



Henry Alexander Aldana Avila

**Análise de elementos finitos de reabilitação de maxilar edêntulos com
implantes zigomáticos de corpo liso e mini pilares angulados**

CURITIBA
2024

Henry Alexander Aldana Avila

Análise de elementos finitos de reabilitação de maxilar edêntulos com implantes
zigomáticos de corpo liso e mini pilares angulados

Dissertação apresentada a Faculdade ILAPEO
como parte dos requisitos para obtenção de título
de Mestre em Odontologia com área de
concentração em Implantodontia

Orientador: Prof. Dr. Luis Eduardo Marques
Padovan

CURITIBA
2024

Henry Alexander Aldana Avila

Análise de elementos finitos de reabilitação de maxilar edêntulos com implantes zigomáticos
de corpo liso e mini pilares angulados

Presidente da Banca Orientador: Prof. Dr. Luis Eduardo Marques Padovan

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Erton Massamitsu Miyasawa
Prof. Dr. Tatiana Deliberador

Aprovada em: 27-02-2024

Dedicatória

Este trabalho é dedicado à maior motivação da minha vida, meus filhos, Alejo e Martín.

Sumário

1. Artigo científico 1	7
2. Artigo científico 2.....	14

1. Artigo científico 1

Artigo de acordo com as normas da Faculdade ILAPEO, para futura publicação no periódico
Colocar o nome da revista

ANÁLISE DE ELEMENTOS FINITOS DE REABILITAÇÃO DE MAXILAR EDÊNTULOS COM IMPLANTES ZIGOMÁTICOS DE CORPO LISO E MINI PILARES ANGULADOS

Henry Alexander Aldana Avila¹
Erton Massamitsu Miyasawa²
Luis Eduardo Marques Padovan²

¹ Aluno do Programa de Mestrado em Implantodontia da Faculdade ILAPEO

² Professor do Programa de Pós Graduação da Faculdade ILAPEO

RESUMO

A análise de elementos finitos é uma ferramenta computacional utilizado na engenharia para estudar o efeito de cargas sobre as estruturas de diversas composições através de cálculos matemáticos. A previsibilidade do sucesso de reabilitações orais com prótese e implantes pode ser avaliada biomecanicamente mesmo antes de se realizar o tratamento em pacientes. Neste estudo de uma reabilitação maxilar edêntula com quatro implantes zigomáticos, utilizou se implantes de dois diâmetros diferentes (3,5mm nos implantes mais anteriores e 3,75 mm nos implantes posteriores) com comprimento de 40 mm cada. Os implantes da hemiarca direita foram colocados conforme técnica de instalação denominada canaleta sinusal (Stella & Warner, 2000), e os implantes da hemiarca esquerda foram instalados externamente à parede lateral do seio maxilar (técnica de exteriorização). Utilizamos mini pilares angulados de 52° nos implantes anteriores, e nos implantes posteriores utilizamos mini pilares de 60°, todos com altura de transmucoso de 1,5mm. Para simular a força mastigatória, aplicou se uma força de 100N bilateralmente na região de molares sobre a infra estrutura metálica. Verificou-se que os picos de tensão no tecido ósseo se localizou ao redor dos implantes distais, principalmente em contato com a face palatina dos implantes. Os implantes e os componentes distais observou-se maior concentração de tensões, e na comparação das duas técnicas, a técnica de canaleta distal promoveu maior pico de tensão nos componentes. Apesar das limitações deste tipo de estudo, podemos verificar que a utilização de implantes duplos longos ancorados no osso zigomático e mini-pilares com grande angulação (52° e 60°) são opções seguras e eficazes na reabilitação de maxilares atroficos.

Palavras-chave: Análise de elementos finitos; Implantes zigomáticos; Maxila atrofica.

ABSTRACT

Finite element analysis is a computational tool used in engineering to study the effect of loads on structures of various compositions through mathematical calculations. The predictability of success in oral rehabilitations with prostheses and implants can be biomechanically assessed even before treatment

is performed on patients. In this study of an edentulous maxillary rehabilitation with four zygomatic implants, implants of two different diameters were used (3.5mm in the anterior implants and 3.75mm in the posterior implants), each with a length of 40mm. The implants on the right hemi-arch were placed using a technique called sinus slot (Stella & Warner, 2000), and the implants on the left hemi-arch were installed externally to the lateral wall of the maxillary sinus (externalization technique). Angled abutments of 52° were used on the anterior implants, and 60° angled abutments were used on the posterior implants, all with a transmucosal height of 1.5mm. To simulate chewing forces, a force of 100N was applied bilaterally in the molar region on the metal framework. It was found that the stress peaks in the bone tissue were located around the distal implants, mainly in contact with the palatal aspect of the implants. Higher stress concentrations were observed in the distal implants and components, and in comparing the two techniques, the distal slot technique promoted higher stress peaks in the components. Despite the limitations of this type of study, it can be observed that the use of long double implants anchored in the zygomatic bone and angled abutments (52° and 60°) are safe and effective options in the rehabilitation of atrophic maxillae.

Keywords: Finite element analysis; Zygomatic implants; Atrophic maxillae.

INTRODUÇÃO

Os implantes zigomáticos são dispositivos de ancoragem utilizados em procedimentos de reabilitação oral para pacientes que apresentam atrofia óssea severa na região maxilar. Esses implantes são especificamente projetados para serem fixados no osso zigomático, uma estrutura facial robusta localizada adjacente à região da maçã do rosto. Por meio de uma intervenção cirúrgica especializada, esses implantes são inseridos no osso zigomático, proporcionando uma base estável e segura para a fixação de próteses dentárias. Esta técnica é empregada como uma alternativa viável em situações em que a quantidade de osso disponível no maxilar é insuficiente para a instalação de implantes convencionais ^{1,2}.

O desenvolvimento de técnicas e novos sistemas de implantes tem propiciado simplicidade, previsibilidade e segurança, nessa modalidade de tratamento³. Os implantes de corpo liso permitem que os tecidos moles se acomodem sobre estes, e diminuem uma possível agressão ocasionada pelas espiras afiadas dos implantes convencionais.

Brånemark descreveu uma técnica de colocação de implantes zigomáticos em 1989, onde posicionou o implante no osso zigomático, com janela no seio maxilar, para colocar o implante da região do palato até o osso zigomático. Nesta técnica, a cervical do implante se localizava no palato a 5 mm da crista alveolar, o que dificultava a reabilitação protética, no seu

desenho e função, podendo também causar alterações na função fonética do paciente. Stella & Warner, em 2000, modificaram a técnica e posicionaram o implante próximo à parede lateral da mandíbula, preparando um canal para colocação do implante (canal sinusal)⁴. Desta forma, sua emergência pode ser posicionada ao nível da crista óssea, permitindo uma reabilitação com menor volume e maior aceitação pelos pacientes. Porém, muitas vezes, devido à anatomia da parede lateral da secção maxilar em formato côncavo, não possibilitava o preparo da canaleta alterando o posicionamento do implante externamente ao osso maxilar, havendo apenas um apoio da cervical do implante na crista alveolar. Essa evolução na técnica foi chamada por muitos autores de técnica de exteriorização⁵⁻⁷. Atualmente, a literatura tem defendido que a escolha da técnica mais adequada deve ser baseada na convexidade da parede lateral do seio maxilar, que pode ser classificada em pelo menos três graus: superficial, moderada e acentuada^{8,9}.

A análise de elementos finitos é uma importante ferramenta computacional que permite simular com rapidez e precisão o comportamento biomecânico de infinitas situações clínicas através de cálculos matemáticos complexos, identificando possíveis limitações das propriedades físicas de cada elemento utilizado para reabilitação. A subdivisão de um modelo complexo em formas geométricas mais simplificadas é o que permite analisar os efeitos das forças sobre cada elemento, simplificando assim a análise do objeto individual. Para estudos bidimensionais podem ser utilizadas formas simples como quadrados e triângulos, e para estudos tridimensionais mais complexos utilizam-se tetraedros ou hexaedros, mais comuns¹⁰. (Figura 1).

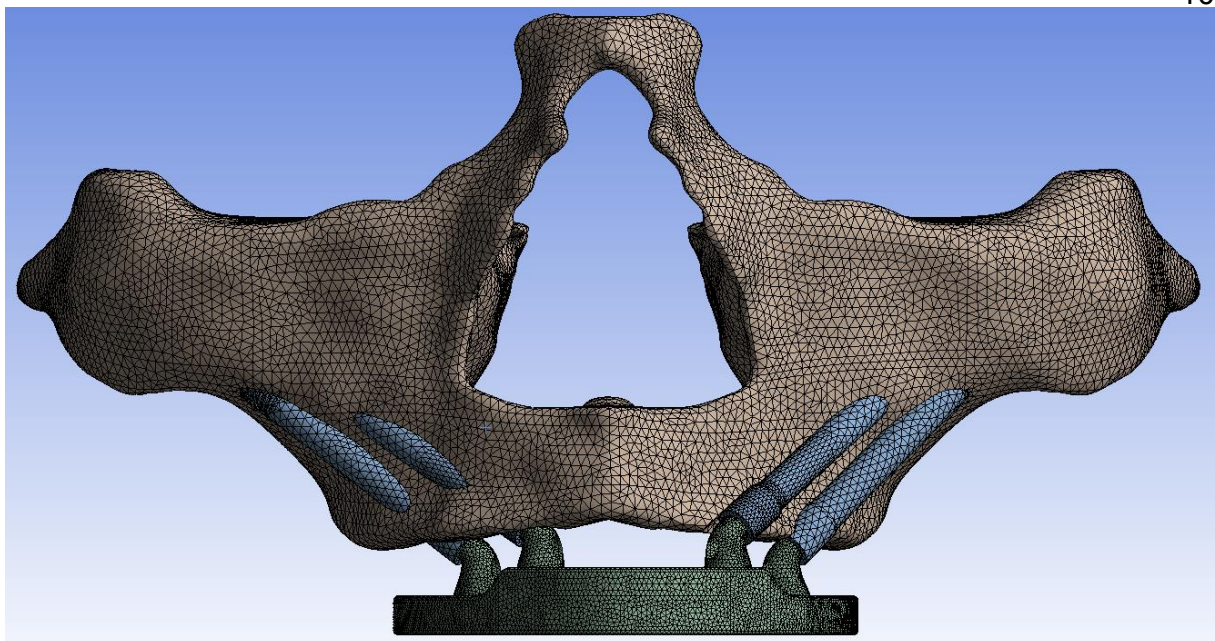


Figura 1- Modelo tridimensional de maxila reabilitada com 4 implantes zigomáticos subdividido em tetraedros para análise de elementos finitos com 735.418 elementos e 1.086.725 nós

