores dos maxilares e outro na peça de mão o que permite a navegação. O cirurgião usa a tela de navegação para dirigir a perfuração com mínima visualização da peça de mão na boca do paciente (Block et al., 2016).

Os sistemas Semi-ativos são restritos a uma estratégia, que é a planificação prévia, mas o controle final depende do cirurgião. As vantagens do Sistema Semi-ativo são a precisão, simplicidade e menor custo. Entre eles estão a Alinhamento guiado Laser, Alinhamento mecânica com robot de 6 eixos e guias cirúrgicos (Fortin et al., 2002). Nos Sistemas Ativos algumas tarefas são feitas com um sistema robótico autônomo, supervisionado pelo cirurgião e controladas por outro sensor (Fortin et al., 2002).

A navegação dinâmica começa ao segurar o dispositivo de marcadores na boca do paciente, numa área que não atrapalhe o acesso ao local cirúrgico. A broca é direcionada com a imagem 3D projetada na tela que inclui a profundidade planejada (Block et al., 2016).

Ploder et al. (1995) e Solar et al. (1996) utilizaram um sistema de navegação magnético para orientar e posicionar a broca durante a perfuração. Este sistema precisa tomografar grande parte dos maxilares e ossos da face, com cortes de 3mm de espessura e pelo menos 7 pontos de referência ou marcadores.

Watzinger et al. (1999) incorporou um sensor óptico na técnica que junto com o avanço da TC facilitou o uso do sistema. No estudo in-vitro de Birkfellner et al. (2001) os autores usaram 5 mini implantes de 2 x 1,8mm como marcadores de referência para o sistema de navegação, em 5 protótipos maxilares didáticos. Esferas de aço de 0,5mm foram distribuídas nos modelos para orientar o sistema. Utilizaram um sensor leitor de diodos emissores de luz LED (Light emitting diodes). Avaliaram a precisão do sistema mediante erros de localização e erros na seleção do alvo, observando em média desvios de 0.69 $\pm$ 0.15mm e um máximo de 1.87 $\pm$ 0.47mm.

Fortin et al. (2002) avaliaram o sistema de navegação 3D em um estudo in-vitro, sem encontrar distorções na aquisição das imagens tomográficas, encontrando desvios menores a 0,2mm e 1,1 graus. Hassfeld et al. (2000) observaram um desviomédio de 0,2 a 1,44mm no ápice 0,12 a 0,95 no nível cervical e 1,35 a 4 graus de inclinação. Demonstrando que é uma técnica de alta precisão, o custo é um limitante para seu uso na rotina da clínica.

Vários sistemas de navegação foram propostos, a maioria de eles em estudos in-vitro, como o rastreamento óptico por Birkfellner et al. (2001), sistema de rastreamento magnético por Solar et al. (1996), um guia cirúrgico estabilizado no tecido mole sem descolamento de retalho por Fortin et al. (2002) e o robot com

braço mecânico de Brief et al. (2000). Lin et al. (2015) avaliaram a técnica dinâmica in-vitro, aplicando um sistema de realidade virtual, o qual evita que o cirurgião mude sua atenção à tela do monitor durante a cirurgia. Kang et al. (2014) realizaram um estudo laboratorial comparando os guias estereolitografados e a navegação com três operadores, observando maiores erros com a navegação 3D em relação aos guias estereolitográficos.

Na revisão sistemática de Jung et al. (2009) observaram maior precisão dos guias dinâmicos quando comparados com os estáticos. Provavelmente pela maior quantidade de pesquisas in vitro com navegação e in vivo com guias estáticos (Vercruyssen et al., 2014c).

Abboud e Orentlicher (2011) demonstraram que é possível usar uma placa universal como guia cirúrgico sobre modelos do paciente, independente do sistema de implantes ou tomógrafo utilizado. Este sistema universal é significativamente útil nos casos de laboratórios que utilizam um sistema de implantes distinto ao do cirurgião.

Entre as vantagens da navegação 3D estão a precisão, ainda que mais estudos clínicos sejam necessários para poder compará-la com a estereolitografia. Melhora a postura do cirurgião já que este não precisa ver diretamente a broca durante a perfuração, menor giro da coluna e do pescoço. Está indicado em casos de limitada abertura bucal para inserção de implantes posteriores. O sistema é flexível permitindo mudanças durante a perfuração e precisa menor tempo laboratorial (Block et al., 2016).

Indicações da técnica incluem o desejo de cirurgia sem descolamento de retalho mucoperiosteal, posterior a enxertos ósseos para não interferir na vascularização do enxerto. Para limitar uma determinada distância com os dentes vizinhos ou espaços desdentados estreitos em casos de alta precisão como em áreas estéticas, para controlar a profundidade e evitar trauma do nervo ou perfurações, em casos de levantamento de seio e para pacientes com limitada abertura bucal. E para casos nos que os guias estáticos interferem no posicionamento ideal do implante (Block et al., 2016).

Block et al. (2016) considera a navegação 3D um método predominante sobre os outros em tempo e custo benefício. Em casos de pacientes com dentes o sistema precisa deles para fixar o dispositivo de marcadores, porém, a eleição sobre o tipo de sistema dinâmico ou estático depende da experiência do cirurgião.

A desvantagem da técnica é a mudança de atenção que o cirurgião precisa entre a tela do monitor e o paciente (Wanschitz et al., 2002).

Carga Imediata

Mesmo com os desvios descritos o uso de carga imediata associada à cirurgia guiada vem sendo aplicada com índices de sucesso entre 98,33% para os implantes e 91,66% para as prótese imediatas (Sanna et al., 2007). Com altos índices de sucesso na sobrevida dos implantes ainda em áreas de baixa densidade óssea (Schnitman et al., 2014). Ao aproveitar a vantagem da cirurgia sem descolamento de retalho que permite obter maior estabilidade primária (Esposito et al., 2007).

A técnica é especialmente útil em Implantes dentários unitários anteriores, onde a estética é importante e é necessário o provisório imediato (Turkyilmaz et al., 2009). Os índices de sucesso de implantes com carga imediata são similares aos implantes com carga convencional com prótese provisória tanto em maxila como em mandíbula (Gallucci et al., 2014). É frequentemente utilizada em conjunto a cirurgia guiada, em casos de All on 4 (Malo et al., 2005), prótese imediata definitiva ou provisória (Pomares, 2009), implantes imediatos pós extração, melhorando o paralelismo entre os implantes e porém a inserção dos componentes e a prótese (Greenberg, 2015).

Para evitar o fracasso e complicações relacionadas com a prótese imediata, como tensão dos implantes (Sanna et al., 2007), fraturas da prótese (Arisan et al. 2010a) e afrouxamento dos parafusos (Vohra et al., 2013). Sugere-se a moldagem pós operatória e transferência dos implantes a modelos de laboratório (Giacomo et al., 2014).

Algumas das complicações descritas na literatura da carga imediata com cirurgia guiada são fratura do guia, deiscência, laceração do tecido mole, desadaptação da prótese provisória e fratura da prótese. A carga imediata é portanto um procedimento complexo que requer medidas preventivas (Vercruyssen et al. 2014b).

3. PROPOSIÇÃO

O objetivo deste trabalho foi testar um sensor experimental por refletância digital, para cirurgia guiada com implantes, de acordo com o planejamento virtual em 3D no campo operatório.

Objetivos específicos

1. Testar um sensor calibrado em milímetros com guias visíveis, para leitura da distância do limite do osso com a broca.
2. Verificar a fidelidade do equipamento.
3. Comparar os implantes colocados com guia estereolitográfica associados ao sensor, com aqueles colocados na técnica convencional, somente com o guia estereolitográfico (grupo controle).

4. MATERIAL E MÉTODOS

Os materiais, instrumentais e aparelhos empregados na pesquisa estão descritos a seguir (Quadro 4.1).

Quadro 4.1. - Materiais Utilizados neste trabalho.

