UNIVERSIDADE BRASIL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIOENGENHARIA
CAMPUS SÃO PAULO

MARCELO DO LAGO PIMENTEL MAIA

AVALIAÇÃO COMPARATIVA ENTRE AS TÉCNICAS *ALL-ON-FOUR* E *FOUR-ON-PILLARS* EM PLANEJAMENTOS VIRTUAIS 3D ASSOCIADAS A CIRURGIAS GUIADAS EM MAXILAS ATRÓFICAS

COMPARATIVE EVALUATION BETWEEN THE ALL-ON-FOUR AND FOUR-ON-PILLARS TECHNIQUES IN 3D VIRTUAL PLANNING ASSOCIATED WITH GUIDED SURGERY ON ATROPHIC JAWS

São Paulo – SP
2021

UNIVERSIDADE BRASIL

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIOENGENHARIA

MARCELO DO LAGO PIMENTEL MAIA

AVALIAÇÃO COMPARATIVA ENTRE AS TÉCNICAS ALL-ON-*FOUR* E *FOUR-ON-PILLARS* EM PLANEJAMENTOS VIRTUAIS 3D ASSOCIADAS A CIRURGIAS GUIADAS EM MAXILAS ATRÓFICAS

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Bioengenharia da Universidade Brasil, como parte dos requisitos necessários para obtenção do título de Mestre em Bioengenharia.

Prof. Dr. Daniel Souza Ferreira Magalhães
Orientador

São Paulo – SP
2021

Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Bibliotecas da Universidade Brasil, com os dados fornecidos pelo (a) autor (a).

M187a MAIA, Marcelo do Lago Pimentel.

Avaliação comparativa entre as técnicas All-on-four e Four-on-pillars em planejamentos virtuais 3D associadas a cirurgias guiadas em maxilas atróficas / Marcelo do Lago Pimentel Maia. -- São Paulo: Universidade Brasil, 2021.

42 f.: il. color.

Dissertação de Mestrado defendida no Programa de Pós-graduação do Curso de Bioengenharia da Universidade Brasil.

Orientação: Prof. Dr. Daniel Souza Ferreira Magalhães.

1. Bioengenharia. 2. Odontologia. 3. Maxila. 4. Implante dentário. Magalhães, Daniel Souza Ferreira. II. Título.

CDD 620.82

UNIVERSIDADE BRASIL

TERMO DE APROVAÇÃO

MARCELO DO LAGO PIMENTEL MAIA

"AVALIAÇÃO COMPARATIVA ENTRE AS TÉCNICAS "ALL ON FOUR E "FOUR ON PILLARS" EM PLANEJAMENTOS VIRTUAIS 3D ASSOCIADAS A CIRURGIAS GUIADAS EM MAXILAS ATRÓFICAS"

Dissertação aprovada como requisito parcial para obtenção do título de **Mestre** no **Programa de Pós-Graduação em Bioengenharia** da Universidade Brasil, pela seguinte banca examinadora:

Prof.(a) Dr.(a) Daniel Souza Ferreira Magalhães (presidente-orientador)

Prof.(a) Dr.(a) Alessandra Baptista (UNIVERSIDADE BRASIL)

Prof.(a) Dr.(a) Marcelo Yoshimoto (UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO)

São Paulo, 09 de novembro de 2021

Presidente da Banca Prof.(a) Dr.(a). Daniel Souza Ferreira Magalhães

Houve alteração do Título: sim ( ) não ( ):

Digitalizado com CamScanner

UNIVERSIDADE BRASIL

Termo de Autorização

Para Publicação de Dissertações e Teses no Formato Eletrônico na Página WWW do Respectivo Programa da Universidade Brasil e no Banco de Teses da CAPES

Na qualidade de titular(es) dos direitos de autor da publicação, e de acordo com a Portaria CAPES no. 13, de 15 de fevereiro de 2006, autorizo(amos) a Universidade Brasil a disponibilizar através do site http://www.universidadebrasil.edu.br, na página do respectivo Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu, bem como no Banco de Dissertações e Teses da CAPES, através do site http://bancodeteses.capes.gov.br, a versão digital do texto integral da Dissertação/Tese abaixo citada, para fins de leitura, impressão e/ou download, a título de divulgação da produção científica brasileira.

A utilização do conteúdo deste texto, exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, fica condicionada à citação da fonte.

Título do Trabalho: **"AVALIAÇÃO COMPARATIVA ENTRE AS TÉCNICAS "ALL ON FOUR E "FOUR ON PILLARS" EM PLANEJAMENTOS VIRTUAIS 3D ASSOCIADAS A CIRURGIAS GUIADAS EM MAXILAS ATRÓFICAS"**

Houve alteração do Título: sim ( ) não ( ):

Autor(es):

Discente: **Marcelo do Lago Pimentel Mala**

Assinatura: _____

Orientador(a): **Prof.(a) Dr.(a) Daniel Souza Ferreira Magalhães**

Assinatura: DSF Magalhães

Coorientador(a):

Assinatura: _____

Data: 09/11/2021

Digitalizado com CamScanner

RESUMO

Conhecimento técnico completo e entendimento anatômico são críticos para obter resultados cirúrgicos ideais. A dificuldade da cirurgia de maxilares totalmente edêntulos pode variar significativamente, dependendo da complexidade da anatomia ou defeito ósseo. A cirurgia guiada atualmente é uma opção relevante por trazer ao paciente menores complicações cirúrgicas e está diretamente relacionada ao planejamento virtual 3D para sucesso do caso. Neste trabalho analisamos e comparamos dois métodos de planejamentos guiados em software de manipulação de implantes dentários, associados às técnicas *All-on-four* (A.F.) e *Four-on-pillars* (F.P.) utilizadas em pacientes com maxilas atróficas. Foram analisadas 42 imagens de pacientes desdentados totais, dentre as quais 30 foram planejadas em software ImplantViewer para avaliação dos volumes e o software ImageJ para avaliação das áreas. Os volumes foram adquiridos em tomógrafo volumétrico modelo CRANEX 3D da Marca Soredex. Em cada planejamento foi utilizado como orientação a altura e largura do remanescente ósseo e os implantes foram instalados virtualmente. A área média da técnica *Four-on-pillars* foi 4,9x ($p<0,0001$) maior que área média com a técnica *All-on-four*, isso representa uma diferença de 489%, que em uma mesma força aplicada pelo maxilar temos uma pressão 4,9x menor, ou seja, uma melhor distribuição de forças sobre as maxilas. Não foi possível notar diferença estatística entre as proporções de sucesso ($p=0,2542$), mostrando que as técnicas possuem uma proporção de sucesso não-diferentes (semelhantes). Concluímos que a área formada no planejamento cirúrgico *Four-on-pillars* é maior que no planejamento *All-on-four* e também que não existe uma técnica com vantagens de sucesso no planejamento em relação a outra, portanto a técnica *Four-on-pillars* torna-se uma excelente opção como tratamento de maxilas atróficas.

Palavras-chave: Bioengenharia. Odontologia. Maxila. Implante dentário.

ABSTRACT

Thorough technical knowledge and anatomical understanding are critical for optimal surgical results. The difficulty of complete maxillary surgery can vary significantly depending on the complexity of the anatomy or bone defect. Guided surgery is currently a relevant option for bringing to the patient fewer surgical complications and is directly related to 3D virtual planning for the success of the case. In this work, we analyze and compare two methods of planning guided in software for the manipulation of dental implants, associated with the All-on-four (A.F.) and Four-on-pillars (F.P.) techniques used in patients with atrophic maxillae. Forty-two images of totally edentulous patients were analyzed, 30 of which were planned using ImplantViewer software for volume assessment and ImageJ software for area assessment. The volumes were acquired in a CRANEX 3D volumetric tomograph model from the Soredex brand. In each planning, the height and width of the bone remnant was used as guidance and the implants were installed virtually. The average area of the Four-on-pillars technique was 4.9x ($p<0.0001$) greater than the average area with the All-on-four technique, this represents a difference of 489%, which in the same force applied by the jaw we have a 4.9x lower pressure, that is, a better distribution of forces on the jaws. It was not possible to notice a statistical difference between the success proportions ($p=0.2542$), showing that the techniques have a non-different (similar) success proportion. We conclude that the area formed in the Four-on-pillars surgical planning is larger than in the All-on-four planning and also that there is no technique with successful advantages over another, therefore the Four-on-pillars technique becomes an excellent option as a treatment for atrophic jaws.

Keywords: Bioengineering. Dentistry. Jaw. Dental implant.

DIVULGAÇÃO E TRANSFERÊNCIA DE CONHECIMENTO

Neste trabalho de dissertação de mestrado com a utilização de novas tecnologias associadas a Bioengenharia com aplicação a odontologia, fizemos a comparação de duas técnicas de cirurgias para colocação de próteses dentárias em pessoas desdentadas. Utilizamos imagens de tomografia para planejar virtualmente a cirurgia e as posições ideais para colocação dos implantes que retém a prótese. Descobrimos que uma das técnicas obteve um resultado melhor pois ela permite que as forças sejam mais bem distribuídas durante a mastigação e podendo evitar fadiga mecânica do implante. Pesquisa efetuada no programa de Pós-Graduação em Bioengenharia da Universidade Brasil.

