



Jorge Valenga Filho

Avaliação de dois componentes protéticos angulados de 30° e 45° em novo desenho de implantes zigomáticos cone Morse. Análise de elementos finitos.

CURITIBA
2019

Jorge Valenga Filho

Avaliação de dois componentes protéticos angulados de 30° e 45° em novo desenho de implantes zigomáticos cone Morse. Análise de elementos finitos.

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. Luís Eduardo Marques Padovan

CURITIBA
2019

Jorge Valenga Filho

Avaliação de dois componentes protéticos angulados de 30° e 45° em novo desenho de implantes zigomáticos cone Morse. Análise de elementos finitos.

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

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Leandro Eduardo Kluppel
Prof^a. Dr^a. Larissa CarvalhoTrojan

Aprovada em: 23-maio-2019

Dedicatória

Dedico esse trabalho a minha esposa que sempre me apoiou em todas as minhas decisões com seu amor incondicional e aos meus queridos filhos por entenderem o meu amor e a minha dedicação à minha profissão mesmo isso custando alguns sacrifícios, obrigado!

Agradecimentos

Agradeço a minha esposa e a meus filhos que sempre me apoiaram nas minhas decisões, acreditando que sempre procurei dar o melhor de mim em todos os projetos que um dia sonhei realizar mesmo sabendo que isso implicaria em ausência e um pouco de estresse e que teriam que me aguentar pela minha ansiedade e dúvidas no decorrer desses projetos.

Aos amigos e também aos companheiros do mestrado cada um da sua maneira me ajudando a compreender melhor os propósitos de nossas vidas.

A todos os professores e funcionários do ILAPEO que sem dúvida alguma sempre procuraram nos ajudar em todos os nossos problemas o que foi fundamental para que pudéssemos continuar com nossos objetivos.

Aos nossos pacientes pela paciência e entendimento dos percalços durante os tratamentos que fazem parte dos atendimentos em uma instituição de ensino.

A Profa. Dra. Larissa Carvalho Trojan por sua paciência e conhecimento tornando o trabalho um desafio superável.

Ao Prof. Dr. Luíz Eduardo Marques Padovan coordenador desse mestrado que literalmente como um pai responsável por sua prole sempre nos cobrou o entendimento de darmos o melhor de nós e que apenas dessa maneira poderíamos aproveitar o mestrado de forma integral, fazendo com que crescessemos tanto profissionalmente como também para que nos tornássemos pessoas melhores em todos os sentidos.

Sumário

1. Artigo científico 1.....	7
2. Artigo científico 2.....	31

1. Artigo científico 1

Artigo de acordo com as normas da Faculdade ILAPEO para a futura submissão do artigo para o Periódico: **The International Journal of Oral and Maxillofacial Implants (IJOMI)**.

AVALIAÇÃO DE DOIS COMPONENTES PROTÉTICOS ANGULADOS DE 30° E 45° EM NOVO DESENHO DE IMPLANTES ZIGOMÁTICOS CONE MORSE. ANÁLISE DE ELEMENTOS FINITOS.

Jorge Valenga Filho¹
Luis Eduardo Marques Padovan²

1 Mestrando em Implantodontia pela Faculdade ILAPEO

2 Doutor em Cirurgia e Traumatologia Buco Maxilo Facial pela UNESP (Araraquara-SP)

RESUMO

Foram avaliados componentes protéticos angulados de 30° e 45° sobre implantes zigomáticos retos de 45mm cone Morse através da análise de elementos finitos. Para tal, um modelo 3D de maxila atrófica foi desenvolvido a partir de uma tomografia computadorizada de feixe cônico (TCFC) e envolveu dois grupos: Grupo 1: dois implantes zigomáticos cone Morse, um no lado direito e o outro no lado esquerdo dessa maxila, sobre eles foram instalados dois mini pilares angulados de 30°. Na região anterior dessa maxila foram instalados 4 implantes convencionais cone Morse e mini pilares retos. Grupo 2: apenas os mini pilares sobre os implantes zigomáticos foram mudados para 45°. Com força sobre a barra observamos tensões com maiores concentrações no rebordo alveolar, áreas disto palatinas dos implantes zigomáticos e faces distais dos mini pilares angulados, porém com picos abaixo do escoamento do titânio. Concluiu-se que ambos os componentes protéticos permitem reabilitação com implantes zigomáticos.