Material	Nome Comercial	Empresa
Polímero de Resina Acrílica Quimicamente Ativada	Jet – Acrílico auto polimerizante	Artigos Odontológicos Clássico Ltda. São Paulo, SP.
Monômero de Resina Acrílica Quimicamente Ativada	Jet – Acrílico auto polimerizante	Artigos Odontológicos Clássico Ltda. São Paulo, SP.
Farinha de Osso	West Garden	Agrofor Comércio e Indústria Ltda. Poços de Caldas, MG
Gesso pedra Tipo IV	Polident II	Polidental Indústria e Comércio Ltda. São Paulo, SP.
Resina macia para reembasamento	Soft Confort	Dencril Produtos Odontológicos
Silicone de Condensação	Optosil	Kulzer Mitsul Chemicals Group
Silicone de Condensação	Xantopren VL plus	Kulzer Mitsul Chemicals group
Activador Universal Plus	Xantopren	Kulzer Mitsul Chemicals group
Mufla metálica	Mufla N 6	Mac Dental, SP
Vaselina Filtrada Neutra	Sidepal	Sidepal Indústria e Comércio LTDA. Guarulhos SP
Broca esférica Carbide 44,5mm	Broca esférica Carbide n ½	Angelus Prima Dental, SP
Broca Carburo tungstênio cônica	Maxicut	Odontomega, SP
Espátula Número 36	Espátula 36	S.S. White Artigos Dentários

		Ltda. Rio de Janeiro
Motor de Chicote	851 - Aparelho de brocar 110v	Metalúrgica Fava. SP
Pote Dappen	Pote Dappen	Jon Comércio de Produtos Odontológicos Ltda. SP
Tomógrafo Cone Beam	Carestream CS9300	Carestream Dental, USA
Programa de Planejamento	Implant Viewer	Anne Solutions, SP. NEODENT Indústria e Comércio de Materiais Dentários S.A. SP
Guia Cirúrgico Estereolitográfico	NeoGuide	NEODENT Indústria e Comércio de Materiais Dentários S.A. SP
Motor de Implantes	BLM 350	VK Drill Equipamentos Elétricos Ltda. SP
Contra Ângulo 16:1	Contra Ângulo	VK Drill Equipamentos Elétricos Ltda. SP
Kit Cirúrgico para Cirurgia Guiada	Kit NGS Implantes Cônicos	NEODENT Indústria e Comércio de Materiais Dentários S.A. SP
Kit Cirúrgico para implantes	Kit Cirúrgico Compacto - NEOGUIDE	NEODENT Indústria e Comércio de Materiais Dentários S.A. SP
20 Implantes Dentais Cone Morse de 3,5 x 11,5mm	Drive CM	NEODENT Indústria e Comércio de Materiais Dentários S.A. SP

Fonte: o autor

Este estudo é do tipo transversal, experimental e analítico. A metodologia empregada para a realização desta pesquisa incluiu um guia cirúrgico estereolitográfico com anilhas metálicas denominado *NeoGuide* (NEODENT Indústria e Comércio de Materiais Dentários S.A. SP), junto com o kit de cirurgia guiada, sem a utilização de estabilizadores da empresa e um sensor experimental de reflectância digital.

O modelo experimental foi obtido a partir de um modelo didático de gesso pedra tipo II desdentado total, da Disciplina de Prótese Total do Departamento de Prótese da FOUSP. (Figura. 4.1)

Figura 4.1 - Modelo didático

Fonte: o autor

Este modelo foi submetido a um desgaste por meio de várias perfurações realizadas com broca esférica, com dois milímetros de diâmetro (figura 4.2), em toda a superfície. (Figura 4.3)

Figura 4.2 broca esférica usada para perfurações no modelo didático

Fonte: Autor

Figura 4.3- Modelo didático com as perfurações realizadas

Fonte: o autor

Com uma fresa redonda de carburo tungstênio, os diversos pontos foram unidos de tal forma, que ao final, o modelo todo tinha uma redução, relativamente homogênea, área referente à mucosa gengival, (Figura 4.4 A e B) a qual seria posteriormente reconstruída, simulando a camada de gengiva artificial em silicone, no futuro modelo experimental. A partir deste modelo, 10 cópias idênticas do modelo experimental simulado de osso foram construídas.

Figura 4.4 - A) Perfurações. B) Regularização do modelo didático inicial

A

B

Fonte: o autor

A seguir, o modelo assim preparado foi colocado em uma mufla com gesso pedra e, a contra mufla, com gesso e silicone (figura 4.5 A e B)

Figura 4.5 -A) Mufla preenchida com gesso. B) Contra mufla com gesso e silicone

Fonte: o autor

Os modelos simulados de osso foram compostos pela mistura de 25 gramas de resina acrílica auto polimerizável, quimicamente ativada (Jet Artigos Odontológicos Clássico Ltda, São Paulo, SP) e 75 gramas de farinha de osso (fertilizante em pó) (Protótipo patenteado por Novellino e Laganá, 2011) (Figura 4.6). A quantidade de monômero (Jet – Acrílico auto polimerizante,) utilizado na mistura foi o suficiente para molhar todo o material seco (Novellino e Laganá, 2011).

Figura 4.6 - Proporção de farinha de osso e resina acrílica para construção do modelo experimental

Fonte: Autor

Após manipulada a mistura resina/farinha de osso, esta foi prensada na mufla, obtendo o modelo desejado (Figura 4.7). Dessa forma foram construídos os 10 modelos.

Figura 4.7 - Modelo simulado de osso resultante

Fonte: Patente Novellino e Laganá, 2011.

A densidade obtida nos modelos foi avaliada e resultou em números de 1500 a 2200 Hounsfields (Hu), equivalente ao osso denso. (Quadro 4.2 e Figura 4.8)

Quadro 4.2 - Escala Hounsfield

Escala Hounsfield	
Gordura	-100 a -50
Água	0
Sangue	+30 a +45
Músculo	+10 a +40
Tecidos moles, Contraste	+100 a +300
Osso	+700 (osso esponjoso) a +3000 (osso denso)

Fonte: Bushong e Stewart Carlyle 2008.

Figura 4.8 - Densidade óssea dos modelos; áreas sinalizadas pela seta amarela. A) 2153Hu. B) 1702Hu

Fonte: o autor

Para simular a mucosa sobre os modelos, estes receberam uma camada de resina de reembasamento (Soft Confort) prensada dentro da mufla, obtendo assim o

modelo experimental com características de modelo com reabsorção óssea (figura 4.9).

Figura 4.9 - Modelo Experimental finalizado com a camada de resina de reembasamento simulando a mucosa

Fonte: Novellino e Laganá, 2011

Tomografia do modelo experimental

Um modelo aleatório foi tomografado seguindo o protocolo de aquisição tomográfica com Cone Beam Carestream CS9300, realizado na Fundação da Faculdade de Odontologia da USP (FUNDECTO), com um campo de visão (FOV - field of view) de 5x5, 75 Kv, 4.0mA em 20 segundos e um voxel de 90 micrômetros. Estes dados foram enviados à Empresa NEODENT para a confecção do NeoGuide, com o planejamento definido para colocação de 2 implantes nas regiões dos caninos (13 e 23) com o software CoDiagnostiX. (Figura 4.10)

Figura 4.10 - A) Tomografia inicial B) Planejamento digital pela equipe NeoDent (coDiagnostiX)

Fonte: o autor

Figura 4.11 - Adaptação do guia cirúrgico estereolitográfico NeoGuide (NEODENT) no modelo experimental. A) Vista da adaptação do NeoGuide por disto/palatino. B) Vista oclusal da guia cirúrgica

Fonte: O autor

Sensor experimental por refletância digital

O sensor foi desenvolvido pelo Engenheiro Pablo Valdivieso no Equador. Os conjuntos de sensores de reflectância Pololu QTR-8A [<http://www.pololu.com/product/960>] e QTR-8RC [<http://www.pololu.com/product/961>], sensores de proximidade ou de reflexão de uso geral os quais podem ser utilizados em amplas aplicações de aproximação. Cada módulo é um suporte conveniente para oito pares de emissores e receptores IR (fototransistor) uniformemente espaçados a intervalos. As saídas são independentes, mas os LEDs

são dispostos em pares para reduzir à metade o consumo de corrente. Os LEDs são controlados por um MOSFET (transistor de efeito de campo metal - óxido - semiconductor - TECMOS) com um portão normalmente puxado alto, permitindo que os LEDs sejam desligados configurando o portão MOSFET para uma baixa tensão.

As resistências de limitação de corrente LED para operação de 5 V estão dispostas em duas etapas. Isso permite uma simples derivação de um estágio para habilitar a operação a 3,3 V. A corrente do LED é de aproximadamente 20-25 mA, tornando o consumo total da placa um pouco abaixo de 100 Ma. Um interruptor para desligar e ligar os sensores A e B foi adicionado à pinça fixadora (Figura 4.12).