O objetivo deste trabalho é avaliar, através de uma análise de elementos finitos, o comportamento dos componentes de uma reabilitação de um maxilar superior edêntulo totalmente atrófico com quatro implantes zigomáticos de corpo lisos utilizando duas técnicas de colocação de implantes.

MATERIAIS E MÉTODOS

Utilizou-se dois softwares distintos para a execução deste trabalho. O primeiro software (SOLIDWORKS -Dassault Systèmes, Vélizy-Villacoublay, França), foi utilizado para confeccionar o modelo tridimensional de uma maxila totalmente edêntula para receber os quatro implante zigomáticos (Figura 2). Para a análise de elementos finitos, utilizou se o software ANSYS (ANSYS Inc., Pensilvânia, EUA).

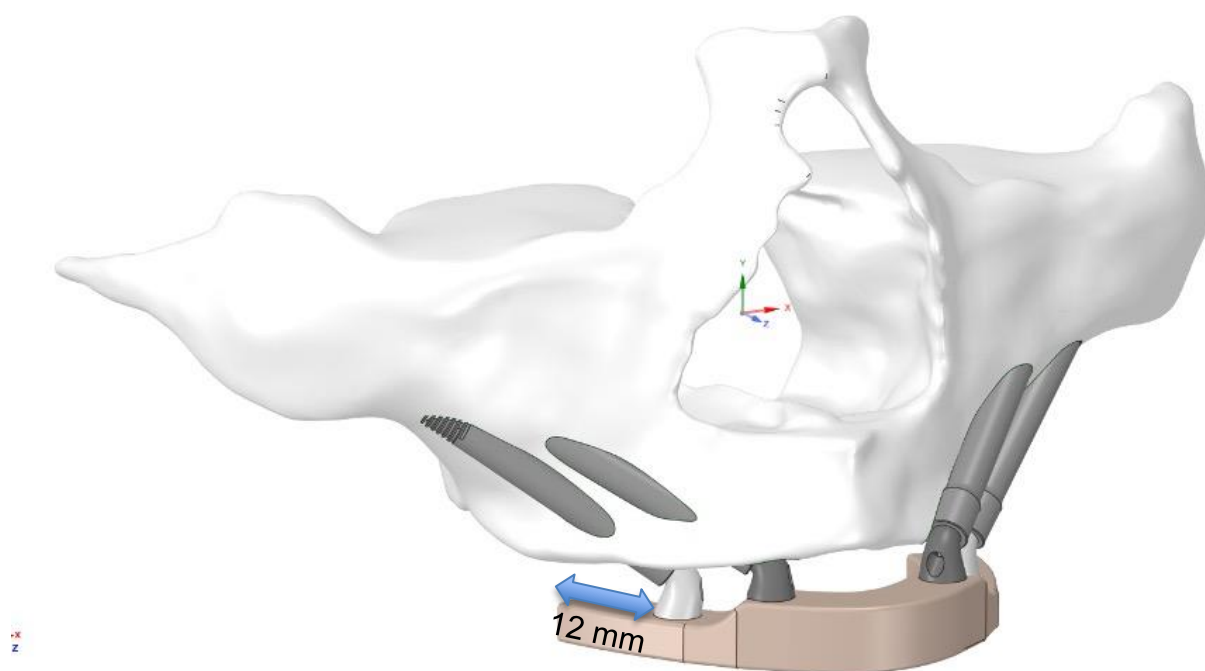


Figura 2- Modelo tridimensional de maxila totalmente edêntula preparado para receber quatro implantes zigomáticos

O cantiléver distal utilizado para ambas as abordagens de reabilitação foi fixada em 12 milímetros. Nesta análise de elementos finitos são considerados três tipos de materiais: osso tipo II, titânio grau IV (para implantes) e titânio grau V (para barras metálicas, componentes e parafusos). Para efeito de união entre o osso e o implante, consideramos que houve uma osseointegração completa. Todos os materiais são considerados isotrópicos, homogêneos e linearmente elásticos. Foi levado em consideração o módulo de elasticidade, que expressa a relação entre tensão e deformação, indicando a rigidez do material (Tabela 1) ¹¹⁻¹⁶.

Materials properties				
Material	Elastic modulus (MPa) - Stiffness	Elastic limit (MPa)	Poisson's ratio (μ)	References
Bone type II	5500	170 Compression 100 Tension	0,3	Tada et al.(Tada et al., 2003), Almeida et al.(Almeida et al., 2010), Bozkaya et al.(Bozkaya et al., 2004)
Titanium grade 4	103000	703	0,361	ASTM F 67
TI6AL4V-ELI (Titanium alloy)	105000	881	0,361	ASTM F 136
Interface				
Materials	Nature of interface	Coefficient of friction	References	
Bone x implant	Bonded	-	Eskitascioglu et al.(Eskitascioglu et al., 2004)	
Implant x abutment x prosthetic screw x prosthetic bar	Friction	0,2	Haack et al.(Haack et al., 1995) Lang et al.(Lang et al., 2003)	

Tabela 1- Propriedades dos materiais envolvidos na simulação para a análise de elementos finitos (Fonte: Miyasawa et al. 2022)

Utilizamos implantes de 3,5mm de diâmetro por 40mm de comprimento (Zygoma-S®, Neodent, Curitiba, Brasil), e minipilares de 52° com 1,5mm de transmucoso (Neodent, Curitiba, Brasil), posicionados mais anteriormente, e implantes de 3,75mm de diâmetro por 40mm de comprimento, e minipilares de 60° com 1,5 de transmucoso posicionados mais distalmente, em ambas hemi-arcadas. Na hemi-arcada direita instalamos os implantes através da técnica de canaleta sinusal (Stella & Warner, 2000) e na hemi-arcada esquerda utilizamos a técnica de exteriorização (Figura 1, 2).

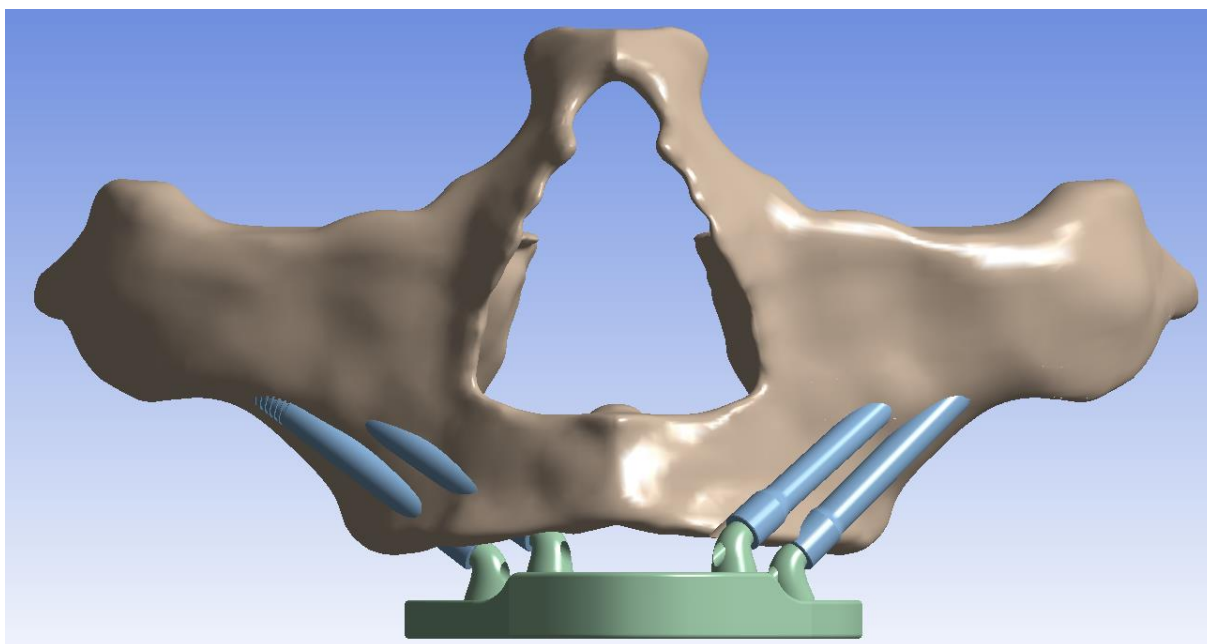


Figura 3- Modelo de reabilitação de maxila total edêntula produzida pelo software ANSYS.