Palavras-chave: Maxila atrófica; análise de elemento finito; implante zigomático; pilar angulado.

ABSTRACT

Angled prosthetic components of 30° and 45° were evaluated on straight zygomatic implants of 45mm Morse cone through finite element analysis. For this, a 3D model of an atrophic maxilla was developed from a CBCT and involved two groups: Group 1: two zygomatic coneMorse implants, one on the right side and the other on the left side of the maxilla, on them were installed two mini angled 30° pillars. In the anterior region of this maxilla were installed 4 conventional cone Morse implants and mini straight pillars. Group 2: only the mini abutments on the zygomatic implants were changed to 45 °. With force on the bar we observed tensions with higher concentrations in the alveolar ridge, areas of this palatine of the zygomatic implants and distal faces of the angled mini pillars, but with values below the flow of the titanium. It was concluded that both prosthetic components allow rehabilitation with zygomatic implants.

Keywords: Atrophic maxilla; finite element analysis; zygomatic implant; angled pillar.

INTRODUÇÃO

O desenvolvimento da fixação zigomática que ocorreu em 1989 inicialmente foi idealizada para o tratamento de pacientes vítimas de traumas ou cirurgias ressectivas tumorais, onde ocorria uma grande perda das estruturas maxilares. Pelo local de ancoragem e pelo seu desenho diferenciado, quanto ao comprimento, diâmetro e angulação, recebeu a denominação de fixação zigomática.¹

Nestes casos a aplicação dos implantes zigomáticos poderia significar uma simplificação do tratamento, com diminuição de custos e de tempo de execução, com cirurgias menos invasivas, e com o mesmo prognóstico de sucesso das fixações convencionais.²

Esses implantes apresentavam a sua emergência na cavidade bucal na altura do 2º pré-molar deslocada cerca de 5mm para palatino³.

Uma abordagem cirúrgica externa ao seio maxilar para a instalação de implantes zigomáticos (Técnica de Stella e Warnes 2000)⁴ foi apresentada, representando uma evolução da técnica original de Brånemark.

Nesse trabalho a técnica utilizada para a instalação dos implantes zigomáticos foi a de Stella e Warnes⁴ uma vez que em levantamentos feitos com o arquivo digital do ILAPEO foram encontradas porcentagens de cerca de 57,39% de cavidades sinusais médias e de 8,03% de cavidades profundas e em ambas a técnica externa ao seio é muito menos invasiva e com menores complicações que a técnica intra sinus inicial de Brånemark, e uma porcentagem de 34,9% de cavidades rasas.

Podemos concluir portanto que o uso de fixações zigomáticas se constituem em um procedimento seguro, eficaz, mais econômico, menos invasivo, com menores taxas de morbidade e com taxas de sucesso bastante parecidas às de implantes convencionais quando comparado com as cirurgias reconstrutivas convencionais de enxertos ósseos.^{5,6}

É evidente o grande desenvolvimento ocorrido nas últimas décadas, não só no uso de implantes como também da sua utilização para a resolução de casos cada vez mais complexos.^{7,8}

As reabilitações principalmente devido a fatores estéticos/funcionais de maxilas atróficas representam um grande desafio para a odontologia atual.^{9,10}

O estudo de elementos finitos, tenta se aproximar ao máximo da situação real a qual é representada no modelo. Esse estudo além de bastante eficaz, torna possível avaliações contundentes, rápidas e precisas de um determinado produto que se deseja desenvolver.^{10,11}

OBJETIVOS

Objetivo geral:

Avaliação de 2 tipos de componentes protéticos angulados 30° e 45° em implantes zigomáticos cone Morse por meio de uma análise de elementos finitos.