Área de concentração: FOTOBIOMODULAÇÃO, BIOMARCADORES E SISTEMAS DIAGNÓSTICOS
Linha de Pesquisa: AVALIAÇÃO E DESENVOLVIMENTO DE TECNOLOGIAS APLICADAS AO CUIDADO A SAÚDE
Projeto de Pesquisa: SISTEMAS TRIDIMENSIONAIS DE VISUALIZAÇÃO APLICAÇÕES NO AUXÍLIO DIAGNÓSTICO E NO ENSINO

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Dois recipientes com diferentes áreas submetidos a mesma Fn..... 19
Figura 2 – Planejamento *All-on-four*..... 20
Figura 3 – Planejamento *Four-on-pillars*..... 21
Figura 4 – Formação dos polígonos nas técnicas *All-on-four* (A) e *Four-on-pillars* (B)..... 22
Figura 5 – Fluxograma das imagens analisadas..... 23
Figura 6 – Gráfico Q-Q para normalidade..... 24
Figura 7 – Área de distribuição das forças..... 24
Figura 8 – Taxa de sucesso dos planejamentos *Four-on-pillars* e *All-on-four*.... 25

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

A.F.	*All-on-four*
CEP	Comitê de Ética em Pesquisa
F.P.	*Four-on-pillars*
TCFC	Tomografia Computadorizada De Feixe Cônico

LISTA DE SÍMBOLOS

3D	3 dimensões
A	Área
cm^2	Centímetro quadrados (Área)
F	Força
F_n	Força normal
p	Pressão
kVA	Quilovolt-ampère

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO 13
2 OBJETIVOS 16
2.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS 16
3 REVISÃO DA LITERATURA 17
3.1 ALL-ON-FOUR 17
3.2 FOUR-ON-PILLARS 17
3.3 Definição de Pressão 18
4 METODOLOGIA 20
4.1 CONSIDERAÇÕES ÉTICAS 20
4.2 PLANEJAMENTO – ALL-ON-FOUR (A.F.) 20
4.3 PLANEJAMENTO – FOUR-ON-PILLARS (F.P.) 21
4.4 CARACTERÍSTICAS DAS IMAGENS 21
4.5 MEDIDAS DAS ÁREAS 21
4.6 ANÁLISE ESTATÍSTICA 22
5 RESULTADOS 23
5.1 PLANEJAMENTOS 23
5.2 ANÁLISE DA ÁREA FORMADA PELO QUADRILÁTERO NO PLANEJAMENTO 23
5.3 PROPORÇÃO DE PLANEJAMENTOS BEM-SUCEDIDOS 25
6 DISCUSSÃO 26
7 CONCLUSÃO 27
REFERÊNCIAS 28
ANEXO A – Parecer Consubstanciado do CEP 30
ANEXO B – Artigo Publicado 34

1 INTRODUÇÃO

Conhecimento técnico completo e entendimento anatômico são críticos para obter resultados cirúrgicos ideais. A dificuldade da cirurgia maxilar completa pode variar significativamente, dependendo da complexidade da anatomia ou defeito ósseo. Historicamente, o treinamento cirúrgico tem sido baseado em um modelo de aprendizagem com respostas progressivas. Menos casos disponíveis, maior demanda de segurança e qualidade e maior supervisão resultou em uma mudança de paradigma na educação cirúrgica. A simulação cirúrgica por computador pode melhorar a experiência do Cirurgião em treinamento nas áreas como planejamento pré-operatório, aquisição de habilidades e gerenciamento de complicações. Existem evidências de que a simulação, em suas diversas formas, pode fornecer transferibilidade clínica para procedimentos cirúrgicos, técnicas que requerem exposição repetida e integração de conhecimentos anatômicos e destreza psicomotoras. Profissionais que passaram por treinamento de planejamento virtual se tornam mais preparados que os que não possuem esta opção (TANNYHILL, 2019).

A cirurgia guiada atualmente é uma opção relevante por trazer ao paciente menores complicações cirúrgicas e está diretamente relacionada ao planejamento virtual 3D para sucesso do caso. A cirurgia guiada de implantes simplifica a instalação de implantes e gera ótimos resultados clínicos. O planejamento digital de implantes permite o diagnóstico preciso em quais locais devem ser instalados e permite uma visualização virtual da restauração protética final. Os benefícios clínicos adicionais incluem um reduzido tempo cirúrgico e menor taxa de complicações levando a maior aceitação e satisfação do paciente (AL YAFI et al, 2019).

Quanto a experiência do profissional, o planejamento virtual, auxilia quando o profissional não possui muita experiência cirúrgica, mostrando-se uma ferramenta importante nas cirurgias de implantes dentários. A terapia com implantes orais tem sido realizada por dentistas inexperientes em pacientes elegíveis, após planejamento de software baseado em tomografia computadorizada de feixe cônico (TCFC). Dois grupos de pacientes foram formados de acordo à técnica cirúrgica: colocação de implantes guiados e à mão livre e colocação de implantes utilizando guias cirúrgicos. Após a instalação dos implantes em ambas as técnicas, os pacientes foram novamente tomografados e os resultados foram comparados com as tomografias de planejamentos pré-operatórios, e os desvios 3D foram calculados. A junção das

tomografias foi feita utilizando pontos anatômicos em comum. A colocação guiada do implante produziu desvios angulares significativamente menores em comparação com o método à mão livre (ALEVIZAKOS et al, 2019).

Embora os implantes dentários atinjam altas taxas de sobrevivência, o sucesso de terapia protética depende de um local apropriado para instalação implantes. Implantes mal posicionados podem causar danos às estruturas vitais como nervos ou vasos. Além disso, posicionamento adequado do implante pode resultar em estética, reparo biológico minimizando complicações e pode atuar de forma importante nos casos em que a estética é fator determinante (SCHNEIDER et al, 2019).

A técnica de protocolo Branemark para instalação de implantes osseointegrados em maxilas edêntulas é um procedimento cirúrgico/protético costumeiro na rotina das clínicas odontológicas de uma forma geral. E hoje, tornou-se um dos métodos de reabilitação odontológica mais viável ao paciente inválido oral, seja pela praticidade, eficiência no resultado da mastigação e estética, seja pelo custo que já foi em tempos passados muito elevado e que hoje tornou-se acessível a maioria da população, pelo aprimoramento de novas técnicas, novos materiais e equipamentos. A maneira tradicional de fazer as perfurações para o protocolo Branemark é realizar uma abertura extensa do retalho da maxila com incisão realizada na crista do rebordo alveolar, estendendo-se por todo perímetro até chegar na região do túber da maxila. Amplo deslocamento vestibular e palatino, soltando gengiva e mucosa, com seu periósteo evidenciando todo osso maxilar compreendido no vestíbulo/palatino alveolar, inclusive expondo o forame incisivo, conforme técnica original descrita pelo professor Branemark (LUND e WADE, 1993). Apesar de ser uma técnica odontológica diária, o grande problema para o desenvolvimento desta técnica é ter quantidade óssea favorável, e possui um pós-operatório incomodo. A técnica de instalação *All-on-four* (A.F.) foi descrita em 2003 e utilizava-se 4 implantes em região anterior de maxila, 2 implantes instalados tangencialmente a parede anterior do seio maxilar e 2 implantes entre os pilares caninos. Esta técnica inicialmente descrita era associada a um planejamento virtual 3D com confecção de um guia cirúrgico prototipado para a instalação dos implantes sem abertura do leito cirúrgico, sendo uma opção de tratamento favorável para pacientes com maxilas atróficas, facilitando muito o posicionamento destes implantes, bem como o pós-operatório do paciente (MALÓ et al., 2003).

Em 2018 surge a técnica *Four-on-pillars*, que tem como objetivo a instalação de 4 implantes para suportar uma prótese protocolo parafusada com 2 implantes instalados em região de pilares pterigoideos e 2 implantes instalados nos pilares caninos, para sucesso desta técnica também é necessário a confecção de um guia cirúrgico 3D, entretanto em região pterigoideo existe uma necessidade de abertura do retalho gengival para acomodação final do implante (SMITD et al., 2018).

Este trabalho se justifica na importância da reabilitação do inválido oral e também na narrativa de uma nova técnica ser, talvez, uma opção relevante nos tratamentos de desdentados totais.

2 OBJETIVOS

Comparar os métodos de planejamentos guiados *All-on-four* e *Four-on-pillars* em pacientes com maxilas atróficas por meio de análise de área de distribuição de implantes e taxa de sucesso dos planejamentos.

2.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analisar as áreas formadas pelos implantes durante o planejamento cirúrgico nas duas técnicas e relacionar com a pressão aplicada nas maxilas.
- Analisar a proporção de planejamentos bem-sucedidos em cada técnica visando entender se existe uma técnica mais favorável.

3 REVISÃO DA LITERATURA

3.1 ALL-ON-FOUR

A técnica de *All-on-four* surgiu na década de 2000 associada a planejamentos virtuais 3D, com a finalidade de uma alternativa reabilitadora a inválidos orais com maxilas atróficas. A técnica inicial era a instalação de 4 implantes em região de pré-maxila nas posições: dois implantes tangenciando a parede anterior do seio maxilar e dois implantes em região próxima a pilar canino. Esta técnica gera emergência dos implantes favoráveis a construção de uma prótese fixa parafusada, amplamente difundida como reabilitação de pacientes desdentados totais.

Avaliando desdentados totais em grupos distintos em um total de 63 pacientes sendo que, 21 pacientes foram reabilitados com sucesso com *All-on-four* maxilar e mandibular, 21 foram reabilitados com próteses duplas completas e 21 pacientes não foi executado tratamento protético. A eletromiografia foi realizada durante o aperto, mastigação não ritual, habitual e em repouso. Todos os valores foram padronizados como porcentagem de uma contração voluntária máxima e como resultado, similaridade da função muscular de pacientes com prótese total e dentada mostra que esse conceito de tratamento pode ser considerado uma boa opção para reabilitação oral em pacientes desdentados (DE ROSSI et al., 2014).

3.2 FOUR-ON-PILLARS

Em análise de características morfológicas da região pterigomaxilar relacionadas aos implantes pterigóides, foram analisadas TCFC de 52 hemi-maxilas tridimensionais (mulheres n = 28, homens n = 24; dentado = 31, desdentado = 21). A densidade óssea, o volume, a altura e a largura foram analisadas em vários locais do processo maxilar e pterigóideo, e as variáveis idade, sexo e dados odontológicos foram comparados. Os resultados mostram que a largura média da articulação pterigomaxilar foi de 7,5 mm (DP 1,00 mm), a altura média foi de 12,51 mm (DP 1,82 mm) e o volume médio foi de 321,7 mm^3 (DP 142,02 mm^3). Foram encontradas diferenças estatisticamente significativas entre pacientes dentados e desdentados, mostrando uma densidade óssea mais alta nos pacientes denteados no processo pterigóide. Na maxila, a densidade foi estatisticamente significante menor nos indivíduos do sexo feminino (571,0; DP 74,1; IC 95% 594,9 a 645,4 GSD) do que nos

homens (620,2; DP 93,8; IC 95% 594,4 a 645,4 GSD, p = 0,047). Concluindo, devido à variação significativa nas características morfológicas da região pterigomaxilar entre os sujeitos, sempre deve ser realizada avaliação radiológica pré-cirúrgica personalizada. Sexo, idade e condição dentária são fatores críticos, pois afetam significativamente a densidade óssea nessa região (SALINAS-GOODIER et al, 2019).