Aplicou se uma carga total de 200 N sobre a infra estrutura metálica na região do cantiléver dividido bilateralmente, sendo 100 N para cada hemi-arcada(Figura 3). A direção da força aplicada foi apenas no sentido axial. Não havendo outras forças confundidoras de outras direções.

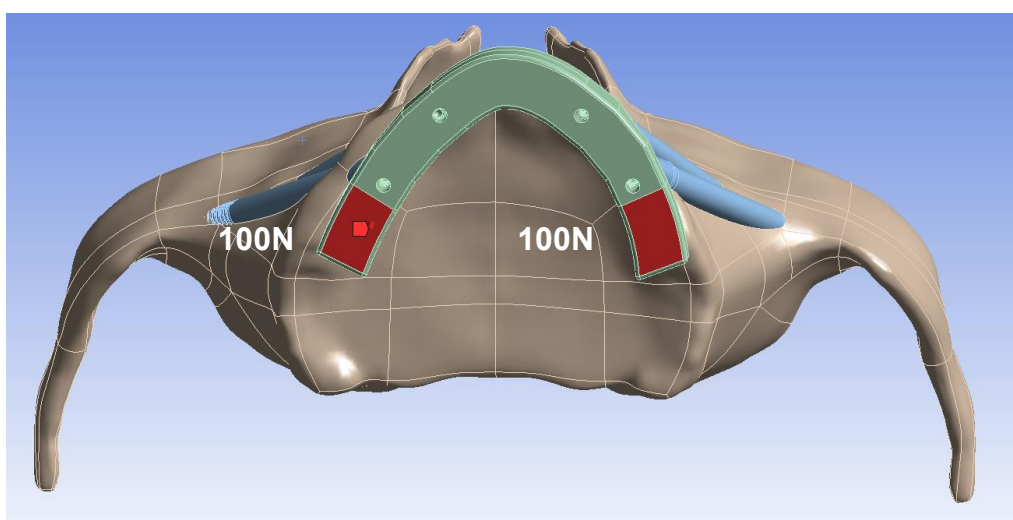


Figura 4- Aplicação de 100N de força vertical na região de primeiro molares sobre a infraestrutura metálica

Foram demarcadas áreas de fixação no modelo tridimensional para que haja restrição de movimentação na aplicação de força, contribuindo para resultados mais confiáveis e precisos, essenciais para compreender e otimizar o desempenho estrutural. No modelo estudado, as zonas de fixação são as principais áreas onde o osso maxilar se conecta com o restante do crânio, como o osso zigomático, o osso esfenóide e o osso nasal (Figura 5).

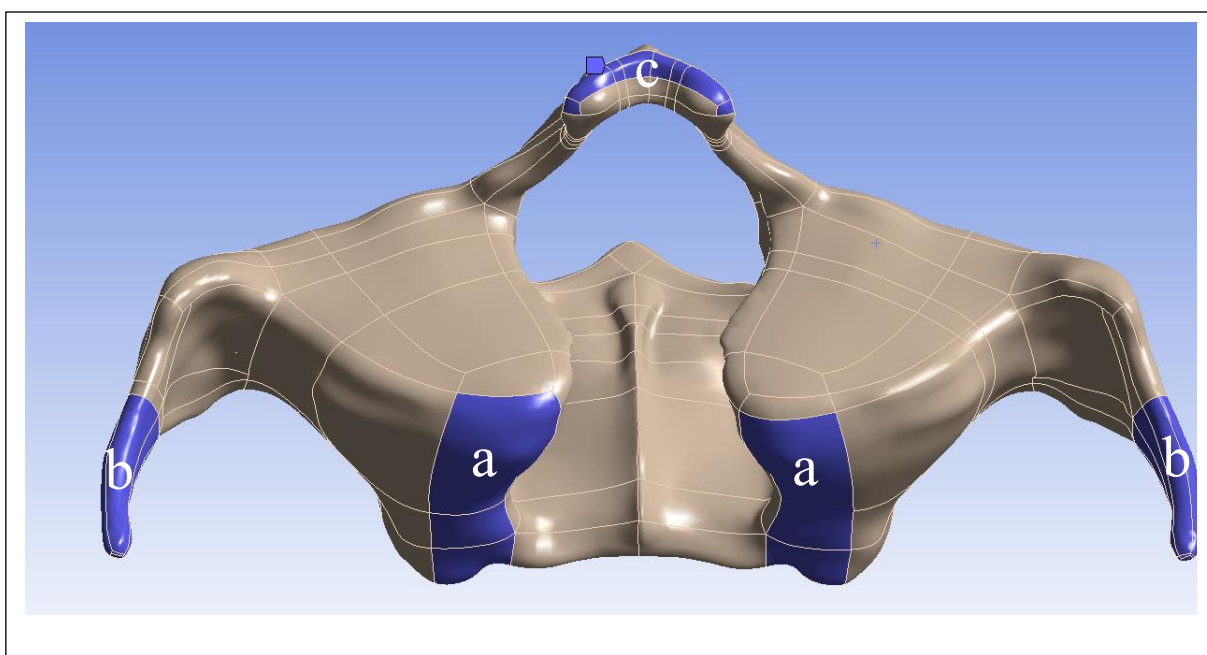


Figura 5- Áreas de fixação demarcadas em azul: a) Osso esfenóide; b) osso zigomático; c) osso nasal

RESULTADOS

Nesta análise de elementos finitos podemos observar o comportamento do tecido ósseo e dos componentes da reabilitação após a aplicação vertical de uma carga bilateral de 100N na infraestrutura metálica. A representação das tensões transmitidas aos materiais é expressa pelas tensões de von Mises. A tensão de Von Mises é uma medida teórica de tensão usada em engenharia para avaliar o estado de tensão em um material submetido a forças externas. Esta medição é especialmente útil em situações onde o material está sujeito a diferentes tipos de tensões, como tensões normais e tangenciais, e é frequentemente utilizada em análises de

elementos finitos e projetos estruturais para avaliar a segurança e a estabilidade de componentes sujeitos a diversas formas de tensões. de estresse devido à carga¹⁷.

Os valores máximos de tensão nas articulações ósseas registaram valores inferiores a 11 MPa, com dois implantes distantes concentrando-se na zona cérvico-palatina. Nas áreas onde o implante foi colocado no osso zigomático, as tensões transmitidas ao tecido ósseo atingem no máximo 0,2 MPa. Esses valores não ultrapassam os limites de resistência óssea, que é de aproximadamente 170 MPa. (técnica de Stella & Warner e técnica de exteriorização) (Figura 6.)

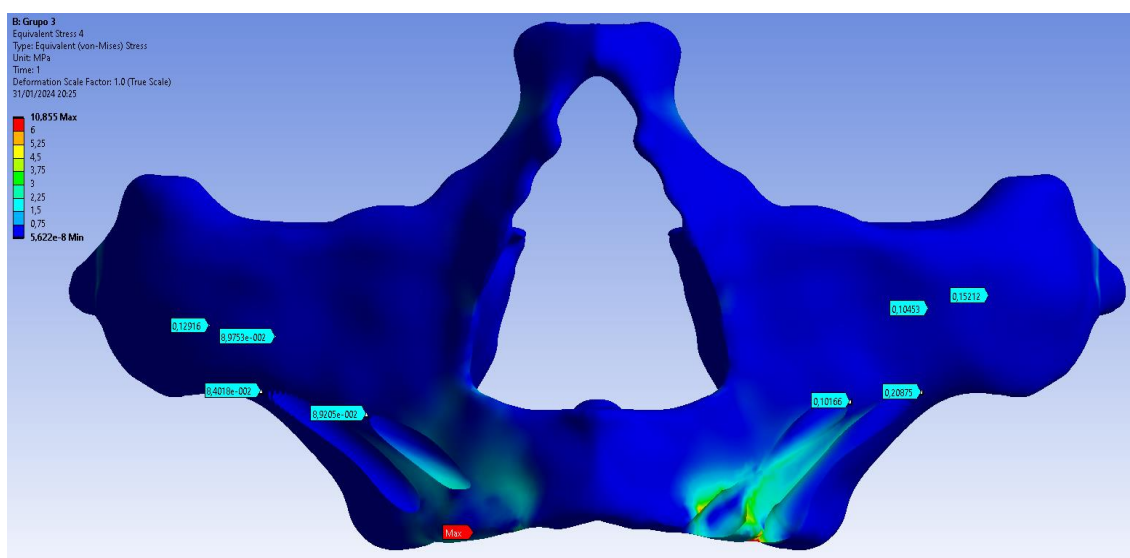


Figura 6 - Representação da distribuição das tensões de von Mises no tecido ósseo

As tensões observadas nos implantes localizaram-se predominantemente na região palatina de dois implantes distais, padrões semelhantes são evidentes em ambas as técnicas. Atingiram valores máximos de 44 MPa, significativamente inferiores ao limite para titânio grau IV, estabelecido em 703 MPa (Figura 7).