A calibração do sensor em relação as brocas foi feita visualmente calculando a metade do ponto cervicar e apical do planejamento inicial.

Figura 4.12 - Sensor experimental de aproximação por reflectância.

Fonte: O autor

A divisão dos grupos foi realizada da seguinte maneira:

Grupo 1: Grupo control. Foram inseridos 2 implantes (DriveCM, NEODENT) de 3,5mm de diâmetro por 11,5mm de comprimento com guia cirúrgico estereolitográfico (NEODENT) (Figura 4.11), em 5 modelos, nas regiões dos caninos (13 e 23), junto com o kit de cirurgia guiada.

Grupo 2: Associação do guia cirúrgico com o sensor experimental por reflectância digital. Este grupo foi composto por 5 modelos, onde foram inseridos 2 implantes (DriveCM, NEODENT) de 3,5mm por 11,5mm, em cada modelo, com auxílio do sensor experimental. O guia cirúrgico estereolitográfico da empresa NEODENT foi utilizado para marcar a entrada das perfurações; as brocas foram guiadas pelo sensor experimental por reflectância digital (figura 4.13), sem o guia estereolitográfico ou o kit de cirurgia guiada da Empresa NEODENT.

O posicionamento dos implantes foi determinado pelo planejamento realizado a partir da TC de um dos modelos nas regiões dos dentes caninos (13 e 23), pela empresa NEODENT (figura 4.11). Um só planejamento foi realizado para toda a amostra com o guia cirúrgico NeoGuide, utilizado para inserir os implantes no grupo 1 (controle) e este, somente utilizado para realizar uma pequena incisão circular evidenciando a localização da entrada das brocas no grupo 2, onde seria empregado o sensor experimental por reflectância digital.

Inserção dos Implantes

No grupo 1, de acordo com o protocolo, foram feitas duas perfurações para inserir os pinos de fixação a fim de manter firme e estável em posição o guia cirúrgico no modelo. Posteriormente foi inserida a manga para a broca 2.0 do kit NeoGuide e a broca 3.5 para as perfurações (Figura 4.13).

Figura 4.13 - Pinos fixadores posicionados na parede vestibular e guia para a broca 2.0 NeoGuide

Fonte: o autor

Os implantes foram inseridos com o posicionador do kit de cirurgia guiada NeoGuide com um torque de 50N (figura 4.14).

Figura 4.14 - A) Implante cone Morse Drive Neodent. B) Inserção de implante 3.5mm de diâmetro x 11.5mm de comprimento Drive Cone morse com 50N com o guia NeoGuide(G1)

Fonte: o autor

No grupo 2, onde os modelos foram perfurados empregando o sensor (figura 4.16), foi feita uma incisão circular no nível cervical com ajuda do NeoGuide e a base de uma escova Robinson afilada (Figura 4.15). A sequência das brocas foi a mesma que a empregada no G1, mas com brocas do kit cirúrgico, menores que às do G1 (Figura 4.17). Os implantes foram inseridos a mão livre sem o guia ou o sensor.

Figura 4.15 - Incisão circular no nível cervical, marcando o início da perfuração G2

Fonte: o autor

Figura 4.16 -Perfuração no G2 com Sensor por refletância (sensor B em direção vestibular).

Fonte: o autor

A precisão dos implantes foi testada mediante tomografias de cada um dos modelos após a colocação dos implantes, sobrepostas ao planejamento virtual inicial. Foram avaliados desvios no nível cervical, apical e a orientação angular.

Figura 4.17. A) Implantes inseridos (G1). Implantes posicionados nas regiões dos dentes 13 e 23, na maxila, de acordo com o planejamento virtual e com a guia NeoGuide. B) Os 5 modelos do G1

Fonte: o autor

Figura 4.18—Ilustração da sobreposição de imagens com implantes inseridos A) sagital. B) coronal.

Fonte: Autor

Quadro 4.3 -Variáveis do estudo

VARIÁVEL	TIPO	UNIDADE
Desvio das posições apical e cervical	Desfecho Quantitativo Contínuo	milímetros
Inclinação do implante	Quantitativo contínuo	graus
Guia Cirúrgico	Qualitativo Nominal	Experimental e Prototipagem

Fonte: o autor

Amostra: 10 modelos

Intervenção: Sensor

Comparação: Guias estereolitográficos

Desfecho: Desvios lineares nos níveis cervical, apical e inclinação angular

Hipóteses:

0. O sensor experimental não apresenta diferenças significativas quando comparado ao guia estereolitográfico.
1. O sensor experimental apresenta maior desvio quando comparado ao guia estereolitográfico.

5 RESULTADOS

As imagens tomográficas dos implantes inseridos nos modelos experimentais simuladores do maxilar foram sobrepostas no software da empresa NEODENT (tabela 5.1).

Tabela 5.1 - Desvios angulares e lineares obtidos pela sobreposição das imagens tomográficas dos implantes 13 e 23 instalados, em relação ao planejamento virtual

Sagital	vestibular			Coronal	distal		
Implante N	Inclinação Angular (graus)	Entrada (mm)	Ápice (mm)	Implante N	Inclinação Angular (graus)	Entrada (mm)	Ápice (mm)
13				13			
1	6.6	-1.13	0.2	1	6.6	-1.2	-1.2
2	1.2	1.1	0.87	2	1.2	-0.8	-0.88
3	2.8	-0.77	-0.3	3	2.8	-0.27	0.02
4	2.5	-2.27	-1.76	4	2.5	0.36	0.3
5	4.5	-2.66	-2.01	5	4.5	-0.47	-1.1
6	6.2	-2.19	-2.87	6	6.2	-1.06	-0.02
7	3	0.73	0.24	7	3	0.04	0.37
8	6.6	-0.93	0.28	8	6.6	-1.73	-1.22
9	10.9	-1.65	0.48	9	10.9	0.86	0.37
10	7.5	-1.24	0.08	10	7.5	-0.23	0.47
Sagital	vestibular			Coronal	distal		
Implante N	Inclinação Angular (graus)	Entrada (mm)	Ápice (mm)	Implante N	Inclinação Angular	Entrada (mm)	Ápice (mm)
23				23			
1	9.5	2.3	0.41	1	9.5	0.76	0.89

2	1.6	1.45	1.28	2	1.6	0.38	0.65
3	6	2.56	3.44	3	6	0.12	0.95
4	1.4	-1.12	-1.06	4	1.4	1.31	1.59
5	5.4	-0.19	0.87	5	5.4	0.58	0.82
6	4.4	3.27	4.01	6	4.4	1.33	1.81
7	8.1	1.94	0.4	7	8.1	0.18	-0.31
8	2.8	-0.69	-0.18	8	2.8	0.22	0.44
9	4.2	-0.99	-0.16	9	4.2	0.73	0.56
10	1.1	2.55	2.5	10	1.1	1.22	0.99

GUIA (1-5)

SENSOR (6-10)

Fonte: o autor

Foi utilizado o teste estatístico de Shapiro Wilk para avaliar a normalidade dos dados obtidos, sendo que a amostra teve tendência à normalidade.

A análise estatística dos dados foi realizada em duas etapas: uma para desvios lineares entre o planejado e o realizado e, outra, para analisar as discrepâncias angulares. Foi realizado o teste t student para grupos independentes paramétricos (Tabela 5.2).

Os resultados da análise de variância para os desvios lineares e angulações mostraram não haver diferença estatisticamente significativa entre os grupos.

Durante o procedimento, dois implantes do G1 ficaram superficiais, estabilizando com 50N de torque. A consistência e dureza dos modelos foram maiores que às do osso natural. Porém, usou-se maior força durante a perfuração, o que pode influenciar na micromovimentação do guia cirúrgico.

O sensor experimental de refletância digital apresentou algumas dificuldades e erros técnicos, entre eles:

- Demora na leitura da distância das brocas;
- Foi requerida maior atenção por parte do operador em função da necessidade de se prestar atenção à tela do sensor e às brocas em relação às pontas do sensor, ao mesmo tempo;
- A escolha da pinça empregada para fixar o sensor não foi adequada pela sua falta de anatomia, dificultando seu posicionamento nos modelos.