Objetivos específicos:

Avaliação da distribuição da tensão nas regiões périimplantares e na interface implante/componentes protéticos;

Quantificar o valor de tensão em Mpa (Mega Pascal) nas regiões périimplantares e na interface implante/componentes protéticos assim como também nos parafusos protéticos.

REVISÃO DE LITERATURA

Implantes zigomáticos

Trabalhos como dos autores Akay C e Yaluğ S (2015)⁶ investigaram a distribuição do estresse ósseo ao redor de implantes zigomáticos e dentários para 3 desenhos diferentes de próteses retidas por implantes em um defeito maxilar de classe IV de Aramany usando uma análise tridimensional de elementos finito (FEA). Três modelos de próteses obturadoras impanto-retidas foram confeccionadas: modelo 1: com 1 implante zigomático e 1 implante dentário, modelo 2: com 1 implante zigomático e 2 implantes dentários e modelo 3: com 2 implantes zigomáticos.

Os autores encontraram em todas as condições de carregamento no modelo 3 (quando comparado os modelos 1 e 2) o menor valor de estresse máximo principal, reforçando a teoria de que o modelo 3 foi a reconstrução mais adequada para os defeitos maxilares de classe IV de Aramany.

Indo além das avaliações estritamente protéticas, os autores Freedman M, Ring M, Stassen LF em 2015³ investigaram a influência do osso alveolar maxilar na distribuição do estresse de implantes zigomáticos em posição extra-sinusal. Dois implantes zigomáticos foram instalados no crânio em uma posição extra-sinusal. Os mesmos foram suportados pelo osso zigomático e pelo osso alveolar maxilar e foram conectados a uma prótese fixa. As forças oclusais e laterais foram aplicadas a ambos os modelos e os estresses máximos de von Mises foram registrados. Um estresse maior foi observado no modelo sem suporte alveolar. Os estresses oclusais foram maiores do que os estresses laterais no modelo sem suporte alveolar, enquanto que os estresses oclusais eram menores do que os estresses laterais no modelo com suporte alveolar. Foram observados baixos estresses no osso zigomático em ambos os modelos.

Os pesquisadores, Romeed SA, Malik R e Dunne SM, 2014⁷ relataram que casos de maxilectomia e de maxila severamente reabsorvida e atroficas são difíceis de restaurar com próteses removíveis. Os implantes zigomáticos reduzem as complicações associadas aos procedimentos de enxerto ósseo e simplificam a reabilitação da maxila atrofica e dos casos de maxilectomias.

Embora já haja vasta e convincente literatura para suportar a prática reabilitadora a partir do auxílio de implantes zigomáticos, Wen H. et al, 2014⁸, reconhecem que existem atualmente uma variedade de técnicas de implantação zigomática, no entanto, um consenso quanto ao método mais adequado ainda não foi alcançado. O estudo dos autores teve por objetivo avaliar e comparar 3 técnicas de implantação zigomática e esclarecer o número ideal e a posição de implantes zigomáticos e dentários para a reconstrução de maxilas edentulas e severamente

atróficas. Os implantes zigomáticos foram instalados no modelo craniofacial usando-se 3 técnicas cirúrgicas (clássica de Brånemark, exteriorizada e extra maxilar) e com 3 variações do modelo que envolveram o número e a posição dos implantes zigomáticos e dentários¹². Os implantes zigomáticos foram carregados com uma força vertical de 150N e uma força lateral de 50N^{12,13}. As tensões e deformações dos ossos e implantes foram então observadas e comparadas. Não foram detectadas diferenças significativas na quantidade e na distribuição de estresse nos ossos craniofaciais externos nos modelos. Os esforços mais baixos nos implantes zigomáticos foram observados no grupo de técnicas exteriorizadas¹⁴.

Em 2016, de Moraes PH, Olate S, Nóbilo Mde A, Asprino L e de Moraes M¹¹, observaram que implantes zigomáticos podem ser usados para reabilitação dentária em maxilas atróficas e como resultado do estudo, o grupo 1 mostrou uma alta concentração de deformação na região orbital lateral direita ao nível do ápice do implante zigomático. Menor esforço foi observado nos níveis apicais dos implantes convencionais no setor anterior e do implante zigomático contralateral. O grupo 2 apresentou esforços maiores na área orbital lateral inferior¹⁵.