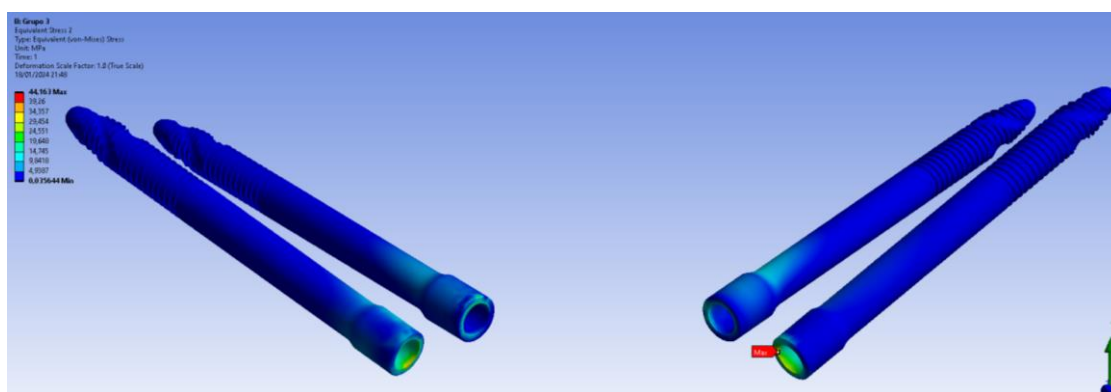


Figura 7- Distribuição das tensões de von Mises nos implantes zigomáticos

Ao analisar a distribuição de tensões nos mini-pilares, observou-se que as maiores tensões estarão concentradas principalmente na região angular interna dos mesmos com dois implantes localizados nas bordas de acesso ao parafuso do mini pilar. Essa concentração de tensões foi equivalente às duas técnicas testadas. É importante destacar que os picos de tensão nos mini pilares chegam a 100,42 MPa em ambas as técnicas, valores consideravelmente abaixo do limite de cisalhamento do titânio grau V, que é de 881 MPa (Figura 8).

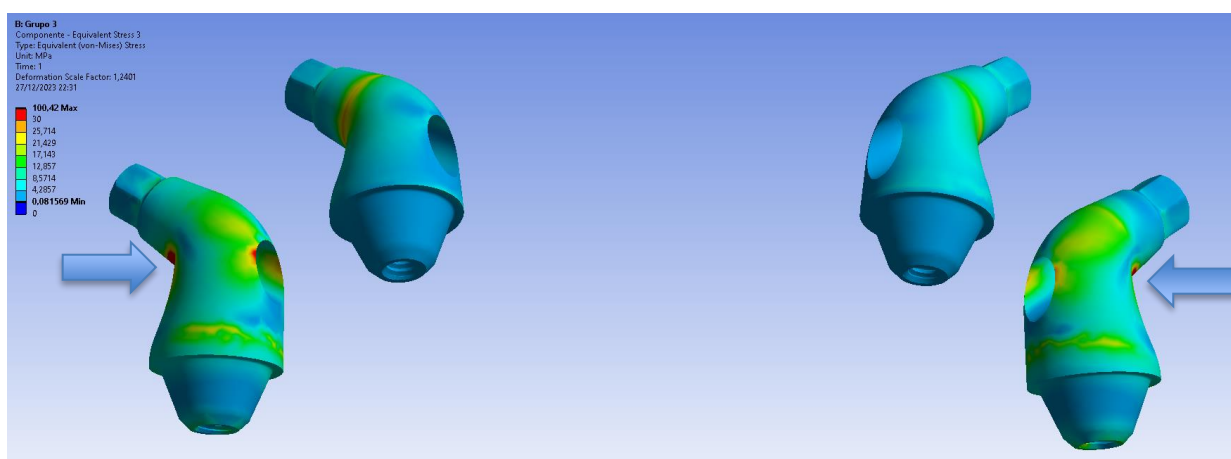


Figura 8- Distribuição das tensões de von Mises nos mini pilares angulados e a indicação do local das tensões máximas verificadas

A concentração de tensões nos parafusos dos minipilares angulados, tiveram comportamento semelhante nas duas técnicas, sendo maiores nos minipilares de 60° e

alcançaram valores máximos de tensão de von Mises de 34,46 MPa. Valor significativamente abaixo do limite de escoamento do titânio grau V, estabelecido em 881 MPa (Figura 9).



Figura 9- Distribuição das tensões de von Mises nos parafusos de fixação dos minipilares

Nesta vista oclusal fica evidente a concentração de tensão que é gerada com a emergência palatina na tábua palatina; Na técnica de canaleta sinusal, do lado direito, fica evidente maior tensão nas paredes anteriores com valor de 10,78 MPa e nas paredes mediais no osso alveolar de emergência do implante posterior com valor de 8,97 MPa devido ao seu formato palatino. Na técnica de exteriorização, lado esquerdo, fica evidente uma maior distribuição de força por todo o canal com maior concentração de tensão na parede palatina em sua porção medial da concha nasal, menor que no lado direito. (Figura 10).

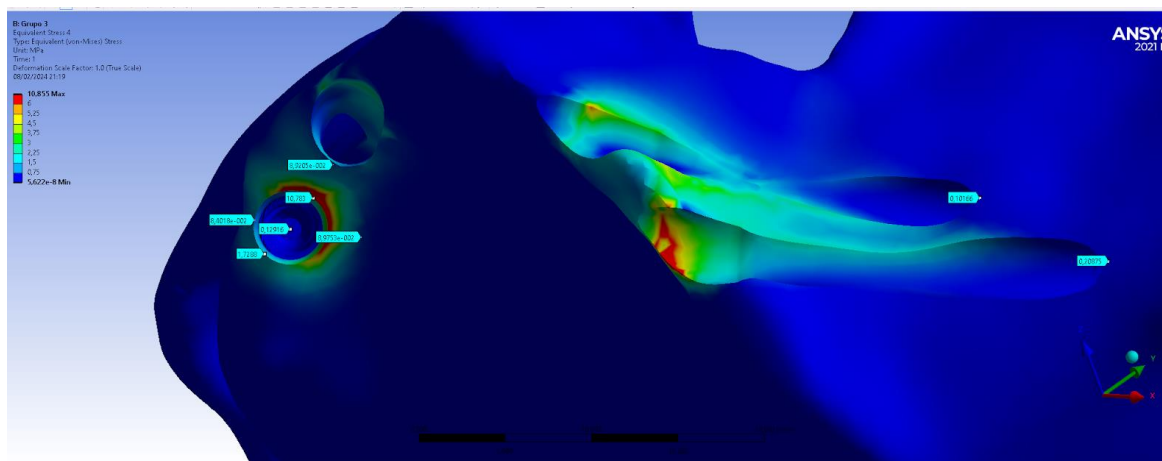


Figura 10- Distribuição das tensões de von Mises no osso alveolar, ao nível da emergência do implante. Uma visão oclusal angular.

Nesta vista frontal é observado comparativamente, a concentração da tensão e sua distribuição gerada pelo canal na parede maxilar na técnica exteriorização, no lado esquerdo e como a tensão está concentrada na parede palatina no implante posterior com valores de 9,17MPa que são comparativamente maiores no lado direito com a técnica de canaleta sinusal onde nas porções mais palatinas atingem valores de 10,72 MPa com má distribuição de força ao longo dos canais transinusais (Figura 11).

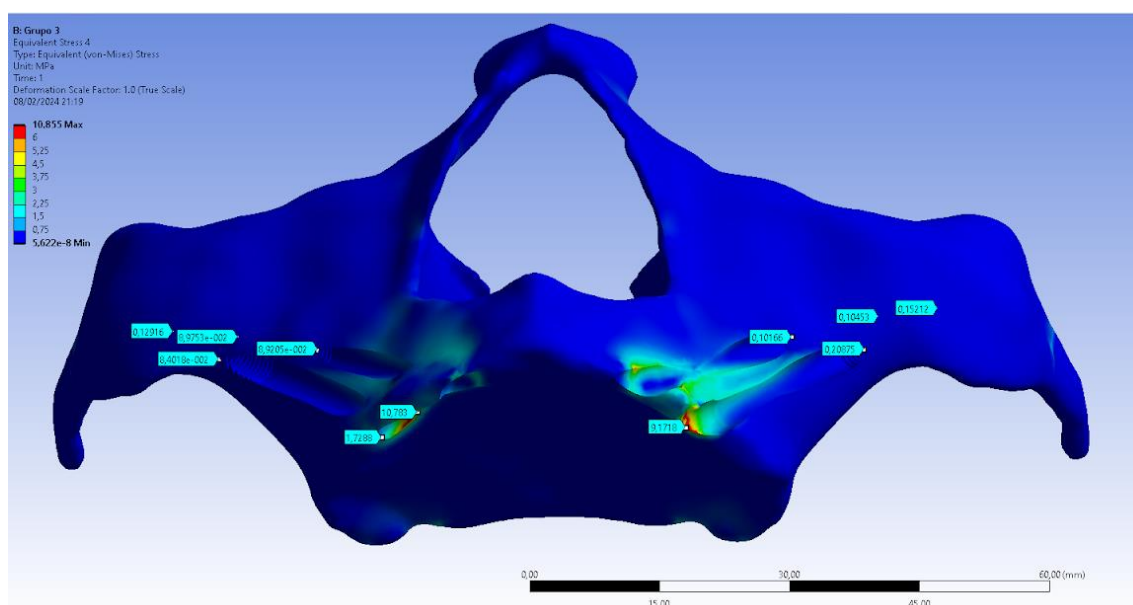


Figura 11- Distribuição das tensões de von Mises no osso alveolar, ao longo dos canais criados para os implantes.

Uma vista frontal em ângulo.