Tabela 5.2 - Resumo da análise estatística descritiva e test t student

Desvios	GUIA	SENSOR	Test t student U	Test t student B
Angulação			p (unilateral) =	p (bilateral) =
Mean	4.15	5.48	0.0677	0.1354
SD	2.6566	2.8547		
Max.	9.5	10.9		
Min.	1.2	1.1		
Entrada			p (unilateral) =	p (bilateral) =
Mean	0.002	0.118	0.3992	0.7983
SD	1.373	1.476		
Max.	2.56	3.27		
Min.	-2.66	-2.19		
Ápice			p (unilateral) =	p (bilateral) =
Mean	0.199	0.213	0.4871	0.9742
SD	1.289	1.429		
Max.	3.44	3.27		
Min.	-2.01	-2.19		

Fonte. o autor

Gráfico 5.2 - Box Plot de análise estatística t student mostrando médias ao nível cervical, a entrada das brocas entre o G1 e G2. Um maior intervalo pode ser observado no G2

Fonte: o autor

No gráfico 5.2 pode ser observado um intervalo ligeiramente maior de desvios no G2, com o sensor, porém as diferenças não foram significativas entre os grupos.

Gráfico 5.3 - Box Plot de análise estatística t student mostrando médias ao nível apical, a entrada das brocas entre o G1 e G2

Fonte: o autor

O gráfico 5.3 mostra um intervalo ligeiramente menor de desvios no G2, com o sensor, porém as diferenças não foram significativas entre os grupos. Foram observados valores atípicos extremos no G2 (sensor) representados pelos pontos aos extremos da caixa de resultados do sensor.

6. DISCUSSÃO

A sobrevida dos implantes pode ser afetada pela divulsão do retalho (Pozzi et al. 2014) e a reabsorção óssea é significativamente maior quando este é realizado (Novaes et al. 2017). Isto sugere e mostra a importância da realização da cirurgia guiada, sem descolamento de retalho, para inserção de implantes, principalmente em áreas estéticas e casos específicos. Assim, quando por situações clínicas a indicação de cirurgia guiada é limitada, uma ferramenta calibrada e baseada na TC poderia satisfazer as necessidades cirúrgicas, como é o caso de implantes imediatos, como foi observado por Pozzi et al. (2014), ou para expansão óssea.

Ao comparar os resultados obtidos nas revisões de Giacomo et al. (2005) e posteriores trabalhos de Vercruyssen et al. (2014c) com menores desvios, pode-se observar o progresso da técnica. Mesmo assim, os atuais desvios estimulam pesquisas visando obter um sistema cada vez mais preciso e confiável.

Nossos resultados suportam os achados por outras pesquisas com desvios lineares menores que 1 mm e angulares de 6° (tabela 5.2). Entre as revisões mais atuais com guias prototipados, Zhou et al. (2018) observaram 1.25 mm (95% intervalo de confiança [CI]: 1.22-1.29) ao nível cervical, 1.57 mm (95% CI: 1.53-1.62) no ápice, e 4.1° (95% CI: 3.97-4.23) de inclinação angular. Observaram também, uma associação significativa entre a densidade óssea e o desvio, com resultados de precisão maiores em mandíbula quando comparados à maxila e ao utilizar pinos de fixação.

Ao comparar as variações entre o sistema guiado (G1) e o sensor (G2) pode ser observado que os implantes colocados com o sensor apresentaram maiores intervalos de variação (Gráficos 5.1 e 5.2) com exceção da entrada ao nível cervical (Gráfico 5.3), isto já que o início da perfuração foi marcado com o guia estereolitográfico. Porém o sensor ao nível cervical apresentou valores extremos, possivelmente por erro de assentamento do guia, escorregamento das brocas ou alterações na forma da gengiva artificial. Assim o sensor poderia colaborar à inserção de implantes associado a um guia estereolitográfico para limitar os desvios, mas não substituir o guia.

O sensor por reflectância é um guia dinâmico. Os resultados observados na revisão de Block et al. (2016) com guias dinâmicos foram de aproximadamente 0,4

mm na entrada e 4° de angulação. Entre os fatores relacionados as variações neste trabalho estão a mecânica deficiente da peça utilizada, a calibração digital do sensor e o tempo do aparelho em mostrar a medição (tabela 5.2).

A densidade óssea simulada obtida neste estudo com os modelos experimentais foi semelhante à de osso tipo I denso; a matriz acrílica fez com que a densidade fosse maior que o previsto, com 2200 HU radiograficamente, mas a sensação manual de densidade durante a perfuração foi maior. No G2, onde não foi utilizado o guia NeoGuide, houve escorregamento com o uso da broca tipo lança devido à densidade do modelo experimental, durante a primeira perfuração, sendo necessário aplicar força extra para vencer a resistência da estrutura. Contrário aos achados clínicos, nos quais o maxilar estava sujeito a maiores desvios quando comparado à mandíbula (Zhou et al. 2018), a densidade óssea pode ser um fator associado a desvios, em ossos tipo I e IV. Valores similares foram encontrados na revisão sistemática de Seo et al. (2018) com desvios máximos de 2.19 mm no nível apical, 1.68 mm ao nível coronal e inclinação angular de 4.67° em pacientes desdentados totais.

No G1, o guia cirúrgico NeoGuide manteve a broca firme facilitando o procedimento e diminuindo o tempo, consideravelmente. Outra vantagem do sistema NeoGuide é que permite observar se existe desvio durante a inserção do implante ao se aproximar as mangas do posicionador e o guia (Figura 4.14 B). Ao observar esta fenda, a posição do implante pode ser corrigida, tirando o implante e corrigindo a perfuração.

É importante considerar que no G1 não foram utilizados os estabilizadores do kit NeoGuide, um diferencial da empresa NEODENT, já que a maioria de sistemas não dispõe destas peças, as quais diminuem consideravelmente os desvios dos implantes. Isto explica os resultados similares entre o guia prototipado e o sensor por refletância experimental. Porém, o sensor pode obter resultados similares a um guia prototipado comum, mas dificilmente alcançaria os resultados do NeoGuide ou outros guias comerciais.

Poucos estudos laboratoriais são reportados na literatura em relação a guias cirúrgicos e técnicas alternativas. Os achados neste estudo corroboram com os achados de Kang et al. (2014), preferindo os guias estereolitográficos dos sistemas dinâmicos, sendo que ao limitar o deslocamento das brocas a técnica resulta mais

segura e fácil de executar. Lin et al. (2015) conseguiram diminuir as desvios ao aplicar um sistema de realidade aumentada, relacionado ao guia estereolitográfico.

Durante a perfuração do osso no G2, com o sensor experimental, foi percebida a dificuldade para manter as brocas na posição estável, sendo que a broca inicial escorregava e variava de posição pela topografia irregular do modelo experimental. Dificuldades similares são de se esperar caso não seja utilizado o sistema do kit de cirurgia guiada que mantém a broca firme e em posição. Os desvios encontrados neste trabalho são relacionadas também ao modelo utilizado, que além de ter maior densidade que o osso, tinha o rebordo alveolar fino, uma característica desfavorável para a cirurgia guiada.

Entre as dificuldades observadas em relação ao uso do sensor experimental por refletância digital, a alternância da atenção entre o local da inserção e a tela do sensor, pode produzir inconvenientes durante a perfuração. Esta instabilidade de atenção também foi observada em sistemas dinâmicos (Wanschitz et al., 2002).

Van de Velde et al. (2008) reportaram frequentes perfurações do osso nas cirurgias sem descolamento de retalho e sem a utilização de guias cirúrgicos. Guias estereolitográficos sem anel metálico e o sistema de componentes para cirurgia guiada resultam em desvios significativos na posição final dos implantes.

Vercruyssen et al. (2015) sugeriram que a redução de passos no processo pré operatório da cirurgia guiada, poderia melhorar a precisão dos guias cirúrgicos, associados com scanners ópticos e melhorias nas impressões 3D. Um sensor associado ao guia estereolitográfico poderia diminuir e até eliminar os riscos e os desvios reportados na literatura.

Necessário se torna destacar que este foi o primeiro experimento relacionado a um sensor de reflectância digital para instalação de implantes. Várias dificuldades apareceram durante o uso do sensor, entre estas a demora em projetar a distância exata da broca, sendo que este atraso aumentou também, o tempo da perfuração. É necessário mudar a pinça, já que a utilizada não proporciona estabilidade nem precisão e calibrar a ferramenta de forma diferente.