O uso de 4 implantes zigomáticos carrega o osso alveolar em menor grau e parece ser mais adequado do ponto de vista mecânico quando comparado com o uso de apenas 2 implantes zigomáticos¹⁵.

Estudo de elementos finitos

Usando uma tomografia computadorizada (TC) de um caso de pós-hemimaxilectomia de um paciente em 2010, Miyamoto S, Ujigawa K, Kizu Y, Tonogi M e Yamane GY¹⁴, construíram um modelo tridimensional onde os efeitos de diferentes desenhos de prótese na distribuição de estresse em ossos craniofaciais e nos tecidos ósseos ao redor dos implantes foram investigados biomecanicamente e os resultados apontaram que implantes zigomáticos

proporcionam uma dispersão de estresse adequada para os ossos zigomáticos e craniofaciais do lado afetado, sendo esta informação útil para o projeto de próteses maxilares.

Por fim, Ujigawa K, Kato Y, Kizu Y, Tonogi M, Yamane GY (2017)¹⁵, analisaram a distribuição do estresse nas estruturas craniofaciais em torno de implantes zigomáticos osseointegrados. O sistema permitiu a confirmação visual e uma análise da distribuição do estresse, assim como a construção de um modelo biomecânico digital simples e adequado que forneceu detalhes das estruturas anatômicas das regiões de interesse. Implantes zigomáticos com ou sem implantes conectados e suportando a supra estrutura foram então comparados. Estresses onde haviam implantes não conectados tendem a serem gerados no osso zigomático, na parte central do implante zigomático e na junção entre implante e abutment.^{16,17} O estresse devido às forças oclusais é principalmente suportado pelo osso zigomático.

Próteses

Estudos do Dr. Qu XZ et al. 2016², avaliaram a estabilidade de próteses apoiadas por implantes de zigomático e dentes remanescentes para indivíduos submetidos a hemimaxilectomia. A reabilitação oral foi realizada utilizando uma prótese temporária que foi apoiada pelos dentes remanescentes durante os primeiros três meses. Em seguida, um implante zigomático foi colocado para fornecer suporte para uma prótese definitiva, juntamente com os dentes remanescentes. Além disso, a retenção e a força de mordida foram registradas tanto para a prótese temporária como para a prótese final. Como resultado, a força média de mordida do primeiro molar protético nesses pacientes aumentou para 69,2 N (estatisticamente superior ao momento inicial). Os autores concluíram que a força da mordida aumentou significativamente com o suporte de um implante de zigomático.

Agliardi EL, Romeo D, Panigatti S, de Araújo Nobre M e Maló P., 2017^{5,18}, tiveram como objetivo avaliar os resultados de próteses imediatas de arco total suportadas por implantes zigomáticos isolados ou em combinação com implantes regulares após um mínimo de 6 anos

de carga. Todos os indivíduos receberam uma prótese fixada por parafuso após 3 horas de cirurgia, enquanto a restauração definitiva foi entregue após 6 meses. 42 implantes zigomáticos e 18 implantes convencionais foram instalados. Os pacientes foram acompanhados por um mínimo de 79 meses. Nenhum implante foi perdido. A perda óssea para implantes convencionais foi de $1,39 \pm 0,10\text{mm}$ após 6 anos em função, o que resultou em uma taxa de sucesso dos implantes de 100%. Altos níveis de satisfação dos pacientes foram registrados.