Quando analisamos a distribuição das tensões nos mini pilares, observou-se que as maiores tensões estarão concentradas principalmente na região angular interna onde a direção muda em direção à emergência alveolar. Essa concentração de tensões foi maior na técnica exteriorização com valor de 100,42 MPa e na técnica de canaleta sinusal foi de 93,62 MPa (Figura 12).

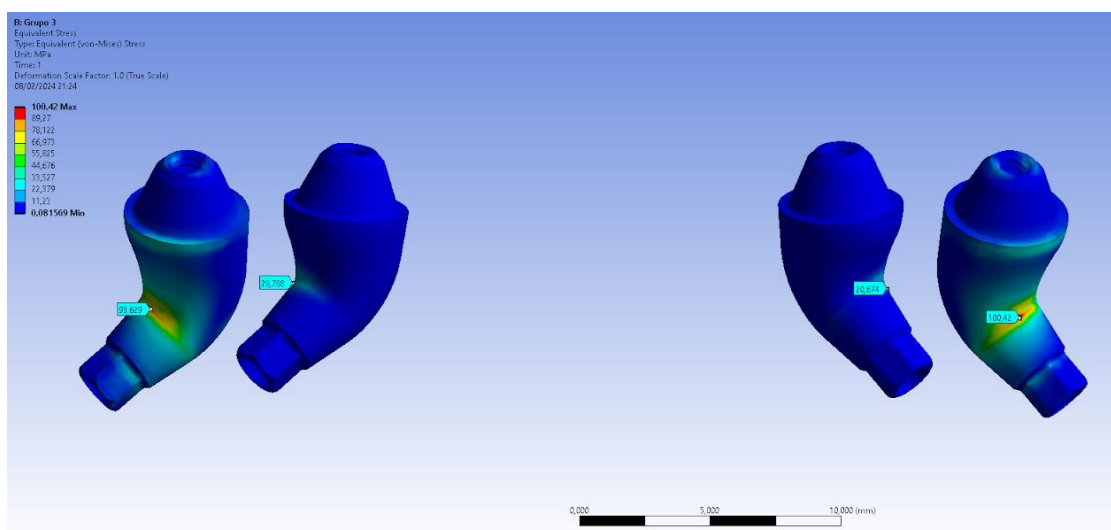


Figura 12 – Distribuição das tensões de von Mises nos mini pilares angulados

DISCUSSÃO

A análise de elementos finitos para uso em odontologia começou em 1975 com Selna LG et al., onde avaliaram o comportamento das forças oclusais em molares superiores para indicar melhores materiais restauradores ¹⁰. Desde então, muitos autores utilizaram essas ferramentas computacionais para analisar situações clínicas biomecânicas complexas e inovadoras e seu comportamento ^{10,18-20}.

Nesta análise de elementos finitos, utilizou-se um modelo tridimensional de uma maxila completamente edêntula, desenvolvido e construído no software Solidworks. Avaliou se o comportamento de uma reabilitação maxilar edêntula com 4 implantes zigomáticos lisos de 40 mm (Zygoma-S®, Neodent, Curitiba, Brasil) de 3,75 de diâmetro nos implantes distais associados a mini-pilares angulados a 60° e 3,5 mm de diâmetro em implantes mais anteriores com mini-pilares de 52°. Na hemiarca direita, os implantes foram instalados pela técnica da canaleta sinusal (Stella & Warner, 2000)⁴ e na hemiarca esquerda utilizamos a técnica de exteriorização⁵.

Neste modelo de análise consideramos apenas uma força axial bilateral de 100N apenas na região molar, como forma de padronização e comparação com outras análises semelhantes¹⁹ e descartamos a incidência de forças oblíquas devido ao movimento lateral durante a carga mastigatória recomendada por outros autores²⁰.

Comparando as duas técnicas testadas (técnica da canaleta sinusal de Stella & Warner e técnica de exteriorização), constatou-se que, durante a carga axial, a tensão exercida na ponte de tecido ósseo bucal remanescente no cristal alveolar no canal sinusal é praticamente nula; a área de contato osso-implante da técnica canal sinusal é maior e oferece maior distribuição de forças na região cervical do implante; os mini-pilares 60° e 52° com tecido transmucoso de 1,5mm apresentam comportamento semelhante nas duas técnicas, mas na comparação entre os dois mini-pilares verificamos que a tensão de von Mises foi maior quando eles tinham ângulo de 60°, justamente na região da curva do mini pilar. Evento que pode ser explicado pela sua proximidade com a aplicação de carregamento. Para obter comparações mais eficazes teríamos que colocar um minipilar de 52° na mesma posição do minipilar de 60°, o que poderia ser a razão para outra análise de elementos finitos.

A macrogeometria do implante aprovado, caracterizado por corpo liso (Zygoma-S®, Neodent, Curitiba, Brasil), possui diâmetros diferentes de 3,5 e 3,75 mm, o que permite sua utilização nos ossos zigomáticos mais estreitos. A plataforma do implante possui diâmetro padrão de 4,3 mm, proporcionando maior resistência à fratura, uma vez que esta região está sujeita a maiores tensões durante a carga oclusal.

As tensões mais importantes nos mini pilares estarão localizadas nos implantes mais próximos da aplicação da carga axial, e os valores máximos de tensão de von Mises alcançados (34,46 MPa) estão bem abaixo dos valores de escoamento do titânio grau V (881MPa).

CONCLUSÃO

Com base nos resultados da análise de elementos finitos podemos concluir que em conjunto com a utilização de implantes longos de corpo liso ancorados no osso zigomático e fixações de reabilitação de minipilares angulados a 52° e 60° na atrofia maxilar, são uma alternativa viável, segura e eficaz do ponto de vista biomecânico, apesar de uma angulação maior que a convencional com as duas técnicas realizadas.

A interpretação dos resultados desta análise de elementos finitos requer cautela, uma vez que o estudo é realizado *in vitro* e dois vetores de força foram utilizados para simular a carga oclusal. Muitas variáveis inerentes aos sistemas biológicos são otimizadas e excluídas para facilitar a coleta linear de dados e simplificar as interpretações. É importante considerar as limitações inerentes a este contexto experimental para extrapolar conclusões para aplicações clínicas ou situações mais complexas.

REFERÊNCIAS

1. Brånemark PI. Surgery and fixture installation. Zygomaticus fixture clinical procedures. Nobel Biocare AB; 1998.
2. Brånemark PI, Gröndahl K, Öhrnell LO, Nilsson P, Petruson B, Svensson B, et al. Zygoma fixture in the management of advanced atrophy of the maxilla: Technique and long-term results. *Scand J Plast Reconstr Surg Hand Surg* [Internet]. 2004;38(2):70–85. Available from: <http://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/02844310310023918>
3. Aparicio C, Manresa C, Francisco K, Claros P, Alánde J, González-Martín O, et al. Zygomatic implants: Indications, techniques and outcomes, and the Zygomatic Success Code. *Periodontol 2000* [Internet]. 2014;66(1):41–58. Available from: <http://doi.wiley.com/10.1111/prd.12038>
4. Stella JP, Warner MR. Sinus slot technique for simplification and improved orientation of zygomaticus dental implants: a technical note. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 2000;15(6):889–93.
5. Migliorança RM, Dias RCL, Coppedê A, Dias Rezende RCL, de Mayo T, Dias RCL. Restoration of the edentulous maxilla using extrasinus zygomatic implants combined with anterior conventional implants: a retrospective study. *Int J Oral Maxillofac*

- Implants [Internet]. 2011;26(3):665–72. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21691615>
6. Coppedê A, de Mayo T, de Sá Zamperlini M, Amorin R, de Pádua APATT, Shibli JA. Three-year clinical prospective follow-up of extrasinus zygomatic implants for the rehabilitation of the atrophic maxilla. *Clin Implant Dent Relat Res* [Internet]. 2017;19(5):926–34. Available from: <http://doi.wiley.com/10.1111/cid.12517>
 7. Aparicio C, Ouazzani W, Aparicio A, Fortes V, Muela R, Pascual A, et al. Extrasinus zygomatic implants: Three year experience from a new surgical approach for patients with pronounced buccal concavities in the edentulous maxilla. *Clin Implant Dent Relat Res*. 2010;12(1):55–61.
 8. Aparicio C. A proposed classification for zygomatic implant patients based on the zygoma anatomy guided approach (ZAGA): A cross-sectional survey. *Eur J Oral Implantol* [Internet]. 2011;4(3):269–75. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22043470>
 9. Moro SA, Thomé G, Padovan LEM, da Silva RD, Tiozzi R, Fontão FNGK. A Zygomatic Bone Study Using Virtual Dental Implant Planning Software. *Journal of Oral Implantology*. 2022 Jun 1;48(3):171–6.
 10. Selna LG, Shillingburg HT, Kerr PA. Finite element analysis of dental structures — axisymmetric and plane stress idealizations. *J Biomed Mater Res*. 1975;9(2):237–52.
 11. Tada S, Stegaroiu R, Kitamura E, Miyakawa O, Kusakari H. Influence of Implant Design and Bone Quality on Stress/Strain Distribution in Bone Around Implants: A 3-dimensional Finite Element Analysis. *Int J Oral Maxillofac Implants* [Internet]. 2003;18(3):357–68. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/12814310>
 12. Bozkaya D, Muftu S, Muftu A. Evaluation of load transfer characteristics of five different implants in compact bone at different load levels by finite elements analysis. *Journal of Prosthetic Dentistry*. 2004;92(6):523–30.
 13. Almeida EO De, Eduardo MS, Rocha P, Júnior ACF, Júnior MM. Finite Element Stress Analysis of Edentulous Mandibles with Different Bone Types Supporting Multiple-Implant Superstructures. *International Journal of Oral & Maxillofacial Implants*. 2010;25(6):1108–15.
 14. Eskitascioglu G, Usumez A, Sevimay M, Soykan E, Unsal E. The influence of occlusal loading location on stresses transferred to implant-supported prostheses and supporting bone: A three-dimensional finite element study. *Journal of Prosthetic Dentistry*. 2004;91(2):144–50.
 15. Haack JE, Sakaguchi RL, Sun T, Coffey JP. Elongation and preload stress in dental implant abutment screws. *Int J Oral Maxillofac Implants* [Internet]. 1995 [cited 2021 Oct 29];10(5):529–36. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/7590997/>
 16. Lang LA, Kang B, Wang RF, Lang BR. Finite element analysis to determine implant preload. *Journal of Prosthetic Dentistry*. 2003;90(6):539–46.