Maxilas atróficas têm sérias consequências estéticas e funcionais. A retenção e o suporte de uma prótese obturadora superior nesses pacientes são particularmente desafiadores. A colocação cirúrgica de implantes também é difícil devido à falta de osso disponível. Portanto, o posicionamento do implante em locais remotos, como o zigomático, tem sido preconizado. Poucos artigos na literatura discutiram o uso de implantes pterigóides / pterigomaxilares em pacientes submetidos a maxilas atróficas. Bidra et al. (2013), em relato de caso, descreve a reabilitação maxilofacial de um homem idoso que foi submetido a uma maxilectomia subtotal bilateral devido a carcinoma espinocelular basalóide do palato duro. Após a cicatrização inicial, o paciente teve um implante pterigóide colocado em cada lado da cavidade oral. Implantes zigomáticos também foram tentados, mas não conseguiram osseointegrar. Ambos os implantes pterigóides apresentaram osseointegração bem-sucedida. Esses 2 implantes ajudaram significativamente a reter uma prótese total.

Smidt et al. (2018) publicou um trabalho, como opção de tratamento para a reabilitação de maxilas edêntulas atróficas sem reconstrução óssea e com menor morbidade, custo e tempo um novo conceito de tratamento denominado *Four-on-pillars*. Esta abordagem consiste na instalação de quatro implantes nos pilares ósseos verticais da unidade esquelética craniofacial, dois nos pilares caninos e dois nos pilares pterigoides, eliminando a extensão do cantiléve.

3.3 Definição de Pressão

Uma força aplicada sobre uma superfície pode ser decomposta em dois efeitos: um tangencial, que origina tensões de cisalhamento, e outro normal, que dará origem às pressões (BRUNETTI, 2008).

Se F_n representa a força normal que age numa superfície de área A, e dF_n a força normal que age num infinitésimo de área dA, a pressão num ponto será:

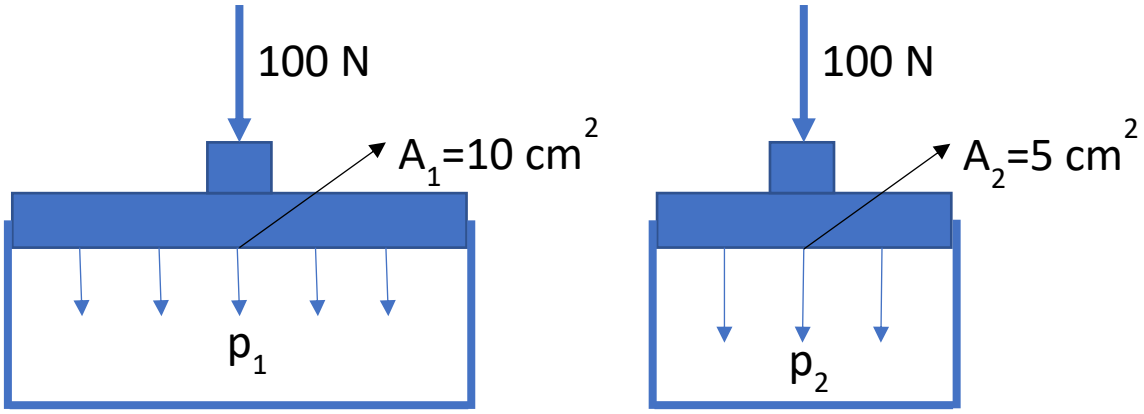
$$p = \frac{dF_n}{dA} \quad (1)$$

Se a pressão for uniforme, sobre toda a área, ou se o interesse for na pressão média, então:

$$p = \frac{F_n}{A} \quad (2)$$

Para exemplificar e evitar a confusão com força, analisemos a Figura 1.

Figura 1 – Dois recipientes com diferentes áreas submetidos a mesma F_n



Fonte: Adaptado de Brunetti (2008)

Note-se que a força aplicada em ambos os recipientes é a mesma; entretanto, a pressão será diferente. De fato:

Primeiro recipiente (Figura 1): $p_1 = \frac{F_1}{A_1} = \frac{100N}{10cm^2} = 10\,N/cm^2$

Segundo recipiente (Figura 1): $p_2 = \frac{F_2}{A_2} = \frac{100N}{5cm^2} = 20\,N/cm^2$

Assim podemos concluir pela equação (2) que quando menor a área A, maior será a pressão aplicada dada uma mesma força. Daí o interesse em medir a área formada pelos implantes neste trabalho, pois para uma mesma força mastigatória, dependendo da área que é aplicada esta força podemos ter uma pressão menor ou maior aplicada nas maxilas e na prótese.

4 METODOLOGIA

Para esse trabalho foram utilizados 42 exames de tomografias de desdentados totais maxilares. Exames foram realizados em 2019 em Clínica radiológica odontológica na cidade de Osasco, região metropolitana de São Paulo.

Nos planejamentos realizados foram instalados virtualmente implantes da marca dérig, indústria localizada na cidade Barueri estado de São Paulo, implantes que constam na biblioteca do software Implantviewer (IMPLANTVIEWER, 2021). Foram utilizados implantes cone morse de 3,5 mm de diâmetro por 10 e 11,5 mm de comprimentos, modelos indicados para esta técnica. Em cada exame foram planejados ambas as técnicas seguindo a orientação de cada um dos grupos: A.F. e F.P.. Todos os implantes deveriam ter um contato em 100% do tecido ósseo.

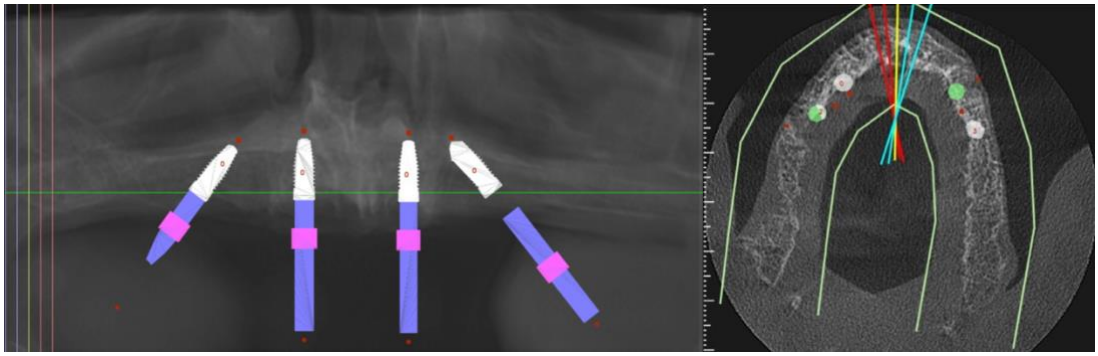
4.1 CONSIDERAÇÕES ÉTICAS

Este trabalho foi submetido e aprovado pelo Comitê de Ética da Universidade Brasil sob parecer número 4.652.975 (ANEXO A).

4.2 PLANEJAMENTO – *ALL-ON-FOUR* (A.F.)

Os planejamentos foram realizados seguindo orientação de dois implantes nos pilares caninos, mais anteriormente e mais dois implantes tangenciando a parede anterior do seio maxilar (SIADAT et al, 2018). A Figura 2 mostra o planejamento *All-on-four*.

Figura 2 – Planejamento *All-on-four*

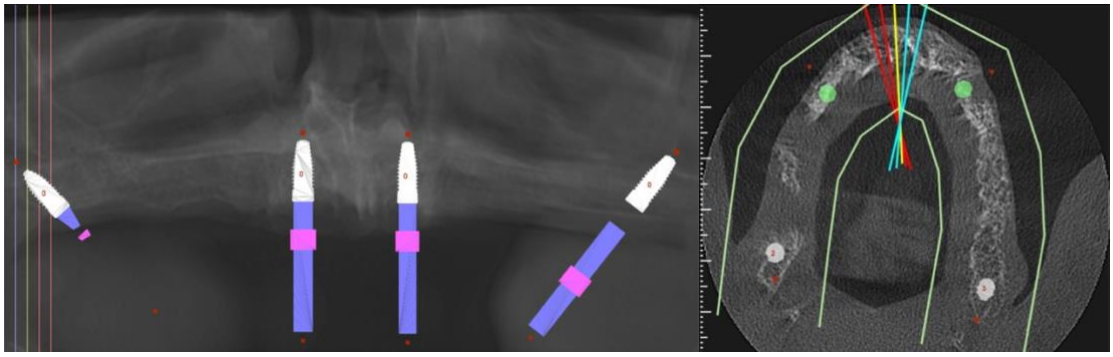


Fonte: Autoria própria.

4.3 PLANEJAMENTO – *FOUR-ON-PILLARS* (F.P.)

A instalação dos implantes virtualmente foi orientada por dois implantes nos pilares caninos e mais dois implantes em região de tuberosidade da maxila ancorando o ápice do implante no processo pterigoideo da maxila (ANANDAKRISHNA e RAO, 2012). A Figura 3 mostra o planejamento *Four-on-pillars*.

Figura 3 – Planejamento *Four-on-pillars*



Fonte: Autoria própria.

4.4 CARACTERÍSTICAS DAS IMAGENS

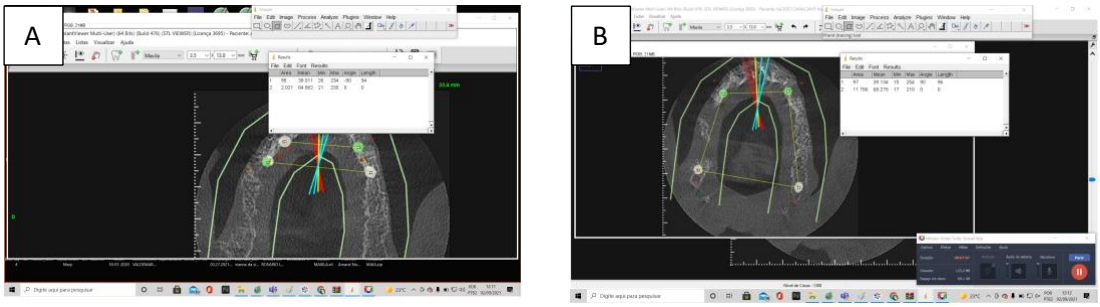
As imagens analisadas foram obtidas através de tomografias computadorizadas de feixe cônico em maxilas edêntulas totais, feitas em tomógrafo odontológico da marca Soredex, modelo Cranex 3D. Os volumes eram obtidos com o campo de visão maior do equipamento com tempo de exposição e potência aparente (kVA) definidos pelo próprio equipamento automaticamente.