Outro estudo que avaliou a relação osso/ implante de zigomático e prótese foi o dos pesquisadores, Korkmaz FM, Korkmaz YT, Yaluğ S, Korkmaz T, 2012¹². Os autores avaliaram a distribuição do estresse no osso ao redor de implantes dentários e zigomáticos para 4 diferentes desenhos de prótese implanto suportadas em um defeito unilateralmente de maxila. Quatro diferentes próteses implanto suportadas foram confeccionadas; modelo 1 com 2 implantes zigomáticos e 1 implante dentário, modelo 2 com 2 implantes zigomáticos e 2 implantes dentários, modelo 3 com 2 implantes zigomáticos e 3 implantes dentários e modelo 4 com 1 implante zigomático e 3 implantes dentários. *Attachments* do tipo barra foram usados como supra estrutura. Foi aplicada uma carga vertical de 150 N de 3 maneiras diferentes, e a análise de estresse de von Mises no osso cortical ao redor dos implantes foram avaliados. Quando os modelos (modelo 1 a 3) foram comparados em termos de número de implantes, todos os modelos apresentaram altos e similares valores de estresse sob a primeira condição de carregamento, e esses valores foram menores que sob as condições do modelo 4.

A mesma tendência também foi observada nas demais condições de carregamento. Pôde-se concluir que o uso de um implante zigomático no lado sem defeito da maxila diminuiu os valores de estresse mais altos ^{12,13,14,15}.

METODOLOGIA

O estudo comparou por meio da análise de elementos finitos dois modelos de reabilitação de arco total com implantes zigomáticos Grand Morse (GM Neodent, Brasil). O modelo, composto pelos principais ossos do terço médio da face, foi desenvolvido com base em um arquivo DICOM (Digital Imaging and Communication in Medicine) proveniente de TCFC (tomografia computadorizada de feixe cônico) de uma maxila atrófica. O processamento dessa TCFC foi realizado por meio de software de imagem Invesalius (CTI Renato Archer, Campinas, Brasil (Fig 1).

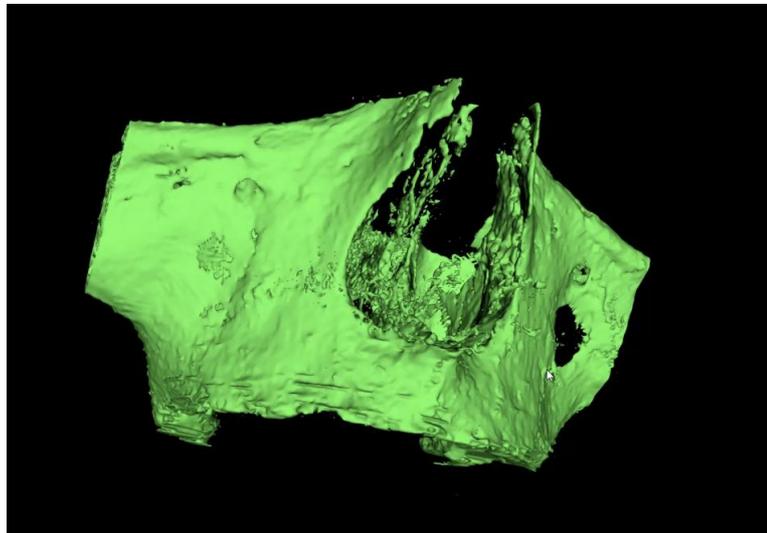


Figura 1 – Imagem da TCFC (tomografia computadorizada de feixe cônico) utilizada no estudo para a confecção dos modelos.

A imagem da TCFC é pertence ao arquivo de prontuários do ILAPEO (Curitiba/PR) e nenhuma outra informação adicional do paciente foi considerada para esse estudo.

Os modelos tridimensionais foram desenvolvidos e agrupados em software de desenho assistido por computador Software CAD e as análises de elementos finitos foram realizadas com o auxílio do Software CAE (FEMAP with NX Nastran, Siemens- Plano- U S A.

Com o auxílio do software CAD, no modelo 3D que representa os ossos do terço médio da face, foram instalados implantes zigomáticos convencionais, conforme os seguintes agrupamentos: Grupo 1, em um modelo 3D de uma maxila atrófica com 2 implantes

zigomáticos GM (Neodent, Curitiba, Brasil) com 45 mm de comprimento (Fig 2), 1 no lado direito e o outro no lado esquerdo dessa maxila, e sobre eles instalamos 2 Mini pilares angulados de 30° (Neodent, Curitiba, Brasil) (Fig 3). Na região anterior dessa maxila foram instalados 4 implantes GM (Neodent, Curitiba, Brasil) de 3,5 X 10mm de comprimento, sobre os quais foram colocados mini pilares retos com 2,5 mm de altura (Fig 4 e 5).