Apesar do sensor experimental não ter apresentado melhores resultados comparado ao guia estereolitográfico, foi um passo importante ao desenvolvimento de uma nova ferramenta num futuro próximo. Os guias cirúrgicos facilitam a inserção de implantes dentais com maior segurança para o cirurgião e menor trauma para o paciente. Mesmo assim, a cirurgia guiada não pode ser considerada um

procedimento de rotina, já que os desvios e riscos descritos fazem com que a técnica seja utilizada por cirurgiões experientes e um protocolo de planejamento estrito.

Os maiores desvios no sistema de cirurgia guiada aparecem no ápice dos implantes (Zhou et al., 2018), já que o maior controle dos guias é ao nível cervical, na entrada das brocas (Tabela 5.2).

Os desvios observados provavelmente relacionados ao tamanho do guia, o qual cobria uma pequena região do maxilar fixado com 2 pinos laterais vestibulares. Em maxilares edêntulos totais foi recomendado que o guia cobrisse a maior parte do espaço e fixado com 2 pinos anteriores e 2 posteriores (Farley et al., 2013; D'haese et al., 2012).

O desenvolvimento de um localizador para as brocas dentro do ossopode ser de grande benefício, tanto para cirurgia sem descolamento de retalho quanto para a cirurgia com descolamento de retalho total. Entre as opções para considerar estão um sistema de fibra óptica e luz infravermelha para estimar a perfuração e espessura de osso remanente. Seria também interessante testar um sistema de ultrason ou emissor de ondas de baixa frequência com o mesmo objetivo.

7. CONCLUSÕES

De acordo com a proposição desta pesquisa:

O sensor testado apresentou várias dificuldades durante seu uso, mesmo assim não houve diferenças estatísticas significativas entre os grupos 1 e 2. É necessário criar uma pinça anatômica para adaptar os sensores aos maxilares e obter maior precisão.

O maior desafio é controlar a posição apical dos implantes, principalmente em rebordos altamente reabsorvidos.

O sensor experimental por refletância digital nas condições do atual experimento não é recomendado para uso clínico, porém, um sensor desta natureza pode ser uma ferramenta auxiliar aos guias estereolitográficos.

REFERÊNCIAS¹

Abboud M, Orentlicher G. An open system approach for surgical guide production. *J Oral Maxillofac Surg.* 2011;69(12):e519-24.

Akça K, İplikçioğlu H, Cehreli MC. A surgical guide for accurate mesiodistal paralleling of implants in the posterior edentulous mandible. *J Prosthet Dent.* 2002;87(2):233-5.

Araújo MG, Sukekava F, Wennström JL, Lindhe J. Ridge alterations following implant placement in fresh extraction sockets: an experimental study in the dog. *J Clin Periodontol.* 2005;32(6):645-52.

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.* 2010a;21(9):980-8.

Arisan V, Karabuda ZC, Ozdemir T. Accuracy of two stereolithographic guide systems for computer-aided implant placement: a computed tomography-based clinical comparative study. *J Periodontol.* 2010b;81(1):43-51.

Arfaï NK, Kiat-amnuay S. Radiographic and surgical guide for placement of multiple implants. *J Prosthet Dent.* 2007;97(5): 310–2.

Atsu SS. A surgical guide for dental implant placement in edentulous posterior regions. *J Prosthet Dent.* 2006; (2):129-33.

Balshi SF, Wolfinger GJ, Balshi TJ. Surgical planning and prosthesis construction using computed tomography, CAD/CAM technology, and the Internet for immediate loading of dental implants. *J Esthet Restor Dent.* 2006;18(6):312-23; discussion 324-5.

Bavar T. A new twist on surgical guides. *J Oral Implantol.* 2008;34(6):325-9.

¹ De acordo com Estilo Vancouver.

Becker CM, Kaiser DA. Surgical guide for dental implant placement. *Journal J Prosthet Dent.* 2000; 96(2):129-33.

Benson BW. Presurgical radiographic planning for dental implants. *Oral Maxillofac Surg Clin North Am.* 2001;13(4):751-61.

Behneke A, Burwinkel M, Behneke N. Factors influencing transfer accuracy of cone beam CT-derived template-based implant placement. *Clin Oral Implants Res.* 2012; 23(4):416-23.

Beretta M, Poli PP, Maiorana C. Accuracy of computer-aided template-guided oral implant placement: a prospective clinical study. *J Periodontal Implant Sci.* 2014;44(4):184-93.

Besimo CE, Lambrecht JT, Guindy JS. Accuracy of implant treatment planning utilizing template-guided reformatted computed tomography. *Dentomaxillofac Radiol.* 2000; 29(1):46-51.

Birkfellner W, Solar P, Gahleitner A, Huber K, Kainberger F, Kettenbach J, Homolka P, Diemling M, Watzek G, Bergmann H. In-vitro assessment of a registration protocol for image guided implant dentistry. *Clin Oral Implants Res.* 2001; 12: 69–78.

Block MS, Chandler C. Computed tomography-guided surgery: complications associated with scanning, processing, surgery, and prosthetics. *J Oral Maxillofac Surg* 2009;67:13–22.

Block MS, Emery RW. Static or Dynamic Navigation for Implant Placement-Choosing the Method of Guidance. *J Oral Maxillofac Surg.* 2016;74(2):269-77.

Borgner RA, Kirkos LT, Gougaloff R, Cullen MT, Delk PL. Computerized tomography scan interpretation of a bone expansion technique. *J Oral Implantol.* 1999;25:102–8.

Bou Serhal C, Jacobs R, Flygare L, Quirynen M, van Steenberghe D. Perioperative validation of localisation of the mental foramen. *Dentomaxillofac Radiol.* 2002;31(1):39-43.

Bouchard C, Magill JC, Nikonovskiy V, Byl M, Murphy BA, Kaban LB, et al. Osteomark: a surgical navigation system for oral and maxillofacial surgery. *Int J Oral Maxillofac Surg*. 2012;41(2):265-70.

Branemark PI, Adell R, Breine U, Hansson BO, Lindstrom J, Ohlsson A. Intra-osseous anchorage of dental prostheses. I. Experimental studies. *Scand J Plast Reconstr Surg*. 1969;3(2):81-100.

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

Browaeys H, Dierens M, Ruyffelaert C, Matthijs C, De Bruyn H, Vandeweghe S. Ongoing Crestal Bone Loss around Implants Subjected to Computer-Guided Flapless Surgery and Immediate Loading Using the All-on-4(R) Concept. *Clin Implant Dent Relat Res*. 2015;17(5):831-43.

Bushong, Stewart C. Manual de radiología para técnicos: física, biología y protección radiológica. 8. ed. España: Elsevier; 2005. 660p.

Cannizzaro G, Felice P, Leone M, Checchi V, Esposito M. Flapless versus open flap implant surgery in partially edentulous patients subjected to immediate loading: 1-year results from a split-mouth randomised controlled trial. *Eur J Oral Implantol*. 2011;4(3):177-88.

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;15(3):448-59.

Cassetta M, Stefanelli LV, Giansanti M, Di Mambro A, Calasso S. Depth deviation and occurrence of early surgical complications or unexpected events using a single stereolithographic surgi-guide. *Int J Oral Maxillofac Surg*. 2011;40(12):1377-87.

Cebrian-Carretero JL, Díaz de Cevallos JG, Sobrino JA, Yu T, Burgueño-García M. Predictable dental rehabilitation in maxillomandibular reconstruction with free flaps. The role of implant guided surgery. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal*. 2014; 19(6):e605-11.

Chen X, Yuan J, Wang C, Huang Y, Kang L. Modular preoperative planning software for computer-aided oral implantology and the application of a novel stereolithographic template: a pilot study. *Clin Implant Dent Relat Res*. 2010; 12: 181–93.

D'Haese J, Ackhurst J, Wismeijer D, De Bruyn H, Tahmaseb A. Current state of the art of computer-guided implant surgery. *Periodontol 2000*. 2017;73(1):121-33.

D'haese J, Department of Periodontology and Oral Implantology DS, Faculty of Medicine and Health Sciences, University of Ghent, Ghent, Belgium, Tandkliniek Sint Lievens Houtem SLH, Belgium, Van De Velde T, Department of Periodontology and Oral Implantology DS, Faculty of Medicine and Health Sciences, University of Ghent, Ghent, Belgium, Elaut L, et al. A Prospective Study on the Accuracy of Mucosally Supported Stereolithographic Surgical Guides in Fully Edentulous Maxillae. *Clin Implant Dent Relat Res*. 2012;14(2):293-303.