4.5 MEDIDAS DAS ÁREAS

Para avaliação da área formada pelos 4 implantes (Figura 4), foi selecionado no corte axial a área mais próxima ao rebordo ósseo, sendo a região que a força mastigatória é mais exigida sobre os implantes. Utilizando o software ImageJ (RASBAND, 2018) versão 1.52k, as imagens foram individualmente calibradas seguindo a orientação da régua em cada imagem. Com uma distância conhecida marcamos 1 centímetro em linha reta, o que no software descrevia uma quantidade de pixels, porém informamos ao software que a medida em pixels era igual a 1 centímetro. Unimos cada implante formando um segmento de reta de centro de

implante ao centro de outro implante, a união de todas as arestas formava um quadrilátero e com todas estas informações o software nos fornecia a área mensuradas pela determinação das áreas formadas pelos polígonos em cada planejamento.

Figura 4 – Formação dos polígonos nas técnicas *All-on-four* (A) e *Four-on-pillars* (B)



Fonte: Autoria própria.

A imagem axial tem como escala 1:1 e junto a ela existe uma régua milimetrada real. Através da régua (Figura 4) foi calibrado a medida de 1 cm e no software ImageJ calibrada a razão cm/pixel. Desta forma o quadrilátero formado conseguimos medir em valores reais quantos centímetros quadrados eram formados em cada planejamento.

4.6 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Para a análise da área formada no planejamento cirúrgico, foi realizado o teste de normalidade de Shapiro-Wilk em cada um dos dois grupos (A.F. e F.P.) para escolha do tratamento estatístico mais adequado. Como comparamos os planejamentos pelos dois métodos, no mesmo paciente, utilizamos teste pareado, pois existe dependência entre os valores de área. No caso de ambos os grupos passarem por teste de normalidade será utilizado o teste t pareado e no caso de pelo menos um deles não passar, o teste dos postos sinalizados de Wilcoxon.

Para análise das proporções de falhas e sucessos nos planejamentos pelos dois métodos (A.F. e F.P.) foi utilizado o teste exato de Fisher.

Neste trabalho, consideramos significativos valores de $p<0,05$.

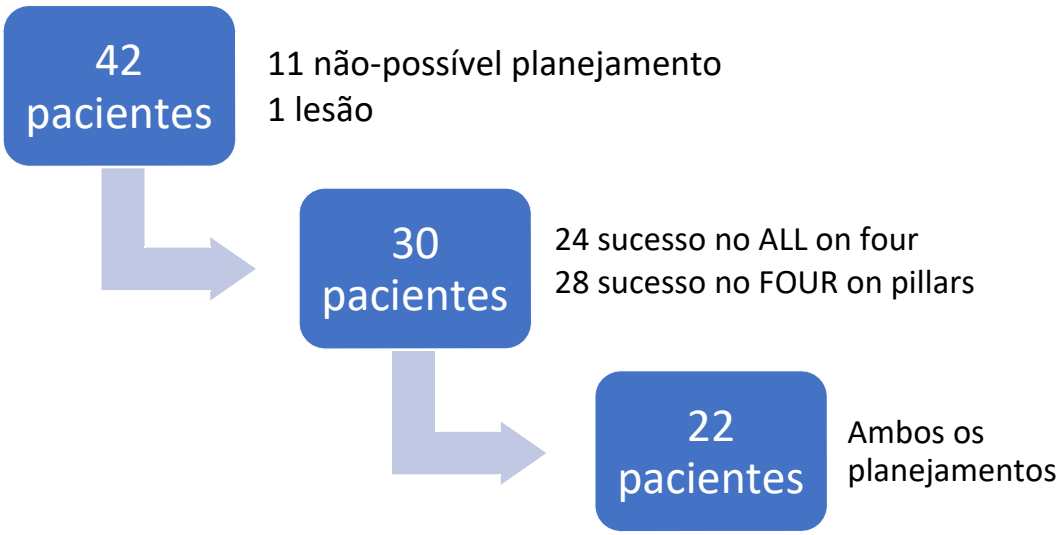
5 RESULTADOS

5.1 PLANEJAMENTOS

Foram avaliadas as tomografias computadorizadas de 42 pacientes, sendo 4 do sexo masculino e 38 do sexo feminino. A idade média dos pacientes foi de 64,0±10,4 (média ± desvio padrão). Em 11 pacientes nenhum dos planejamentos foi possível de realização devido a ausência de estrutura óssea para instalação dos implantes, 1 paciente apresentava lesão local, o que também impossibilitou o planejamento.

O fluxograma da Figura 5 representa a análise realizada.

Figura 5 – Fluxograma das imagens analisadas

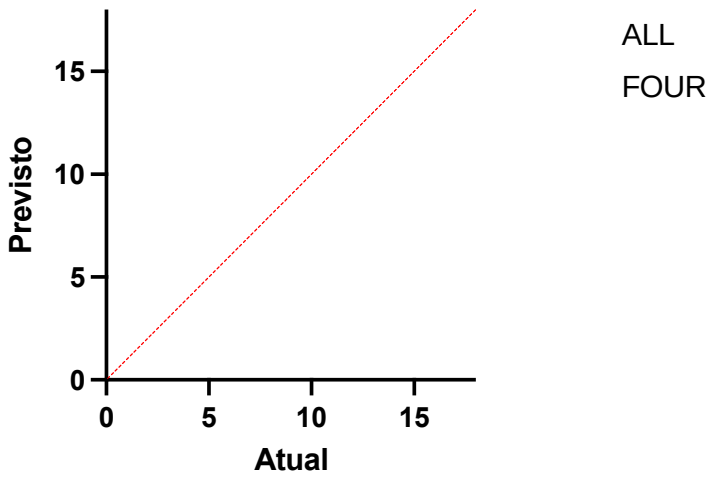


Fonte: Autoria própria.

5.2 ANÁLISE DA ÁREA FORMADA PELO QUADRILÁTERO NO PLANEJAMENTO

Cada grupo de estudo passou no teste de normalidade (Shapiro-Wilk), a Figura 6 mostra o Q-Q plot, ilustrando o resultado do teste. A proximidade dos pontos com a reta em vermelho sugere normalidade dos dados.

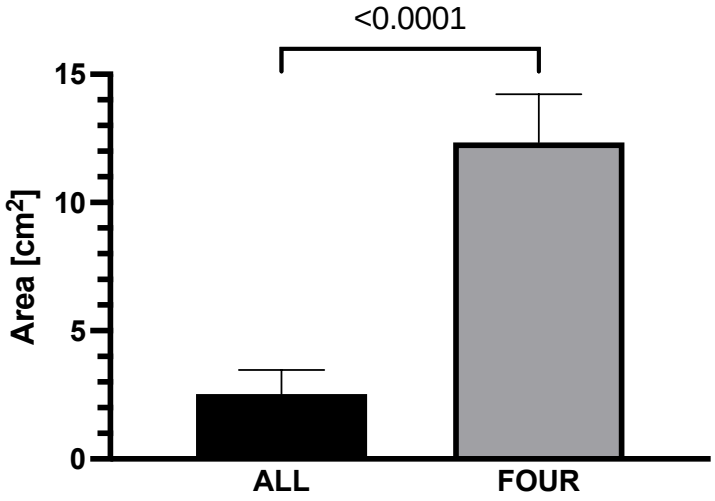
Figura 6 – Gráfico Q-Q para normalidade



Fonte: Autoria própria.

Para a comparação das áreas formadas nos dois planejamentos, consideramos apenas os pacientes onde foi possível o planejamento pelos dois tratamentos (n=22), conforme Figura 5. A Figura 7 mostra as médias das áreas formadas pelos quadriláteros, as barras de erro representam o desvio padrão. A área média da técnica *Four-on-pillars* é 4,9x maior que área média com a técnica *All-on-four*, isso representa uma diferença de 489%. Isto quer dizer que, para uma mesma força aplicada pelo maxilar teremos uma pressão 4,9x menor, ou seja, uma melhor distribuição de forças sobre as maxilas.

Figura 7 – Área de distribuição das forças

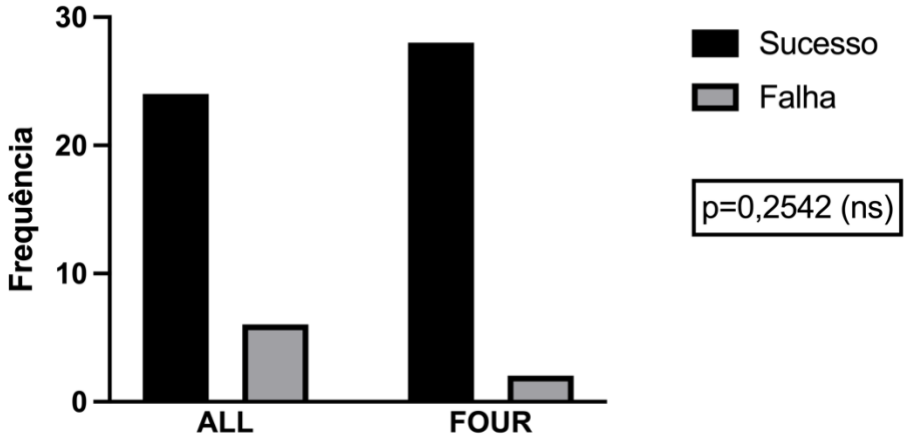


Fonte: Autoria própria.

5.3 PROPORÇÃO DE PLANEJAMENTOS BEM-SUCEDIDOS

Como existe diferença nos planejamentos devido a posição dos implantes, pode existir uma diferença de probabilidades na possibilidade de execução de cada planejamento (*Four-on-pillars* ou *All-on-four*). Para investigar se existe diferença de proporções de sucesso comparando os dois planejamentos, montamos uma tabela de contingência e aplicamos o teste exato de Fisher. A Figura 8 mostra as taxas de sucesso e fracasso em cada planejamento.

Figura 8 – Taxa de sucesso dos planejamentos *Four-on-pillars* e *All-on-four*



Fonte: Autoria própria.

Para este número de imagens avaliadas para o planejamento (30 imagens, 28 A.F.e 24 F.P), não foi possível notar diferença estatística entre as proporções de sucesso (p=0,2542). Isso quer dizer que ambas as técnicas possuem uma proporção de sucesso não-diferentes (semelhantes).