17. Falcinelli C, Valente F, Vasta M, Traini T. Finite element analysis in implant dentistry: State of the art and future directions. Vol. 39, Dental Materials. Elsevier Inc.; 2023. p. 539–56.
18. Heckmann SM, Karl M, Wichmann MG, Winter W, Graef F, Taylor TD. Loading of bone surrounding implants through three-unit fixed partial denture fixation: A finite-element analysis based on in vitro and in vivo strain measurements. Clin Oral Implants Res. 2006;17(3):345–50.
19. Miyasawa EM, Macêdo FC de, Valenga Filho J, Trojan LC, Klüppel LE, Padovan LEM. Biomechanical comparison of four treatment models for the totally edentulous maxilla: a finite element analysis. Research, Society and Development. 2022 Jul 25;11(10):e135111032509.
20. de Souza Batista VE, Verri FR, Almeida DA de F, Santiago Junior JF, Lemos CAA, Pellizzer EP. Finite element analysis of implant-supported prosthesis with pontic and cantilever in the posterior maxilla. Comput Methods Biomech Biomed Engin. 2017 Apr 26;20(6):663–70.

2. Artigo científico 2

Artigo de acordo com as normas da Faculdade ILAPEO, para futura publicação no periódico
Colocar o nome da revista

EAZYGOMA TECHNIQUE, NEW TECHNIQUE FOR PLACING ZYGOMATIC IMPLANTS WITH DIRECT VISION TO PREVENT IMPLANT MALPOSITIONS AND SINUS PATHOLOGIES ACCORDING TO THE MAXILLOMALAR ANATOMY. CASE REPORT.

Henry Alexander Aldana¹

C. Miguel Ruiz Geithner²

Luis Eduardo Marques Padovan³

¹ Oral and Maxillofacial surgeon from the National University of Colombia and Student of the Master's Program in Implantology at ILAPEO College

² Oral and Maxillofacial surgeon from the National University of Colombia

³ Profesor de Posgrado, Maestría y Doctorado, Faculdade ILAPEO, Curitiba/PR, Brazil

ABSTRACT

The purpose of this study was to describe a new surgical technique and the effects of zygomatic implant placement with a modified, one-of-a-kind oral approach, Eazygoma, in a case report, bringing together biological and biomechanical principles, which facilitate placement of this type of implants, avoiding in all cases malpositions of the implants, ensuring their apical portion always within the body of the malar and an emergence at the alveolar crest level, absolute control in the drilling sequence, which begins in the malar, avoiding the need for windows and osteotomies in the maxillary sinus, in addition to significantly reducing time and complexity; making it susceptible to management, as the authors always do, with local anesthesia and sedation. This text reports the case of 1 female patient, 65 years old, with a history of controlled arterial hypertension and hypothyroidism in replacement, who had severe maxillary atrophy who underwent placement of 4 zygomatic implants during the year 2021 in the Maxillofacial department of the clinic. Colsanitas”, located in Bogotá, Colombia. The therapeutic results were evaluated by postoperative torque, surgical time and alveolar emergence; It should be noted that there were no sinus complications, implant malposition or torque that made immediate loading impossible. These results demonstrate that the Eazygoma approach, with a direct malar drilling, a minor dissection to access the malar bone, absolute control in the drilling without the need for windows in the maxillary antrum, avoids the incidence of postoperative sinus lesions, malposition of the implants and guarantees an alveolar emergency always in a time of less than 1 surgical hour, demonstrating the susceptibility of management with local anesthesia and sedation.

Keywords: Zygomatic implants; Surgical technique; Maxillary atrophy; Dental implants.

RESUMO

O objetivo deste estudo foi descrever uma nova técnica cirúrgica e os efeitos da colocação de implante zigomático com abordagem oral modificada e única, Eazygoma, em um relato de caso, reunindo princípios biológicos e biomecânicos, que facilitam a colocação deste tipo de implantes, evitando em todos os casos o mau posicionamento dos implantes, garantindo a sua porção apical sempre dentro do corpo do malar e uma emergência ao nível da crista alveolar, controle absoluto na sequência de perfuração, que se inicia no malar, evitando a necessidade de janelas e osteotomias no seio maxilar, além de reduzir significativamente o tempo e a complexidade; tornando-o suscetível de manejo, como sempre fazem os autores, com anestesia local e sedação. Este texto relata o caso de 1 paciente do sexo feminino, 65 anos, com histórico de hipertensão arterial controlada e hipotireoidismo de reposição, que apresentava atrofia maxilar grave que foi submetida à colocação de 4 implantes zigomáticos durante o ano de 2021 no setor maxilofacial da clínica. Colsanitas”, localizada em Bogotá, Colômbia. Os resultados terapêuticos foram avaliados pelo torque pós-operatório, tempo cirúrgico e emergência alveolar; Deve-se observar que não houve complicações sinusais, mau posicionamento do implante ou torque que impossibilitasse a carga imediata. Esses resultados demonstram que a abordagem Eazygoma, com perfuração direta do malar, pequena dissecação para acesso ao osso malar, controle absoluto na perfuração sem necessidade de janelas no antro maxilar, evita a incidência de lesões sinusais pós-operatórias, mau posicionamento dos implantes e garante emergência alveolar sempre em tempo inferior a 1 hora cirúrgica, demonstrando a suscetibilidade do manejo com anestesia local e sedação.

Palavras-chave: Implantes zigomáticos; Técnica cirúrgica; Maxila atrófica, Implantes Dentários

INTRODUCTION

Malposition of zygomatic implants can be a devastating consequence resulting from the surgical approach used to access the malar bone and invasion of the orbit and nearby structures (1). The incidence of complications during zygomatic implant placement surgery varies between different techniques and surgical approaches. Several factors could contribute to the malposition of the zygomatic implants and develop sinus pathologies with the surgical approach; For example, the lack of control of an extensive drill that is partially lost from sight during drilling, the need to perform additional procedures such as advantages and elevations of the Sneyder membrane of the maxillary sinus to seek control of the surgical bed, the need to invasion of the maxillary sinus to achieve alveolar emergence of the implants; therefore, they result in extensive surgeries, morbid postoperative periods, and non-ideal implant emergencies (2-3). There are multiple surgical techniques to place zygomatic implants, the ZAGA technique has been the most used in recent years by Maxillofacial surgeons, described by Dr Aparicio in 2014 and followed by the extrasinus technique described by Dr Maló in 2008 (4- 5). The

extrasinus technique has the advantage that it seeks to avoid palatal emergence of the implants and reduce the incidence of postoperative sinus pathology; The ZAGA technique individualizes the position of the implants according to maxillary anatomy. However, both techniques contemplate drilling from the alveolar ridge towards the malar bone, which, being distant structures, requires an extensive drill with susceptibility to telescoping, the need for an extensive dissection, windows of the maxillary antrum, sinus elevations; the lack of control, the difficulty in performing the drilling while preserving the alveolar surgical bed to the body of the malar, its correct direction and depth in the malar bone. Therefore, it is a procedure that requires great expertise from the surgeon and that often requires seeking alternatives such as sinus windows and reinterventions to overcome these disadvantages (6-7-8). Thus, we present this new Eazygoma surgical technique performed on a patient, under local anesthesia and sedation, with a minor dissection, ensuring the position in the body of the malar, with direct control of the position of the implant, ensuring alveolar emergencies, adequate torque and preventing sinus pathologies in all patients with a much shorter and easier procedure.

MATERIALS AND METHODS

A retrospective description of the case was made of a patient, a 65-year-old female, with a history of controlled arterial hypertension and hypothyroidism in substitution, who suffered from severe maxillary atrophy and underwent placement of 4 zygomatic implants during the year 2021 in the department of Maxillofacial Surgery of the “Colsanitas” clinic located in Bogotá, Colombia and the new surgical technique implemented, Eazygoma, with a follow-up of two and a half years. This study was carried out in accordance with the current version of the Declaration of Helsinki. Written informed consent was obtained from the patient for the publication of data and images. The therapeutic results were evaluated by measuring the immediate torque, the implant emergence zone, the surgical time required, and trans and

postoperative complications. All implants were placed by the same surgeon with the same surgical technique, Eazygoma.