D'haese J, Elaut L, Verbanck N, De Bruyn H. Clinical and radiographic outcome of dental implants placed using stereolithographic guided surgery; a prospective monocenter study. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2013; 28: 205–15.

De Andrade E, Otomo-Corgel J, Pucher J, Ranganath KA, St George N, Jr. The intraosseous course of the mandibular incisive nerve in the mandibular symphysis. *Int J Periodontics Restorative Dent*. 2001;21(6):591-7.

De Santis D, Canton LC, Cucchi A, Zanotti G, Pistoia E, Nocini PF. Computer-assisted surgery in the lower jaw: double surgical guide for immediately loaded implants in postextractive sites-technical notes and a case report. *J Oral Implantol*. 2010;36(1):61-8.

Di Giacomo GAP, Silva JVL, Bárbara AS, Da'Áva BC, Altran CM, Martines RT, Alonso G. Cirurgia Assistida por Computador - Relato de caso clínico / Computer-Assisted Surgery - A clinical report. *Revista ImplantNews* 2007;4(4):413-8

Di Giacomo GA, da Silva JV, da Silva AM, Paschoal GH, Cury PR, Szarf G. Accuracy and complications of computer-designed selective laser sintering surgical guides for flapless dental implant placement and immediate definitive prosthesis installation. *J Periodontol*. 2012;83(4):410-9.

Di Giacomo GA, Cury PR, de Araujo NS, Sendyk WR, Sendyk CL. Clinical application of

stereolithographic surgical guides for implant placement: preliminary results. *J Periodontol*. 2005;76(4):503-7.

Dos Santos PL, Queiroz TP, Margonar R, de Souza Carvalho AC, Betoni W, Rezende RR, dos Santos PH, Garcia, IR. Evaluation of bone heating, drill deformation, and drill roughness after implant osteotomy: guided surgery and classic drilling procedure. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 2014; 29, 51–8.

Dreiseidler T, Neugebauer J, Ritter L, Lingohr T, Rothamel D, Mischkowski RA & Zoller JE. Accuracy of a newly developed integrated system for dental implant planning. *Clinical Oral Implants Research*. 2009; 20(11):1191-9.

Dreiseidler T, Tandon D, Kreppel M, Neugebauer J, Mischkowski RA, Zinser MJ, et al. CBCT device dependency on the transfer accuracy from computer-aided implantology procedures. *Clin Oral Implants Res*. 2012;23(9):1089-97.

eFunda I. Rapid Prototyping: An Overview;2017.

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(8):1339-45.

Esposito M, Grusovin MG, Polyzos IP, Felice P, Worthington HV. Interventions for replacing missing teeth: dental implants in fresh extraction sockets (immediate, immediate-delayed and delayed implants). *Cochrane Database Syst Rev*. 2010(9):Cd005968.

Esposito M, Grusovin MG, Willings M, Coulthard P, Worthington HV. The effectiveness of immediate, early, and conventional loading of dental implants: a Cochrane systematic review of randomized controlled clinical trials. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 2007;22(6):893-904.

Ewers R, Schicho K, Truppe M, Seemann R, Reichwein A, Figl M, et al. Computer-aided navigation in dental implantology: 7 years of clinical experience. *J Oral Maxillofac Surg*. 2004;62(3):329-34

Farley NE, Kennedy K, McGlumphy EA. Split-mouth comparison of the accuracy of computer-generated and conventional surgical guides. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2013;28:563–72.

Fortin T, Champleboux G, Bianchi S, Buatois H, Coudert JL. Precision of transfer of preoperative planning for oral implants based on cone-beam CT-scan images through a robotic drilling machine. *Clin Oral Implants Res*. 2002 Dec;13(6):651-6.

Flanagan D. Flapless dental implant placement. *J Oral Implantol*. 2007;33(2):75-83.

Fürhauser R, Florescu D, Benesch T, Haas R, Mailath G, Watzek G. Evaluation of soft tissue around single-tooth implant crowns: the pink esthetic score. *Clin Oral Implants Res*. 2005;16:639–644.

Gallucci GO, Benic GI, Eckert SE, Papaspyridakos P, Schimmel M, Schrott A, Weber HP. Consensus statements and clinical recommendations for implant loading protocols. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 2014;29: 287–90.

George FM, Chan HL, Razzoog ME, Oh TJ. Fabrication of a cast-based implant surgical guide using guide sleeves, *J Prosthet Dent*. 2011; 106(6):409-12.

Giacomo GD, Silva J, Martines R, Ajzen S. Computer-designed selective laser sintering surgical guide and immediate loading dental implants with definitive prosthesis in edentulous patient: A preliminary method. *Eur J Dent*. 2014; 8(1):100-6.

Gillot L, Noharet R, Cannas B. Guided surgery and presurgical prosthesis: preliminary results of 33 fully edentulous maxillae treated in accordance with the NobelGuide protocol. *Clin Implant Dent Relat Res*. 2010;12 Suppl 1:e104-13.

Greenberg AM. Digital technologies for dental implant treatment planning and guided surgery. *Oral Maxillofac Surg Clin North Am*. 2015;27(2):319-40.

Geng W, Liu C, Su Y, Li J, Zhou Y. Accuracy of different types of computer-aided design/computer-aided manufacturing surgical guides for dental implant placement. *Int J Clin Exp Med*. 2015;8(6):8442-9.

Gruica B, Wang H-Y, Lang N, Buser D. Impact of IL-1 genotype and smoking status on the prognosis of osseointegrated implants. *Clin Oral Implants Res.* 2004;15:393–400.

Hanazawa T, Sano T, Seki K, Okano T. Radiologic measurements of the mandible: a comparison between CT-reformatted and conventional tomographic images. *Clin Oral Implants Res.* 2004; 15(2):226-32

Handelsman M. Surgical guidelines for dental implant placement. *Br Dent J.* 2006;201(3):139-52.

Hassfeld S, Brief J, Stein W, Ziegler C, Tilmann R, Raczkowsky J, Krempien R, Mühling J. Navigationsverfahren in der Implantologie- Stand der Technik und Perspektiven. *Implantologie.* 2000; 4:373-90.

Horwitz J, Zuabi O, Machtei EE. Accuracy of a computerized tomography-guided template-assisted implant placement system: an in vitro study. *Clin Oral Implants Res.* 2009 Oct;20(10):1156-62.

Hultin M, Svensson KG, Trulsson M. Clinical advantages of computer-guided implant placement: a systematic review. *Clin Oral Implants Res.* 2012; 23 Suppl 6:124-35.

Jacobs R, Adriansens A, Verstreken K, Suetens P, van Steenberghe D. Predictability of a three-dimensional planning system for oral implant surgery. *Dentomaxillofac Radiol* 1999; 28:105–11.

Jeong SM, Choi BH, Kim J, Lee DH, Xuan F, Mo DY, et al. Comparison of flap and flapless procedures for the stability of chemically modified SLA titanium implants: an experimental study in a canine model. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2011a;111(2):170-3.

Jeong SM, Choi BH, Kim J, Xuan F, Lee DH, Mo DY, et al. A 1-year prospective clinical study of soft tissue conditions and marginal bone changes around dental implants after flapless implant surgery. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2011b;111: 41–6.

Jung RE, Zembic A, Pjetursson BE, Zwahlen M, Thoma DS. Systematic review of the survival rate and the incidence of biological, technical, and aesthetic complications of single crowns on implants reported in longitudinal studies with a mean follow-up of 5 years. *Clin Oral Implants Res.* 2012;23 Suppl 6:2-21.

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

Kalt G, Gehrke P. Transfer precision of three-dimensional implant planning with CT assisted offline navigation. *Int J Comput Dent.* 2008;11(3-4):213-25

Kang SH, Lee JW, Lim SH, Kim YH, Kim MK. Verification of the usability of a navigation method in dental implant surgery: in vitro comparison with the stereolithographic surgical guide template method. *J Craniomaxillofac Surg.* 2014;42(7):1530-5.

Kernen F, Benic GI, Payer M, Schär A, Müller-Gerbl M, Filippi A, Kühl S. Accuracy of Three-Dimensional Printed Templates for Guided Implant Placement Based on Matching a Surface Scan with CBCT. 2015 Wiley Periodicals, Inc.