6 DISCUSSÃO

A reabilitação com implantes dentários vem por décadas sendo o padrão ouro nos tratamentos de desdentados totais, denominados inválidos orais. Com o passar dos anos, diversas técnicas surgiram com o intuito de solucionar a prática reabilitadora, implantes curtos, implantes zigomáticos e enxertos ósseos sempre somaram as soluções reabilitadoras, porém a estabilidade do implante e as dificuldades na execução e complicações pós operatórias, sempre foram as maiores preocupações (SMITD et al 2018).

Com a vinda dos planejamentos virtuais 3D melhoraram as reabilitações protéticas. Com base em nossa pesquisa, conseguimos observar que ambas as técnicas são possíveis de execução por meio de planejamentos virtuais 3D com alto índice de sucesso, melhorando a posição dos parafusos protéticos, e são correlacionados diretamente ao estudo de Monteith (1993) que descreveu a biomecânica no modelo de Scalak, que orienta a melhor posição de um parafuso protético, isto nos mostra que não existe uma técnica melhor que a outra quanto ao planejamento.

A técnica A.F., aplicada há mais de uma década, corrobora a aplicabilidade de uma resolução reabilitadora, porém, conforme nossos dados, fica aquém da nova modalidade F.P., ambas aproveitam pilares cranianos, porém esta última utiliza pilares com maior área oferecendo um melhor posicionamento. Resultado semelhante foi observado no trabalho de Smitd et al. (2018) quando descreveu a técnica *Four-on-pillars* e incluiu também neste mesmo trabalho, o estudo de Bidra et al. (2013) que avaliou a altura e espessura óssea em um grupo de pacientes e verificou um volume expressivo nessa região.

Não podemos deixar de observar as áreas formadas pelos polígonos nas emergências dos implantes dentários. A área formada pelo polígono da técnica F.P., foi nitidamente maior que na técnica A.F., isto quer dizer que a pressão exercida nas próteses do tipo A.F. dissipa menos a força e devolve aos implantes uma maior pressão comparada com a técnica F.P., resultado que se afirma com Brunetti (2008), quando mesmas forças aplicadas em áreas diferentes que conotam resultados de pressões diferentes.

7 CONCLUSÃO

Concluímos que a área formada no planejamento cirúrgico *Four-on-pillars* é maior que no planejamento *All-on-four* e também que não existe uma técnica com vantagens de sucesso no planejamento em relação a outra, portanto a técnica *Four-on-pillars* torna-se uma excelente opção como tratamento de maxilas atróficas.

REFERÊNCIAS

AL YAFI, FIRAS et al. Is Digital Guided Implant Surgery Accurate and Reliable? **Dental Clinics**, Volume 63, Issue 3, 381 – 397, 2019

ALEVIZAKOS V, MITOV G, STOETZER M, VON SEE C. A retrospective study of the accuracy of template-guided versus freehand implant placement: A nonradiologic method. **Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol**. 2019;128(3):220-226. doi:10.1016/j.oooo.2019.01.009

ANANDAKRISHNA GN, RAO G. Pterygomaxillary implants: a graftless solution to deficient maxillary bone. **J Indian Prosthodont Soc**. 2012;12(3):182-186. doi:10.1007/s13191-012-0121-1

BRUNETTI, F. **Mecânica dos fluídos**. 2ª ed. Pearson Prentice Hall, 2008.

BIDRA AS, MAY GW, THARP GE, CHAMBERS MS. Pterygoid implants for maxillofacial rehabilitation of a patient with a bilateral maxillectomy defect. **J Oral Implantol**. 2013;39(1):91-97. doi:10.1563/AAID-JOI-D-10-00181

DE ROSSI M, SANTOS CM, MIGLIORANÇA R, REGALO SC. All-on-four® fixed implant support rehabilitation: a masticatory function study. **Clin Implant Dent Relat Res**. 2014;16(4):594-600. doi:10.1111/cid.12031

IMPLANTVIEWER. **Implantviewer** – Planejamento Cirúrgico Com Tomografia. Versão 3.5, 2021. Disponível em: http://www.annesolutions.com.br/implantviewer/ Acesso 6 out. 2021.

LUND, TODD W., AND MARSHALL WADE. Use of Osseointegrated Implants to Support a Maxillary Denture for a Patient with Repaired Cleft Lip and Palate. **The Cleft Palate-Craniofacial Journal** 30, no. 4 (July 1993): 418–20. doi:10.1597/1545-1569_1993_030_0418_uooits_2.3.co_2.

MALÓ P, RANGERT B, NOBRE M. "All-on-Four" immediate-function concept with Brånemark System implants for completely edentulous mandibles: a retrospective clinical study. **Clin Implant Dent Relat Res**. 2003;5 Suppl 1:2-9. doi: 10.1111/j.1708-8208.2003.tb00010.x. PMID: 12691645.

MONTEITH BD. Minimizing biomechanical overload in implant prostheses: a computerized aid to design. **J Prosthet Dent**. 1993;69(5):495-502. doi:10.1016/0022-3913(93)90159-l

RASBAND, W.S., **ImageJ**, U. S. National Institutes of Health, Bethesda, Maryland, USA, https://imagej.nih.gov/ij/, 1997-2018.

SALINAS-GOODIER C, ROJO R, MURILLO-GONZÁLEZ J, PRADOS-FRUTOS JC. Three-dimensional descriptive study of the pterygomaxillary region related to pterygoid implants: A retrospective study. **Sci Rep**. 2019;9(1):16179. Published 2019 Nov 7. doi:10.1038/s41598-019-52672-x

SCHNEIDER D, SANCHO-PUCHADES M, SCHOBER F, THOMA D, HÄMMERLE C, JUNG R. A Randomized Controlled Clinical Trial Comparing Conventional and Computer-Assisted Implant Planning and Placement in Partially Edentulous Patients. Part 3: Time and Cost Analyses. **Int J Periodontics Restorative Dent**. 2019;39(3):e71-e82. doi:10.11607/prd.4146

SIADAT H, ROKN A, BEYABANAKI E. FULL ARCH All-on-4 Fixed Implant-Supported Prostheses with 8.5 Years of Follow-Up: A Case Report. **J Dent** (Tehran). 2018;15(4):259-265.

SMITD R, SCHNEIDER LE, NACONECY MM, OZKOMUR A. Reabilitação de maxila edêntula atrófica utilizando um novo conceito biomecânico Four-on-pillars. **IN Perio** 2018;3(5):857-63

TANNYHILL RJ 3rd, Jensen OT. Computer Simulation and Maxillary All-on-Four Surgery. **Oral Maxillofac Surg Clin North Am**. 2019;31(3):497-504. doi:10.1016/j.coms.2019.03.011

ANEXO A – Parecer Consubstanciado do CEP

UNIVERSIDADE BRASIL

PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: Avaliação comparativa entre as técnicas, tradicional 'All on four' e 'Four on pillars' em planejamentos virtuais 3d associadas a cirurgias guiadas em maxilas atróficas

Pesquisador: DANIEL SOUZA FERREIRA MAGALHAES
Área Temática:
Versão: 2
CAAE: 43290121.8.0000.5494
Instituição Proponente: UNIVERSIDADE BRASIL
Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 4.652.975

Apresentação do Projeto:
Conhecimento técnico completo e entendimento anatômico são críticos para obter resultados cirúrgicos ideais. A dificuldade da cirurgia maxilar completa pode variar significativamente, dependendo da complexidade da anatomia ou defeito ósseo. Historicamente, o treinamento cirúrgico tem sido baseado em um modelo de aprendizagem com respostas progressivas. O objetivo desse trabalho é analisar e comparar dois métodos de planejamentos guiados em software de manipulação de implantes dentários, associados às técnicas “All On Four” e “Four on Pillars” utilizadas em pacientes com maxilas atróficas. Para isso serão utilizados 150 exames de tomografias de desdentados totais maxilares. Exames foram realizados nos anos de 2018 e 2020 em Clínica radiológica odontológica na cidade de Osasco, região metropolitana de São Paulo. Será feito o planejamento cirúrgico virtual em cada uma das técnicas e os resultados dos planejamentos serão comparados entre si por meio de parâmetros medidos pelas imagens. Espera-se com este trabalho analisar as características de cada um dos planejamentos indicando vantagens e desvantagens dos
procedimentos afim de auxiliar o dentista na tomada de decisão.

Objetivo da Pesquisa:
Objetivo Primário:

Endereço: RUA CAROLINA FONSECA, 235
Bairro: ITAQUERA **CEP:** 08.230-030
UF: SP **Município:** SAO PAULO
Telefone: (11)2052-0461 **E-mail:** comite.etica.sp@universidadebrasil.edu.br

O objetivo desse trabalho é analisar e comparar dois métodos de planejamentos guiados em software de manipulação de implantes dentários, associados às técnicas “All On Four” e “Four on Pillars” utilizadas em pacientes com maxilas atróficas.

Objetivo Secundário:
• Selecionar os exames tomográficos que se encaixem no critério de inclusão
• Fazer o planejamento cirúrgico virtual para as duas técnicas em cada tomografia: tradicional, “All On Four” e “Four on Pillars”.
• Fazer a comparação dos planejamentos virtuais observando a área mastigatória formada pela emergência dos implantes instalados

Avaliação dos Riscos e Benefícios:
Riscos:
Os riscos são mínimos, visto que serão utilizados apenas exames tomográficos de imagem de pacientes, entretanto vale considerar o risco de vazamento de dados do banco de imagens como risco indireto ao paciente.

Benefícios:
A pesquisa não oferece benefícios diretos já que os planejamentos realizados não serão utilizados nos pacientes, porém a comparação entre as técnicas auxiliará a tomada de decisão mais favorável a cada caso pelo cirurgião dentista.

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:
O presente projeto de pesquisa irá utilizar exames de tomografias, pertencentes a um banco de imagens de uma Clínica radiológica odontológica sem a identificação dos pacientes, para analisar e comparar métodos de planejamento cirúrgico virtual com softwares. É um projeto relevante no campo da Imaginologia e Diagnóstico por imagens. O projeto está bem delineado e embasado na contextualização e literatura prévia. Os termos de apresentação obrigatória do CEP foram preenchidos pelos pesquisadores. A solicitação de dispensa do TCLE está bem embasada.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:
Os requisitos do CEP e da Plataforma Brasil foram adequadamente preenchidos pelos

pesquisadores. Na Informações Básicas Do Projeto na PB estão inseridos os itens Riscos, Benefícios, Cronograma, Orçamento, Declarações de Anuência e Autorização de uso de dados, Curriculum Lattes dos pesquisadores envolvidos.