SURGICAL TECHNIQUE

Under sedation, with oxygen replacement through a nasal cannula, 1g of cefazolin is administered intravenously, followed by asepsis and antisepsis processes, trunk blockage is placed with local anesthesia (2% lidocaine with epinephrine in 1:100,000.5cc). nerves. infraorbital, facial zygomatic, temporal zygomatic, greater palatine and superior posterior alveolar. An incision is made with a number 15 scalpel blade, at the palatal paracrestal alveolar level with discharge at the vestibular level in the maxillary tuberosity, a full thickness, subperiosteal flap is elevated, the maxillomalar pillar, body of the malar are exposed, a ZAGA separator is placed, in the upper vertex of the malar and its frontal process, separating the dissected flap in the form of a tunnel, allowing direct visualization of the body of the malar, the alveolar ridge is exposed, the vast majority of which has irregularities or a knife edge, for which a alveolar remodeling with a surgical drill, which increases the thickness of the ridge and regularizes the height. According to the dimensions established in the patient's tomography, a drill is started in the body of the malar perpendicular to it, of 50% of its thickness, with the pilot drill, a drilling sequence is started, Neodent commercial house, Gran Morze, starting the malar bone in the perpendicular position and pivoting the drill towards the alveolar portion in the first molar sector, fenestration of a drill that runs from the body of the malar to the alveolar process of the maxillary bone without increasing the depth of the drill towards the malar. . with the diamond countersink. Allowing the implant bed to be generated in a controlled manner, controlling the drilling on the lateral wall of the maxillary sinus and the alveolar emergence, the last cutting drill is used to finish the bed, once established, to expand the dimensions of the drilled bone and go deeper into the bone. malar in an oblique vector towards the upper portion

3mm. Preserving the anterior cortex of the malar bone. The author always prefers, if there are 4 zygomatic implants, to start with the posterior one to run from the malar body to the first molar area, and then have space and direct vision to place the anterior one with the same drilling sequence to the canine portion. . . The length of the implant is measured and it is placed at 20 newtons, following the surgical bed from the alveolar portion, it is raised to 50 newtons to begin insertion into the malar bone and it is brought manually with a touch greater than 50 newtons to the depth of the implant. brocade, it is positioned 2mm subcrestal, abatment angulation guide is placed, a multiunit of the chosen angulation is placed that allows an emergence from the alveolar ridge towards the antagonist 6, seeking parallelism between them. The healing cup is placed. Once the insertion of implants and prosthetic attachments is completed, a bonehole is made between the implants, taking advantage of the alveolar reduction and the palatal paracrestal incision, the flaps are faced, allowing an adequate volume of peri-implant keratinized tissue, avoiding dead spaces. Once one side is sutured, the same procedure is performed on the other side.

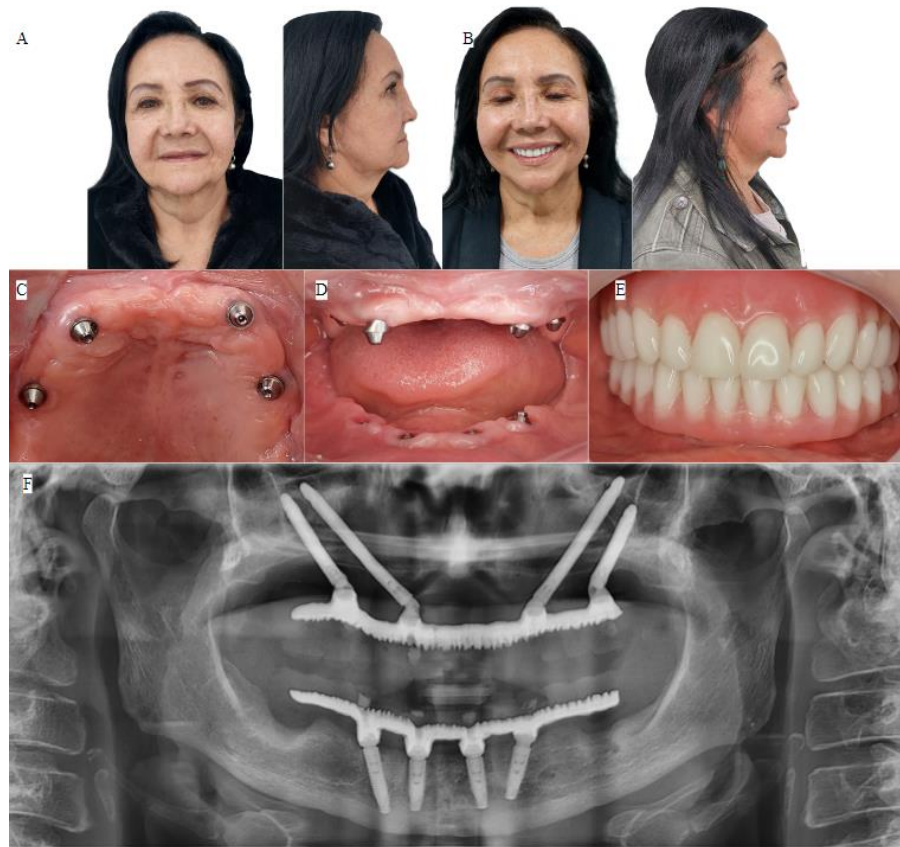


Figure 1. 65-year-old female patient, operated on with 4 zygomatic implants, initial and postoperative images at 2 and a half years.

- (a) Initial frontal facial photos and right profile of the patient, taken on the day of the consultation for the first time.
- (b) Frontal facial photos and right profile of the patient at two and a half years, postoperative placement of 4 zygomatic implants and rehabilitation with hybrid prostheses.
- (c) Photo of maxillary alveolar arch in late postoperative period, at 2 and a half years; Emergence of Healings cups is evident at the crestal level, in the position of canines and first molar bilaterally, with healthy peri-implant tissue.
- (d) Frontal photo of the alveolar ridge in the late postoperative period, at 2 and a half years; A regular, atrophic ridge is evident, with peri-implant keratinized tissue and alveolar emergence of the zygomatic implants.
- (e) Occlusion with hybrid implant-supported total prostheses, two and a half years postoperatively.
- (f) Postoperative control panoramic radiograph at two and a half years

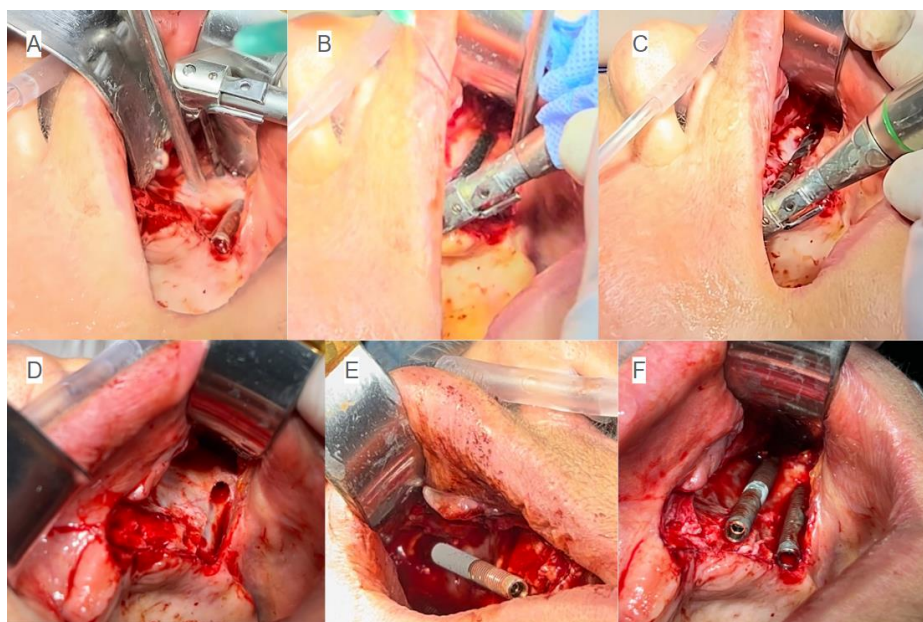


Figure 2. Eazygoma surgical technique

- A. Intraoperative photos of the first post-dissection drilling, with a pilot drill perpendicular to the malar body, which enters up to 50% of the total thickness of the bone.
- B. Intraoperative photo of drill pivot on the maxillomalar ridge, generating drilling channel and bed of the future zygomatic implant, controlling direction and depth of drilling on the anterior and anterolateral wall of the maxillary sinus and ensuring alveolar emergence.
- C. Transoperative photo of depth drilling in the malar bone, from the created bed, preserving the anterior and posterior wall of the body of the malar bone.
- D. Intraoperative photo of the post-milled bone bed of the Eazygoma Technique, with evidence of non-invasion of the maxillary antrum, without additional windows or osteotomies.
- E. Start of placement of the zygomatic implant with a force of 50 Newtons until it stops due to exceeding torque. Which ensures an insertion with a torque always greater than 50 Newtons.
- F. Intraoperative photo of two zygomatic implants placed, anchored to the malar bone with an alveolar emergence with the Eazygoma technique.

RESULTS

This study describes a novel surgical technique, different from any other described for the placement of zygomatic implants, with local anesthesia and sedation, Eazygoma. We report the case of a patient operated on in 2021, with a follow-up of two and a half years. The therapeutic results were evaluated with the measurement of the immediate torque which was greater than 50 Newtons in all the implants placed, the emergency zone of the implants which was at the basket level at the level of the canine and first molar bilaterally, the surgical time required which was 55 minutes, trans and postoperative complications, in this there were almost no complications. It should be noted that with this technique it is always possible to prevent the

malposition of zygomatic implants, all had crestal emergence, without exposure or fenestration of the implant in the postoperative period, with adequate peri-implant tissue, did not present postoperative sinus pathologies, and were satisfactorily rehabilitated.