Kim JI, Choi BH, Li J, Xuan F, Jeong SM. Blood vessels of the peri-implant mucosa: a comparison between the flap and flapless procedures. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2009;107:508-12.

Kleinman A, Leyva F, Lozada J, Patel RD. Loma Linda guide: a stereolithographically designed surgical template: technique paper. *J Oral Implantol.* 2009;35(5):238-44.

Komiyama A, Hultin M, Nasstrom K, Benchimol D, Klinge B. Soft tissue conditions and marginal bone changes around immediately loaded implants inserted in edentate jaws following computer guided treatment planning and flapless surgery: a 1-year clinical follow-up study. *Clin Implant Dent Relat Res.* 2012;14:157–69.

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: 677–85.

Koop R, Vercruyssen M, Vermeulen K, Quirynen M. Tolerance within the sleeve inserts of different surgical guides for guided implant surgery. *Clin Oral Implants Res.* 2013;24(6):630-4.

Koutrach M, Nimmo A. Preservation of existing soft-tissue contours in the transition from a tooth to an implant restoration in the esthetic zone using a flapless approach: a clinical report. *J Prosthodont*. 2010;19:391–6.

Kraut RA. Interactive CT diagnostics, planning and preparation for dental implants. *Implant Dent*. 1998; 7(1):19-25.

Laederach V, Mukaddam K, Payer M, Filippi A, Kuhl S. Deviations of different systems for guided implant surgery. *Clin Oral Implants Res*. 2016; 28(9):1147-1151.

Laleman I, Bernard L, Vercruyssen M, Jacobs R, Bornstein MM, Quirynen M. Guided Implant Surgery in the Edentulous Maxilla: A Systematic Review. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 2016;31 Suppl:s103-17.

Landazuri-Del Barrio RA, Cosyn J, De Paula WN, De Bruyn H, Marcantonio Jr E. A prospective study on implants installed with flapless-guided surgery using the all-on-four concept in the mandible. *Clin Oral Implants Res*. 2013;24:428–33.

Lee WC, Huang CH, Chung SC, Wei CC. An efficient and accurate approach for fabricating dental implant surgical guides. *Biomed Mater Eng*. 2014;24(6):2689-95.

Liang X, Jacobs R, Hassan B, et al. A comparative evaluation of cone beam computed tomography (CBCT) and Multi- Slice CT (MSCT) Part I. On subjective image quality. *Eur J Radiol*. 2010;75: 265–9.

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;17(3):543-53.

Malo P, Rangert B, Nobre M. All-on-4 immediate-function concept with Branemark System implants for completely edentulous maxillae: a 1-year retrospective clinical study. *Clin Implant Dent Relat Res*. 2005;7 Suppl 1:S88-94.

Marchack CB, Moy PK. Computed tomography-based, template-guided implant placement and immediate loading: an 8-year clinical report. *J Prosthet Dent*. 2014 Dec;112(6):1319-23. doi: 10.1016/j.prosdent.2014.05.030. Epub 2014 Sep 23.

Mardinger O, Namani-Sadan N, Chaushu G, Schwartz-Arad D. Morphologic changes of the nasopalatine canal related to dental implantation: a radiologic study in different degrees of absorbed maxillae. *J Periodontol*. 2008;79(9):1659-62.

Martins RJ, Lederman HM. Virtual planning and construction of prototyped surgical guide in implant surgery with maxillary sinus bone graft. *Acta Cir Bras*. 2013Sep;28(9):683-90

Meloni SM, Tallarico M, De Riu G, Pisano M, Deledda A, Lolli FM, et al. Guided implant surgery after free-flap reconstruction: Four-year results from a prospective clinical trial. *J Craniomaxillofac Surg*. 2015;43(8):1348-55.

Moraschini V, Velloso G, Luz D, Barboza EP. Implant survival rates, marginal bone level changes, and complications in full-mouth rehabilitation with flapless computer-guided surgery: a systematic review and meta-analysis. *Int J Oral Maxillofac Surg*. 2015;44(7):892-901.

Naziri E, Schramm A, Wilde F. Accuracy of computer-assisted implant placement with insertion templates. *GMS Interdiscip Plast Reconstr Surg DGPW*. 2016;5:Doc15.

Nikzad S, Azari A. Custom-made radiographic template, computed tomography, and computer-assisted flapless surgery for treatment planning in partial edentulous patients: a prospective 12-month study. *J Oral Maxillofac Surg*. 2010;68(6):1353-9.

Novaes Jr. AB, Barros RRMD, Papalexiou V, Almeida ALGD. Buccal bone loss after immediate implantation can be reduced by the flapless approach. [citado 11 nov 2017]. Disponível em: <http://journalofosseointegrationeu/index.php/jo>. 2017.

Novellino MM, Lagana DC. Linear and angular deviations of implants placed with fixed stereolithographic drill guides in experimental models. 2011; 24(4):391-6.

Ozan O, Turkyilmaz I, Ersoy AE, McGlumphy EA, Rosenstiel SF. Clinical accuracy of 3 different types of computed tomography-derived stereolithographic surgical guides in implant placement. *Int J Oral Maxillofac Surg*. 2009;67: 394–401.

Park C, Raigrodski AJ, Rosen J, Spiekerman C, London RM. Accuracy of implant placement using precision surgical guides with varying occlusogingival heights: an in vitro study. *J Prosthet Dent*. 2009;101(6):372-81.

Pettersson A, Komiyama A, Hultin M, Nasstrom 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.

Pisoni L, Ordesi P, Siervo P, Bianchi AE, Persia M, Siervo S. Flapless Versus Traditional Dental Implant Surgery: Long-Term Evaluation of Crestal Bone Resorption. *J Oral Maxillofac Surg*. 2016;74(7):1354-9.

Ploder O, Wagner A, Enislidis G, Ewers R. Computer-assisted intraoperative visualisation of dental implants. *Augmented reality in medicine. Radiologe*. 1995; 35(9): 569–72.

Pomares C. A retrospective clinical study of edentulous patients rehabilitated according to the 'all on four' or the 'all on six' immediate function concept. *Eur J Oral Implantol*. 2009;2(1):55-60.

Pommer B, Valkova V, Ubaidha Maheen C, Fürhauser L, Rausch-Fan X, Seeman R. Scientific Interests of 21st Century Clin Oral Implants Res: Topical Trend Analysis. *Clin Implant Dent Relat Res*. 2016;18(4):850-6.

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 randomised controlled trial. *Eur J Oral Implantol*. 2014;7(3):229-42.

Puig CP. A retrospective study of edentulous patients rehabilitated according to the 'all-on-four' or the 'all-on-six' immediate function concept using flapless computer-guided implant surgery. *Eur J Oral Implantol*. 2010;3(2):155-63.

Reddy MS, Mayfield-Donahoo T, Vandervan FJ, Jeffcoat MK. A comparison of the diagnostic advantages of panoramic radiography and computed tomography scanning for placement of root form dental implants. *Clin Oral Implants Res*. 1994;5(4):229-38.

Rocci A, Rocci M, Scoccia A, Martignoni M, Gottlow J, Sennerby L. Immediate loading of maxillary prostheses using flapless surgery, implant placement in predetermined positions, and prefabricated provisional restorations. Part 2: a retrospective 10-year clinical study. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 2012;27(5):1199-204.

Rousseau P. Flapless and traditional dental implant surgery: an open, retrospective comparative study. *J Oral Maxillofac Surg.* 2010;68(9):2299-306.

Sanna AM, Molly L, van Steenberghe D. Immediately loaded implant placement procedures: A cohort study of consecutive patients. *J Prosthet Dent* 2007;97:331-9

Sarment DP, Al-Shammari K, Kazor CE. Stereolithographic surgical templates for placement of dental implants in complex cases. *Int J Periodontics Restorative Dent.* 2003a;23:287-95.

Sarment DP, Sukovic P, Clinthorne N. Accuracy of implant placement with a stereolithographic surgical guide. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2003b;18:571-7.

Schnitman PA, Hayashi C, Han RK. Why guided when freehand is easier, quicker, and less costly?. *J Oral Implantol.* 2014 Dec; 40(6):670-8.

Schneider J, Decker R, Kalender WA. Accuracy in medicinal modelling. *Phidias News* 2002; 8: 5–14.