Todas as sugestões do parecerista foram realizadas: inserção na Plataforma Brasil o nome de todos pesquisadores envolvidos; correção das datas do cronograma na brochura e informações básicas do projeto, nas declarações de Anuência e Autorização do uso de dados foram inseridos os dados e carimbo profissional do responsável pela guarda dos exames radiográficos. Na PB e brochura do projeto estão inseridos nomes de todos pesquisadores envolvidos. Foram inseridos Curriculum vitae de todos pesquisadores.

Recomendações:

Todas as sugestões foram realizadas a contento.

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

Todas as sugestões foram realizadas a contento, não havendo inadequações.

Considerações Finais a critério do CEP:

Favor enviar relatórios apropriados para cada fase da pesquisa de acordo com as normas vigentes.

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_1698631.pdf	30/03/2021 15:00:07		Aceito
Outros	Carta_resposta.pdf	30/03/2021 14:59:51	DANIEL SOUZA FERREIRA MAGALHAES	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	Projeto_Pesquisa.pdf	30/03/2021 14:59:29	DANIEL SOUZA FERREIRA MAGALHAES	Aceito
Outros	anuencia_e_dados.pdf	30/03/2021 14:58:45	DANIEL SOUZA FERREIRA MAGALHAES	Aceito
Folha de Rosto	Folha_Rosto_ASS_corr.pdf	04/02/2021 17:22:16	DANIEL SOUZA FERREIRA MAGALHAES	Aceito
Outros	CV_Marcelo.pdf	04/02/2021 17:11:29	DANIEL SOUZA FERREIRA MAGALHAES	Aceito

Outros	Lattes_Daniel.pdf	04/02/2021 14:35:51	DANIEL SOUZA FERREIRA MAGALHAES	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	IsencaoTCLE.pdf	04/02/2021 14:34:31	DANIEL SOUZA FERREIRA MAGALHAES	Aceito

Situação do Parecer:
Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:
Não

SAO PAULO, 15 de Abril de 2021

Assinado por:
SILVIA CRISTINA NUNEZ
(Coordenador(a))

ANEXO B – Artigo Publicado

QR code direcionador para o artigo:

Acessado em 4 de novembro de 2021.

Research, Society and Development, v. 10, n. 14, e118101422021, 2021
(CC BY 4.0) | ISSN 2525-3409 | DOI: http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v10i14.22021

Comparative evaluation between the “All on Four” and “Four on Pillars” techniques in 3D virtual planning associated with guided surgery on atrophic jaws

Avaliação comparativa entre as técnicas “All on Four” e “Four on Pillars” em planejamentos virtuais 3D associadas a cirurgias guiadas em maxilas atróficas

Evaluación comparativa entre las técnicas “All on Four” y “Four on Pillars” en la planificación virtual 3D asociada a la cirugía guiada de maxilares atróficos

Received: 10/19/2021 | Reviewed: 10/24/2021 | Accept: 10/25/2021| Published: 10/28/2021

Marcelo do Lago Pimentel Maia
ORCID: https://orcid.org/0000-0002-0227-1440
Universidade Brasil, Brazil
E-mail: marcelomaia@isoradiologia.com.br
Daniel Souza Ferreira Magalhães
ORCID: https://orcid.org/0000-0002-3761-1927
Universidade Brasil, Brazil
E-mail: daniel.magalhaes@universidadebrasil.edu.br

Abstract
Thorough technical knowledge and anatomical understanding are critical for optimal surgical results. The difficulty of complete maxillary surgery can vary significantly depending on the complexity of the anatomy or bone defect. In this work, we analyze and compare two methods of software-guided planning for the manipulation of dental implants, associated with the All on Four (ALL) and Four on pillars (FOUR) techniques used in patients with atrophic maxillae. Forty-two images of totally edentulous patients were analyzed, and surgical planning was performed using both methods. The average area of the Four on pillars technique is 4.9x ($p<0.0001$) greater than the average area of the All on four technique, this represents a difference of 489%. This means that, for the same force applied by the jaw, we will have a 4.9x smaller pressure, that is, a better distribution of forces on the jaws. It was not possible to notice a statistical difference between the success proportions ($p=0.2542$), this means that both techniques have a non-different (similar) success proportion. We conclude that the area of the polygon formed in the Four on pillars surgical plan is larger than in the All on four plan and this results in significantly less pressure on the implants. We also concluded that it was not possible to notice a statistical difference between the proportions of success, which shows that there is no technique with successful performance advantages over the other.
Keywords: Bioengineering; Odontology; Dentistry; 3D surgical planning.

Resumo
Conhecimento técnico completo e entendimento anatômico são críticos para obter resultados cirúrgicos ideais. A dificuldade da cirurgia maxilar completa pode variar significativamente, dependendo da complexidade da anatomia ou defeito ósseo. Neste trabalho analisamos e comparamos dois métodos de planejamentos guiados em software de manipulação de implantes dentários, associados às técnicas All on Four (ALL) e Four on pillars (FOUR) utilizadas em pacientes com maxilas atróficas. Foram analisadas 42 imagens de pacientes desdentados totais a foi realizado o planejamento cirúrgico pelos dois métodos. A área média da técnica Four on pillars é 4,9x ($p<0,0001$) maior que área média com a técnica All on four, isso representa uma diferença de 489%. Isto quer dizer que, para uma mesma força aplicada pelo maxilar teremos uma pressão 4,9x menor, ou seja, uma melhor distribuição de forças sobre as maxilas. Não foi possível notar diferença estatística entre as proporções de sucesso ($p=0,2542$), isso quer dizer que ambas as técnicas possuem uma proporção de sucesso não-diferentes (semelhantes). Concluímos que a área do polígono formado no planejamento cirúrgico Four on pillars é maior que no planejamento All on four e isto resulta em uma pressão significativamente menor sobre os implantes. Concluímos também que não foi possível notar diferença estatística entre as proporções de sucesso, o que mostra que não existe uma técnica com vantagens de sucesso de realização em relação a outra.
Palavras-chave: Bioengenharia; Odontologia; Planejamento cirúrgico 3D.

Resumen
Un conocimiento técnico completo y una comprensión anatómica son fundamentales para obtener resultados quirúrgicos óptimos. La dificultad de la cirugía maxilar completa puede variar significativamente según la complejidad de la anatomía o el defecto óseo. En este trabajo analizamos y comparamos dos métodos de planificación guiada por

Research, Society and Development, v. 10, n. 14, e118101422021, 2021
(CC BY 4.0) | ISSN 2525-3409 | DOI: http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v10i14.22021

software para la manipulación de implantes dentales, asociados a las técnicas All on Four (ALL) y Four on pillars (FOUR) utilizadas en pacientes con maxilares atróficos. Se analizaron 42 imágenes de pacientes totalmente desdentados y se realizó la planificación quirúrgica con ambos métodos. El área promedio de la técnica Cuatro sobre pilares es 4.9x (p <0,0001) mayor que el área promedio de la técnica Todos sobre cuatro, esto representa una diferencia del 489%. Esto significa que, para la misma fuerza aplicada por la mandíbula, tendremos una presión 4,9 veces menor, es decir, una mejor distribución de fuerzas sobre las mandíbulas. No fue posible notar una diferencia estadística entre las proporciones de éxito (p = 0,2542), esto significa que ambas técnicas tienen una proporción de éxito no diferente (similar). Concluimos que el área del cuadrilátero formado en el plan quirúrgico de Cuatro sobre pilares es mayor que en el plan Todo sobre cuatro y esto da como resultado una presión significativamente menor sobre los implantes. También concluimos que no fue posible notar una diferencia estadística entre las proporciones de éxito, lo que demuestra que no existe una técnica con ventajas de rendimiento exitoso sobre otra.
Palabras clave: Bioingeniería; Odontología; Planificación quirúrgica 3D.

1. Introduction

Thorough technical knowledge and anatomical understanding are critical for optimal surgical results. The difficulty of complete maxillary surgery can vary significantly depending on the complexity of the anatomy or bone defect. Historically, surgical training has been based on a learning model with progressive responses.

Fewer cases available, greater demand for safety and quality, and greater supervision resulted in a paradigm shift in surgical education. Computer surgical simulation can enhance the trainee experience in areas such as preoperative planning, skill acquisition and complication management. There is evidence that simulation, in its various forms, can provide clinical transferability for surgical procedures, techniques that require repeated exposure and integration of anatomical knowledge and psychomotor skills. Professionals who have undergone virtual planning training become more prepared than those who do not have this option (Tannyhill, & Jensen, 2019).

Guided surgery is currently a relevant option for bringing to the patient fewer surgical complications and is directly related to the 3d virtual planning for the success of the case. Guided implant surgery simplifies implant placement and generates optimal clinical outcomes. Digital implant planning allows for accurate diagnosis in which locations should be installed and allows a virtual visualization of the final prosthetic restoration. Additional clinical benefits include reduced surgical time and lower complication rate leading to greater patient acceptance and satisfaction (Al Yafi et al, 2019).

As for the professional's experience, virtual planning helps when the professional does not have much surgical experience, proving to be an important tool in dental implant surgeries. Therapy with oral implants has been performed by inexperienced dentists in eligible patients, after software planning based on cone beam computed tomography (CBCT). Two groups of patients were formed according to the surgical technique: guided and freehand implant placement and implant placement using surgical guides. After installing the implants in both techniques, the patients were again computed tomography (CT) scanned and the results were compared with the preoperative planning CT scans, and the 3D deviations were calculated. The junction of the tomographies was made using common anatomical points. Guided placement of the implant produced significantly smaller angular deviations compared to the freehand method (Alevizakos et al, 2019).

Although dental implants achieve high survival rates, the success of prosthetic therapy depends on an appropriate location for implant placement. Improperly positioned implants can damage vital structures such as nerves or vessels. In addition, proper placement of the implant can result in esthetics, biological repair minimizing complications and can act in an important way in cases where esthetics is a determining factor (Schneider et al, 2019).