DISCUSSION

Aging and loss of teeth in the jaws generates bone volumetric changes, as mentioned by Wolf's Law, the bone remodels according to the direct function of the forces applied to it, if the stimulus, function and force change, The bone architecture, its external and internal configuration, will consequently change. In the maxillary and mandibular bones, due to the lack of function, a bone resorption process occurs. In the maxillae, this resorption has a posterior oblique vector where the residual and basal bone is found in the piriformis ridge, the lateral wall, the anterior nasal spine and the cortices of the maxillary sinus, while the mandible presents resorption in an oblique vector. anterior, where its basal bone is found in the chin and the lower cortex of the mandibular body. This is due to the muscle insertion sites that preserve the translation of forces and stimuli where a more stable bone architecture is maintained. (9-10)

Zygomatic implants are an excellent alternative since the malar bone, being part of the maxillomalar pillar, the lateral ridge and the infraorbital ridge, has multiple muscular and ligamentous insertions and is exposed to the anteroposterior and lateromedial support of the face, it is a stable bone. in the time. Initially, Dr. Branemarck described multiple cases in which, with dental implants anchored in the malar bone, he could perform prosthetic reconstructions in patients with sequelae due to maxillectomies and tumor resections, with good stability and survival of the implants. He later described the first zygomatic implants for patients with severe maxillary atrophy, with a transsinusal technique, in which the drilling began in the alveolar ridge, had to cross the maxillary sinus and be anchored in the malar, however, it required a window

in the maxillary sinus to guide the direction of the implant. Subsequently, multiple surgical techniques and designs of implants and attachments have been described seeking to improve and facilitate the placement of zygomatic implants.(11)

However, it is understood that it is a complex surgical technique, which requires the expertise of a maxillofacial surgeon and however can present multiple complications, such as invasion of the orbital or temporal space, palpation of the apical portion of the implant at the facial level, fenestration to the skin of the implant, excessive anteroposterior cantilever, palatal emergencies of the implants, chronic infectious processes, need for removal of the implants; complications all associated with their malposition due to the difficulty of surgical techniques. (6-7-8)

The technique proposed by the authors seeks to facilitate the procedure throughout the entire process of placing zygomatic implants, in such a way that it can be performed safely under sedation and local anesthesia in less than an hour, with a minor dissection, with a better visualization that is direct and with a much less morbid postoperative period. All this following biological and bone biomechanical principles, combining facilities of different surgical techniques within a single protocol. (9-10)

The exposure of the malar bone and the alveolar ridge is always necessary, the regularization of the ridge not only facilitates that the height of the emergence of the implants biomechanically does not generate a pivot and the forces are distributed in a better way, but it also converts the edges of knife in a wider rim that allows the emergence of the implant and increases its alveolar bone surface.(12)

The start of the drilling at the malar level gives complete control in the placement of the implant in the body of the malar bone, allowing the perforation of both cortices to be avoided, which results in anteroposterior malposition, by pivoting the drilling from the malar bone, angulating the drill. and the countersink until the planned alveolar emergence, without going deeper, does not give absolute control of the position, angulation, malar and maxillary bone contact and ensures emergence at the alveolar crest level, unlike any other technique described. Then, once the implant bed is available, deepen a few millimeters following the vector of the implant, thus obtaining a torque always well above 50 Newtons, preserving the malar cortices in the apical portion of the implant, avoiding over reaming and invasion of orbital, temporal or skin spaces, as well as additional osteotomies, surgical sales, invasion of the maxillary sinus and sinus elevations to control the direction of the implant and avoid malpositions as described in the other surgical techniques. (13-14)

Starting with the most posterior implant does not allow a direct view again, in the milling of the anterior implant, ensuring the position, the emergence and that the expected prosthetic cantilever is as planned, distributing the forces in a better way and avoiding complications. associated with prosthetic biomechanical loading in the early and late postoperative period. (13-14)

This surgical technique is unique, the drilling begins at the malar level with a short, more stable drill up to half the thickness of the malar bone, the drill is never lost sight of, there is always a direct view of the drilling, it allows the drilling to be controlled over the anterolateral and anterior wall of the maxillary sinus, preserving the maxillary antrum and Sneyder's membrane undamaged, allows the alveolar emergence to be chosen anteroposteriorly and always at the turbinate level, ensuring not only adequate survival of the implants but also

facilitating the rehabilitation process, the symmetrical distribution of strength and adequate peri-implant tissue, benefits that can be ensured with Eazygoma.

CONCLUSION

In conclusion, we present the description of the Eazygoma technique for the placement of zygomatic implants for severe maxillary atrophy and the report of a case treated satisfactorily, the findings found during the procedure and a postoperative follow-up of 2 and a half years. Where it was evident that the Ezaygoma technique offers many advantages, a minor dissection, greater control of the drilling, good exposure of the operative site to ensure the most apical position, in the body of the malar bone, the anteroposterior position and emergence at the alveolar crest level. , avoiding in all cases the need for osteotomies and sales to the maxillary antrum, or invasion of orbital and sinus spaces, dysesthesia, overextension of the apex of the implant, associated infections or the need for removal of the mime and simplification of the technique. Therefore, the authors suggest that this surgical method can be used as a routine method to try to place zygomatic implants either under general anesthesia or sedation with local anesthesia. By generating safer, less morbid surgery for patients, with more predictable results, I can have control over the entire implant placement process, thus significantly reducing the necessary duration of the surgical procedure and trans- and post-operative complications.

REFERENCES

1. Bedrossian, E., & Bedrossian, E. (2018). Prevention and the Management of Complications Using the Zygoma Implant: A Review and Clinical Experiences. *The International Journal of Oral & Maxillofacial Implants*, 33(5), e135–e145. doi:10.11607/jomi.6539.7.
2. Chrcanovic, B. R., Albrektsson, T., & Wennerberg, A. (2016). Survival and Complications of Zygomatic Implants: An Updated Systematic Review. *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, 74(10), 1949–1964. doi:10.1016/j.joms.2016.06.166
3. Kämmerer PW, Fan S, Aparicio C, Bedrossian E, Davó R, Morton D et al. Evaluation of surgical techniques in survival rate and complications of zygomatic implants for the

rehabilitation of the atrophic edentulous maxilla: a systematic review. *International journal of implant dentistry*. 2023 May 17;9(1):11. Epub 2023 May 17. doi: 10.1186/s40729-023-00478-y

4. Aparicio, C., Manresa, C., Francisco, K., Claros, P., Alánde, J., González-Martín, O., & Albrektsson, T. (2014). Zygomatic implants: indications, techniques and outcomes, and the Zygomatic Success Code. *Periodontology 2000*, 66(1), 41–58. doi:10.1111/prd.12038

5. Maló, P., de Araujo Nobre, M., & Lopes, I. (2008). A new approach to rehabilitate the severely atrophic maxilla using extramaxillary anchored implants in immediate function: A pilot study. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 100(5), 354–366. doi:10.1016/s0022-3913(08)60237-1

6. D'Agostino, A., Lombardo, G., Favero, V., Signoriello, A., Bressan, A., Lonardi, F., ... Trevisiol, L. (2021). Complications related to zygomatic implants placement: A retrospective evaluation with 5 years follow-up. *Journal of Cranio-Maxillofacial Surgery*, 49(7), 620–627. doi:10.1016/j.jcms.2021.01.020

7. Topilow, N., Chen, Y., Tse, D. T., & Tse, D. T. (2020). Extraocular Muscle Injury in Zygomatic Implant Placement: A Case Report, A Review of the Literature, and a Simple Maneuver for Avoidance. *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*. doi:10.1016/j.joms.2020.04.027

8. Aparicio, C., Polido, W. D., & Zarrinkelk, H. M. (2021). The Zygoma Anatomy-Guided Approach for Placement of Zygomatic Implants. *Atlas of the Oral and Maxillofacial Surgery Clinics*, 29(2), 203–231. doi:10.1016/j.cxom.2021.05.004

9. Forriol. Bone Response To Mechanical Demand Under Physiological Conditions. *Revista De Ortopedia Y Traumatología* volumen 45, Pp 258-265 rev Ortop Traumatol 2001;3:258-265

10. Tan, W. L., Wong, T. L. T., Wong, M. C. M., & Lang, N. P. (2011). A systematic review of post-extraction alveolar hard and soft tissue dimensional changes in humans. *Clinical Oral Implants Research*, 23, 1–21. doi:10.1111/j.1600-0501.2011.02375.x

11. Brånemark PI, Gröndahl K, Öhrnell LO, Nilsson P, Petruson B, Svensson B, Engstrand P, Nannmark U. Zygoma fixture in the management of advanced atrophy of the maxilla: technique and long-term results. *Scand J Plast Reconstr Surg Hand Surg*. 2004;38(2):70-85.

12. Jensen, O. T., Adams, M. W., Cottam, J. R., Parel, S. M., & Phillips, W. R. (2010). The All-on-4 Shelf: Maxilla. *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, 68(10), 2520–2527. doi:10.1016/j.joms.2010.05.082

13. Bedrossian E, Bedrossian EA. Prevention and the Management of Complications Using the Zygoma Implant: A Review and Clinical Experiences. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 2018;33(5):e135–45.

14. Bedrossian E, Brunski J, Al-Nawas B, Kämmerer PW. Zygoma implant under function: biomechanical principles clarified. *Int J Implant Dent*. 2023 Jun;9(1):15.r