Sclar AG. Guidelines for flapless surgery. *J Oral Maxillofac Surg.* 2007;65(7 Suppl 1):20-32.

Seo C, Juodzbals G. Accuracy of Guided Surgery via Stereolithographic Mucosa-Supported Surgical Guide in Implant Surgery for Edentulous Patient: a Systematic Review. *J Oral Maxillofac Res.* 2018;9(1):e1.

Shetty V, Benson BW. Orofacial implants, in White SC, Pharoah MJ (eds): *Oral Radiology: Principles and Interpretation* (ed 4). St Louis, Mosby; 2000. P. 623-35.

Sohmura T, Kusumoto N, Otani T, Yamada S, Wakabayashi K, Yatani H. CAD/CAM fabrication and clinical application of surgical template and bone model in oral implant surgery. *Clin Oral Implants Res.* 2009;20(1):87-93.

Solar P, Grampp S, Gsellmann B. A computer-aided navigation system for oral implant surgery using 3D-CT reconstruction and real time video-projection. In: Lemke, H.U., Vannier MW, Inamura K, Farman AG, eds. *Computer Assisted Radiology-CAR'96*, 884-87, Amsterdam: Elsevier Science; 1996.

Stanford CM. Application of oral implants to the general dental practice. *JADA*. 2005;136:1092-100.

Sun Y, Luebbbers HT, Agbaje JO, Kong L, Schepers S, Daems L, et al. Accuracy of a Dedicated Bone-Supported Surgical Template for Dental Implant Placement with Direct Visual Control. *J Healthc Eng*. 2015;6(4):779-89.

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

Tardieu PB, Vrielinck L, Escolano E. Computer-assisted implant placement. A case report: Treatment of the mandible. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2003;18:599- 604.

Thompson JB, Kindt JH, Drake B, Hansma HG, Morse DE, Hansma PK. Bone indentation recovery time correlates with bond reforming time. *Nature*. 2001;414:773-6.

Tsoukaki M, Kalpidis CD, Sakellari D, Tsalikis L, Mikrogiorgis G, Konstantinidis A. Clinical, radiographic, microbiological, and immunological outcomes of flapped vs. flapless dental implants: a prospective randomized controlled clinical trial. *Clin Oral Implants Res*. 2013;24(9):969-76.

Turkyilmaz I, Suarez JC, Company AM. Immediate implant placement and provisional crown fabrication after a minimally invasive extraction of a peg-shaped maxillary lateral incisor: a clinical report. *J Contemp Dent Pract*. 2009;10(5):E073-80.

Valente F, Schioli G, Sbrenna A. Accuracy of computer-aided oral implant surgery: a clinical and radiographic study. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 2009;24(2):234-42.

Van Assche N, Department of Periodontology CUL, Leuven, Belgium, Quirynen M, Department of Periodontology CUL, Leuven, Belgium. Tolerance within a surgical guide. *Clin Oral Implants Res*. 2017;21(4):455-8.

Van Assche N, van Steenberghe D, Quirynen M, Jacobs R. Accuracy assessment of computer-assisted flapless implant placement in partial edentulism. *J Clin Periodontol*. 2010;37(4):398-403.

Van Assche N, Van Steenberghe D, Guerrero ME, Hirsch E, Schutyser F, Quirynen M, Jacobs R. Accuracy of implant placement based on presurgical planning of three-dimensional cone- beam images: a pilot study. *J Clin Periodontol*. 2007; 34: 816–21.

Van Assche N, Vercruyssen M, Coucke W, Teughels W, Jacobs R, Quirynen M. Accuracy of computer-aided implant placement. *Clin Oral Implants Res*. 2012;23 Suppl 6:112-23.

Van de Velde T, Sennerby L, De Bruyn H. The clinical and radiographic outcome of implants placed in the posterior maxilla with a guided flapless approach and immediately restored with a provisional rehabilitation: a randomized clinical trial. *Clin Oral Implants Res*. 2010;21(11):1223-33.

Van de Velde T, Glor F, De Bruyn H. A model study on flap-less implant placement by clinicians with a different experience level in implants surgery. *Clin Oral Implant Res*. 2008;19:66–72

Van Steenberghe D, Naert I, Andersson M, Brajnovic I, Van Cleynenbreugel J, Suetens P. A custom template and definitive prosthesis allowing immediate implant loading in the maxilla: A clinical report. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 2002;17:663-70.

Van Steenberghe D, Glauser R, Blombäck U, Andersson M, Schutyser F, Pettersson A, et al. A computed tomographic scan-derived customized surgical template and fixed prosthesis for flapless surgery and immediate loading of implants in fully edentulous maxillae: a prospective multicenter study. *Clin Implant Dent Relat Res*. 2005;7 Suppl 1:S111-20.

Vasak C, Kohal RJ, Lettner S, Rohner D, Zechner W. Clinical and radiological evaluation of a template-guided (NobelGuide) treatment concept. *Clin Oral Implants Res*. 2014;25(1):116-23.

Vasak C, Watzak G, Gahleitner A, Strbac G, Schemper M, Zechner W. Computed tomography-based evaluation of template (NobelGuide™)-guided implant positions: a prospective radiological study. *Clin Oral Implants Res*. 2011 Oct; 22(10):1157-63. doi: 10.1111/j.1600-0501.2010.02070.x. Epub 2011 Jan 18.

Vercruyssen M, Coucke W, Naert I, Jacobs R, Teughels W, Quirynen M. Depth and lateral deviations in guided implant surgery: an RCT comparing guided surgery with mental navigation or the use of a pilot-drill template. *Clin Oral Implants Res*. 2015;26(11):1315-20.

Vercruyssen M, van de Wiele G, Teughels W, Naert I, Jacobs R, Quirynen M. Implant- and patient-centred outcomes of guided surgery, a 1-year follow-up: An RCT comparing guided surgery with conventional implant placement. *J Clin Periodontol* 2014a; 41: 1154–1160. 10.1111/jcpe.12305.

Vercruyssen M, De Laat A, Coucke W, Quirynen M. An RCT comparing patient-centered outcome variables of guided surgery (bone or mucosa supported) with conventional implant placement. *J Clin Periodontol*. 2014b; Jul;41(7):724–32. doi: 10.1111/jcpe.12257.

Vercruyssen M, Hultin M, Van Assche N, Svensson K, Naert I, Quirynen M. Guided surgery: accuracy and efficacy. *Periodontol* 2000. 2014c;66(1):228-46.

Vercruyssen M, Jacobs R, Van Assche N, Van Steenberghe 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: 454–74.

Vercruyssen M, Laleman I, Jacobs R, Quirynen M. Computer-supported implant planning and guided surgery: a narrative review. *Clin Oral Implants Res*. 2015;26 Suppl 11:69-76.

Voitik AJ. CT data and its CAD and CAM utility in implant planning: Part I. *J Oral Implantol*. 2002;28:302-3.

Voulgarakis A, Strub JR e Att W. Outcomes of implants placed with three different flapless surgical procedures: A systematic review. *Int J Oral Maxillofac Surg*. 2014; 43: 476–86.

Vohra F, Al Fawaz A. Repair of a fractured implant overdenture gold bar: A clinical and laboratory technique report. *Eur J Dent*.2013;7:382-6.

Walton JN, Huizinga SC, Peck CC. Implant angulation: a measurement technique, implant overdenture maintenance, and the influence of surgical experience. *Int J Prosthodont*. 2001;14(6):523-30.

Wat PY, Pow EH, Chau FS, Leung KC. A surgical guide for dental implant placement in an edentulous jaw. *J ProsthetDent*. 2008, vol. 100,(4): 323-5.

Wanschitz F, Birkfellner W, Figl M, et al. Computer enhanced stereoscopic vision in a head mounted display for oral implant surgery. *Clin Oral Implants Res* 2002; 13:610–16.

Watzinger F, Birkfellner W, Wanschitz F, Millesi W, Schopper C, Sinko K, Huber K, Bergmann H, Ewers R. Positioning of dental implants using computer-aided navigation and an optical tracking system: case report and presentation of a new method. . *J Oral Maxillofac Surg*, 1999, vol. 27, no 2, p. 77-81.

Zhou W, Liu Z, Song L, Kuo CL, Shafer DM. Clinical Factors Affecting the Accuracy of Guided Implant Surgery-A Systematic Review and Meta-analysis. *J Evid Based Dent Pract*. 2018;18(1):28-40.