The Branemark protocol technique for installing osseointegrated implants in edentulous maxillae is a common surgical/prosthetic procedure in the routine of dental clinics in general (Maló et al. 2003). And today, it has become one of the most viable methods of dental rehabilitation for the oral disabled patient, either because of its practicality, efficiency in the result of mastication and aesthetics, or because of the cost that was very high in the past and which today has become accessible to

Research, Society and Development, v. 10, n. 14, e118101422021, 2021
(CC BY 4.0) | ISSN 2525-3409 | DOI: http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v10i14.22021

majority of the population, for the improvement of new techniques, new materials, and equipment. The traditional way to make the perforations for the Branemark protocol is to perform an extensive opening of the maxillary flap with an incision made on the crest of the alveolar ridge, extending along the entire perimeter until reaching the maxillary tuber region. Wide vestibular and palatal displacement, releasing the gingiva and mucosa, with its periosteum showing all the maxillary bone included in the alveolar vestibule/palatine, even exposing the incisive foramen, according to the original technique described by Professor Branemark (Lund, & Wade, 1993). Despite being a daily dental technique, the major problem for the development of this technique is to have a favorable amount of bone, and it has an uncomfortable postoperative period. The All on Four (ALL) installation technique was developed and associated with guided planning and ended up being a favorable treatment option for these patients with atrophic maxillae, greatly facilitating the positioning of these implants, as well as the patient's postoperative period.

In this work we comparatively evaluate two surgical techniques, one taken as standard (ALL) and the other called Four on pillars (FOUR), comparing the areas formed by the implants in each case, which is directly related to the pressure applied to the jaws during the bite; and we compared the proportion of successful planning carried out in each technique in order to understand if any of them can be applied in more or less cases of atrophic jaws.

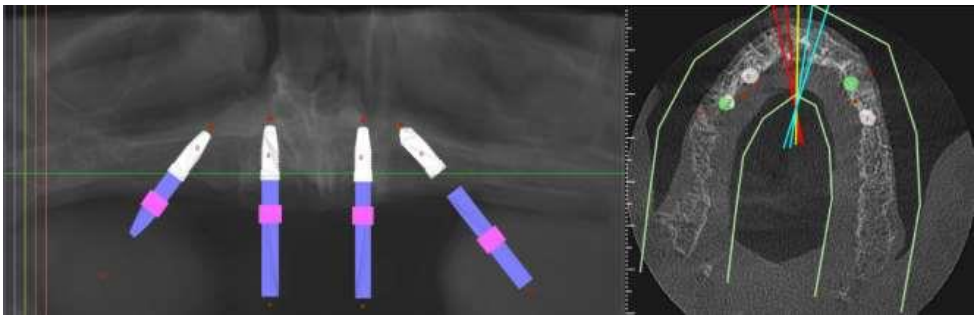
2. Methodology

For this work, 42 CT scans of maxillary edentulous people were evaluated. Exams were performed in 2019 at a radiological dental clinic in the city of Osasco, metropolitan region of São Paulo city. The analyzed images were obtained through CBTC scans of total edentulous maxillae, made in a dental scanner, brand Soredex, model Cranex 3D. This work was submitted and approved by the Ethics Committee of Universidade Brasil under approval number 4,652,975. All procedures performed in this study were in accordance with the ethical standards and with the 1964 Helsinki declaration and its later amendments.

In the planning carried out, dérig® implants (Dérig, 2021) were virtually installed, implants that appear in the Implant viewer software library (Implantviewer, 2021). 3.5 mm morse taper implants were used, models indicated for this technique. In each exam, both techniques were planned following the orientation of each of the groups: ALL and FOUR. All implants should have 100% bone tissue contact.

For the All on Four planning, the plans were carried out following the orientation of two implants in the canine pillars, more anteriorly and two more implants tangent to the anterior wall of the maxillary sinus (Siadat et al, 2018; Greenberg, 2017; Durkan, Oyar, & Deste, 2019; Soto-Penaloza et al., 2017). Figure 1 shows the All on four planning.

Figure 1. All on Four 3D planning.

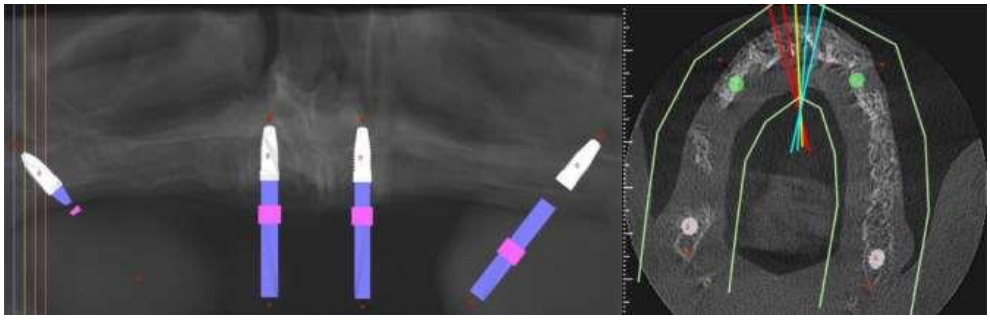


Source: Authors.

Research, Society and Development, v. 10, n. 14, e118101422021, 2021
(CC BY 4.0) | ISSN 2525-3409 | DOI: http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v10i14.22021

For the Four on Pillars planning, the installation of the implants was virtually guided by two implants in the canine pillars and two more implants in the tuberosity region of the maxilla, anchoring the apex of the implant in the pterygoid process of the maxilla (Anandakrishna, & Rao, 2012; Peñarrocha, 2009; Balshi et al., 1995; Balshi et al., 1999). Figure 2 shows the Four on pillars plan.

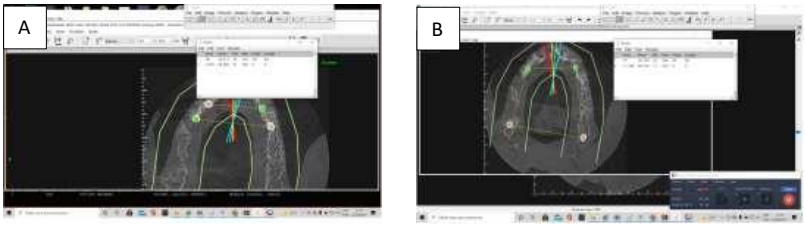
Figure 2. Four on pillars 3D planning.



Source: Authors.

To assess the area formed by the 4 implants (Figure 3), the area closest to the bone ridge was selected in the axial section, being the region in which the masticatory force is most demanded on the implants. Using the ImageJ software (Rasband, 2018) version 1.52k, the images were individually calibrated and measured by determining the areas formed by the polygons in each planning.

Figure 3. Formation of polygons in the All On Four (A) and Four On Pillars techniques.



Source: Authors.

The axial image is scaled 1:1 and next to it there is a real millimeter ruler. Through the ruler (Figure 4) the measure of 1 cm was calibrated and in the ImageJ software the cm/pixel ratio was calibrated. In this way, the formed polygon was able to measure in real values how many square centimeters were formed in each planning.

To analyze the area formed in surgical planning, the Shapiro-Wilk normality test was performed in each of the two groups (ALL and FOUR) to choose the most appropriate statistical treatment. As we compared the planning by the two methods, in the same patient, we used a paired test, as there is a dependence between the area values. In case both groups pass the normality test, the paired t-test will be used, and if at least one of them does not pass, the Wilcoxon signed-rank test will be used.

To analyze the proportions of failures and successes in planning by the two methods (ALL and FOUR) we create a contingency table describing the successes and failures of each method than Fisher's exact test was used.

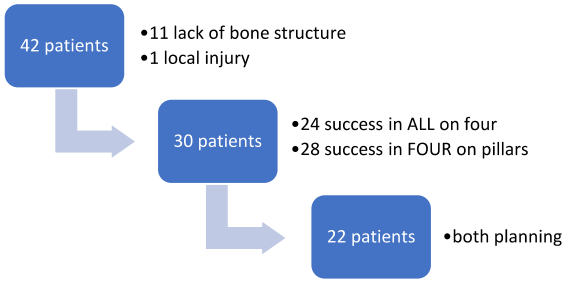
Research, Society and Development, v. 10, n. 14, e118101422021, 2021
(CC BY 4.0) | ISSN 2525-3409 | DOI: http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v10i14.22021

In this work, we consider significant values of $p<0.05$.

3. Results and Discussion

Computed tomography scans of 42 patients were evaluated, 4 males and 38 females. The mean age of patients was 64.0±10.4 (mean±standard deviation). In 11 patients, none of the plans could be carried out due to the lack of bone structure. 1 patient had a local injury, which also made planning impossible. The flowchart in Figure 4 represents the analysis performed.

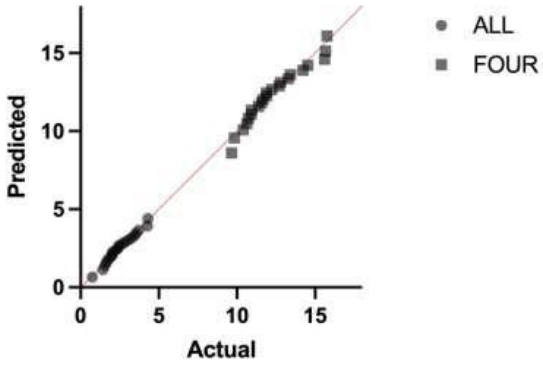
Figure 4. Flowchart of analyzed images.



Source: Authors.

Each study group passed the normality test (Shapiro-Wilk), Figure 5 shows the Q-Q plot, illustrating the test result. The proximity of the points to the red line suggests data normality.

Figure 5. Q-Q chart for normality.

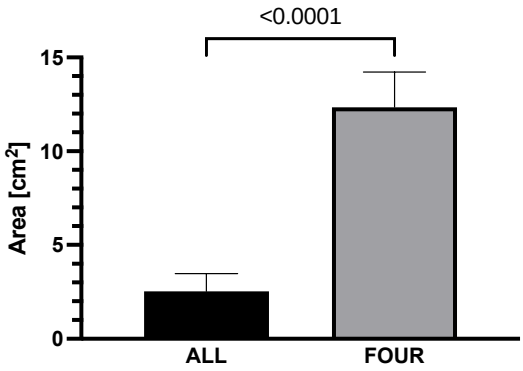


Source: Authors.

To compare the areas formed in the two surgical plans, we considered only the patients where planning by the two treatments was possible (n=22), as shown in Figure 4. Figure 6 shows the averages of the areas formed by the polygon; the error bars represent the standard deviation. The average area of the Four on pillars technique is 4.9x larger than the average area of the All on four technique, this represents a difference of 489%. This means that, for the same force applied by the jaw, we will have a 4.9x smaller pressure, that is, a better distribution of forces on the jaws.

Research, Society and Development, v. 10, n. 14, e118101422021, 2021
(CC BY 4.0) | ISSN 2525-3409 | DOI: http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v10i14.22021

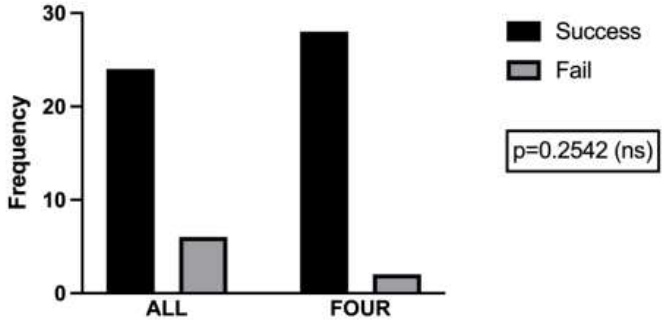
Figure 6. Planning area.



Source: Authors.

As there is a difference in the plans due to the position of the implants, there may be a difference in probabilities in the possibility of executing each plan (Four on pillars or All on four). To investigate whether there is a difference in success proportions comparing the two plans, we set up a contingency table and performed Fisher's exact test. Figure 8 shows the success and failure rates for each schedule.

Figure 7. Success rate of Four on pillars and All on four plans.



Source: Authors.

For this number of images evaluated for planning (n=30 images), it was not possible to notice a statistical difference between the proportions of success (p=0.2542). This means that both techniques have a non-different (similar) success ratio.

One study evaluated 63 patients, 21 were successfully rehabilitated with maxillary and mandibular All on Four, 21 patients were dentate and 21 were rehabilitated with double complete dentures. Electromyography was performed during tightening, non-ritual chewing, habitual chewing and at rest. All values were standardized as a percentage of a maximum voluntary contraction and as a result, similarity of muscle function in patients with total and toothed dentures shows that this concept of treatment can be considered a good option for oral rehabilitation in edentulous patients (De Rossi et al., 2014). Our results show that All on four presented greater pressure on the implants because a force applied on a surface can be decomposed into two effects: a tangential one, which gives rise to shear stresses, and a normal one (F_n), which gives rise to the pressures

Research, Society and Development, v. 10, n. 14, e118101422021, 2021
(CC BY 4.0) | ISSN 2525-3409 | DOI: http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v10i14.22021

(Brunetti, 2008). If the pressure (p) is uniform, over the entire area (A), or if the interest is in mean pressure, then:

$$p = \frac{F_n}{A} \quad \text{(eq. 1)}$$

In an analysis of morphological characteristics of the pterygomaxillary region related to pterygoid implants, CBCT of 52 three-dimensional hemi-maxillas were analyzed. Bone density, volume, height, and width were analyzed at various sites in the maxillary and pterygoid process, and the variables age, sex, and dentistry status patients were compared. The results show that the mean width of the pterygomaxillary joint was 7.5 mm (SD 1.00 mm), the mean height was 12.51 mm (SD 1.82 mm) and the mean volume was 321.7 mm^3 (SD 142.02 mm^3). Statistically significant differences were found between dentate and edentulous patients, showing a higher bone density in patients dentate in the pterygoid process. In the maxilla, density was statistically significantly lower in females (571.0; SD 74.1; 95% CI 594.9 to 645.4 GSD) than in men (620.2; SD 93.8; 95% CI 594.4 to 645.4 GSD, p = 0.047). Due to the significant variation in the morphological characteristics of the pterygomaxillary region between subjects, personalized pre-surgical radiological assessment should always be performed. Gender, age and dental condition are critical factors, as they significantly affect bone density in this region (Salinas-Goodier et al, 2019). Atrophic jaws have serious aesthetic and functional consequences. The retention and support of an upper obturator prosthesis in these patients is particularly challenging. Surgical placement of implants is also difficult due to the lack of available bone. Therefore, implant placement in remote locations, such as the zygoma, has been advocated. Very few articles in the literature have discussed the use of pterygoid / pterygomaxillary implants in patients undergoing atrophic maxillae. This case report describes the maxillofacial rehabilitation of an elderly man who underwent a bilateral subtotal maxillectomy for basaloid squamous cell carcinoma of the hard palate. After initial healing, the patient had a pterygoid implant placed on each side of the oral cavity. Zygomatic implants were also tried but failed to osseointegrate. Both pterygoid implants showed successful osseointegration. These 2 implants significantly helped to retain a full denture (Bidra et al., 2013). In our work, using the techniques All on four and Four on pillars, both techniques had a non-different (similar) success ratio.

In future works a correlation of the success ratio with the age could bring more information for surgical planning. Also, we encourage a post-surgical longitudinal-analysis to evaluate the wear of the implants.

4. Conclusion

We conclude that the area of the polygon formed in the Four on Pillars surgical plan is on average 4.9x larger than in the All on Four plan and this results in significantly less pressure on the implants. We also concluded that it was not possible to notice a statistical difference between the proportions of success, which shows that there is no technique with successful performance advantages over another.

References

Al Yafi, F., Camenisch, B., & Al-Sabbagh, M. (2019). Is Digital Guided Implant Surgery Accurate and Reliable? *Dental Clinics*, 63(3), 381 – 397.

Alevizakos, V., Mitov, G., Stoetzer, M., & Von See, C. (2019). A retrospective study of the accuracy of template-guided versus freehand implant placement: A nonradiologic method. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral* Radiol. 128(3):220-226. 10.1016/j.oooo.2019.01.009

Anandakrishna, G. N., & Rao, G. (2012). Pterygomaxillary implants: a graftless solution to deficient maxillary bone. *J Indian Prosthodont Soc*. 12(3):182-186. doi:10.1007/s13191-012-0121-1

Balshi, T. J., Lee, H. Y., & Hernandez, R. E. (1995). The use of pterygomaxillary implants in the partially edentulous patient: a preliminary report. *The International journal of oral & maxillofacial implants,* 10(1), 89–98.

Research, Society and Development, v. 10, n. 14, e118101422021, 2021
(CC BY 4.0) | ISSN 2525-3409 | DOI: http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v10i14.22021

Balshi, T. J., Wolfinger, G. J., & Balshi, S. F., 2nd (1999). Analysis of 356 pterygomaxillary implants in edentulous arches for fixed prosthesis anchorage. The International journal of oral & maxillofacial implants, 14(3), 398–406.

Brunetti, F. (2008). *Mecânica dos fluídos*. (2a ed.), Pearson Prentice Hall.

Bidra, A. S., May, G. W., Tharp, G. E., & Chambers, M. S. (2013). Pterygoid implants for maxillofacial rehabilitation of a patient with a bilateral maxillectomy defect. *J Oral Implantol*. 39(1):91-97. 10.1563/AAID-JOI-D-10-00181

De Rossi, M., Santos, C. M., Migliorança, R., & Regalo, S. C. (2014). All on Four® fixed implant support rehabilitation: a masticatory function study. *Clin Implant Dent Relat Res*. 16(4):594-600. doi:10.1111/cid.12031

Dérig (2021). *Dérig - Implantes do Brasil*. <https://derig.com.br/en/>.

Durkan, R., Oyar, P., & Deste, G. (2019). Maxillary and mandibular all-on-four implant designs: A review. Nigerian journal of clinical practice, 22(8), 1033–1040. https://doi.org/10.4103/njcp.njcp_273_18

Greenberg A. M. (2017). Advanced dental implant placement techniques. Journal of Istanbul University Faculty of Dentistry, 51(3 Suppl 1), S76–S89. https://doi.org/10.17096/jiufd.17594

Implantviewer (2021). Implantviewer – Planejamento Cirúrgico Com Tomografia. Versão 3.5, 2021. <http://www.annesolutions.com.br/implantviewer/>

Lund, T. W., & Marshall W. (1993). Use of Osseointegrated Implants to Support a Maxillary Denture for a Patient with Repaired Cleft Lip and Palate. *The Cleft Palate-Craniofacial Journal* 30(4)418–20. 10.1597/1545-1569_1993_030_0418_uooits_2.3.co_2.

Maló, P., Rangert, B., & Nobre, M. (2003). "All-on-Four" immediate-function concept with Brånemark System implants for completely edentulous mandibles: a retrospective clinical study. Clinical implant dentistry and related research, 5 Suppl 1, 2–9. https://doi.org/10.1111/j.1708-8208.2003.tb00010.x

Peñarrocha, M., Carrillo, C., Boronat, A., & Peñarrocha, M. (2009). Retrospective study of 68 implants placed in the pterygomaxillary region using drills and osteotomes. The International journal of oral & maxillofacial implants, 24(4), 720–726.

Rasband, W. S. (2018). *ImageJ*, U. S. National Institutes of Health, Bethesda, Maryland, USA, https://imagej.nih.gov/ij/, 1997-2018.

Salinas-Goodier, C., Rojo, R., Murillo-González, J., & Prados-Frutos, J. C. (2019). Three-dimensional descriptive study of the pterygomaxillary region related to pterygoid implants: A retrospective study. *Sci Rep*. (1):16179. doi:10.1038/s41598-019-52672-x

Schneider, D., Sancho-Puchades, M., Schober, F., Thoma, D., Hämmerle, C., & Jung, R. (2019). A Randomized Controlled Clinical Trial Comparing Conventional and Computer-Assisted Implant Planning and Placement in Partially Edentulous Patients. Part 3: Time and Cost Analyses. *Int J Periodontics Restorative Dent*. 39(3):e71-e82. 10.11607/prd.4146

Siadat, H., Rokn, A., & Beyabanaki, E. (2018) Full Arch All-on-4 Fixed Implant-Supported Prostheses with 8.5 Years of Follow-Up: A Case Report. *J Dent (Tehran)*. 15(4):259-265.

Soto-Penaloza, D., Zaragozí-Alonso, R., Penarrocha-Diago, M., & Penarrocha-Diago, M. (2017). The all-on-four treatment concept: Systematic review. Journal of clinical and experimental dentistry, 9(3), e474–e488. https://doi.org/10.4317/jced.53613

Tannyhill, R. J. 3rd, & Jensen, O. T. (2019). Computer Simulation and Maxillary All-on-Four Surgery. *Oral Maxillofac Surg Clin North Am*. 31(3):497-504. doi:10.1016/j.coms.2019.03.011