Figura 2 - Implante zigomático (45 mm) com plataforma reta e interface tipo cone Morse (Grand Morse Neodent, Brasil).



Figura 3- Mini pilar angulado de 30°.

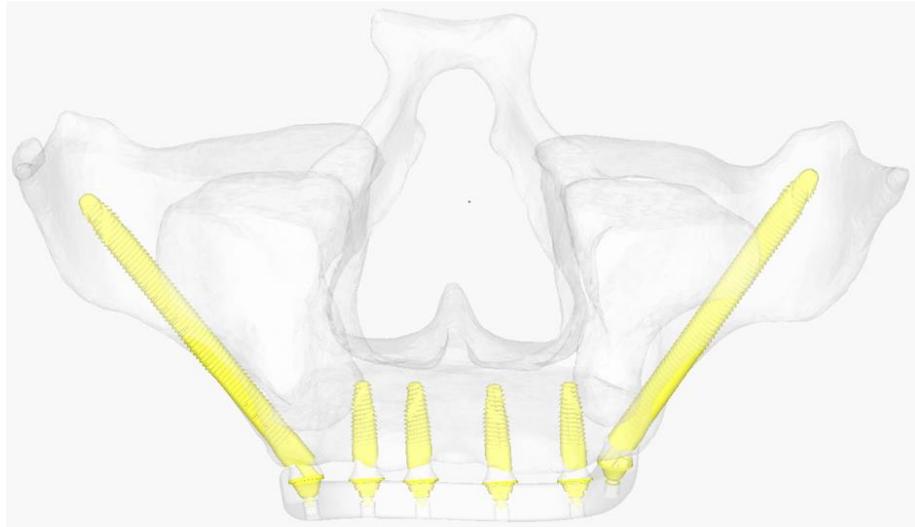


Figura 4 - Implantes zigomáticos GM(4.0mm X 45mm) com interface reta, mini pilar cônico angulado 30°, instalado seguindo técnica de ancoragem em arco zigomático (vista com sólido em transparência).

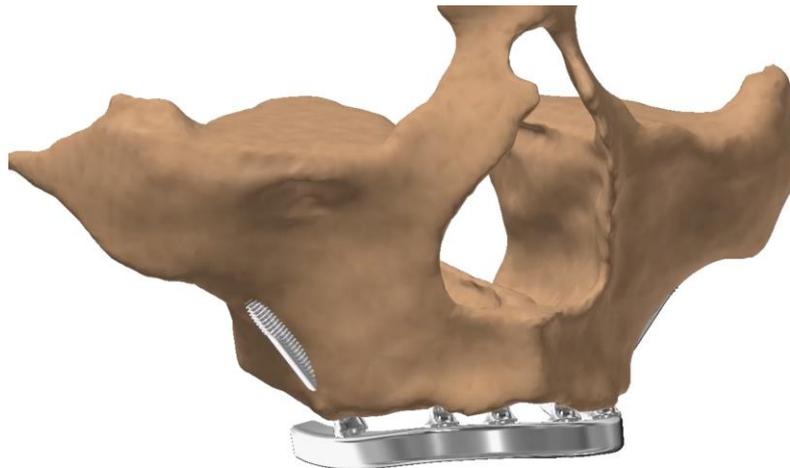


Figura 5 – Modelo 3D com implantes zigomáticos GM (4.0mm X 45mm) com interface reta, mini pilar cônico angulado 30°, instalado seguindo técnica de Stella e Warmer de ancoragem em arco zigomático.

Grupo 2: no mesmo modelo 3D do osso, foi instalado 2 implantes zigomáticos GM (Grand Morse, Neodent, Curitiba, Brasil) iguais aos do grupo 1 porém sobre eles foram instalados mini pilares com 45° de angulação (Fig 6). E na região anterior desse modelo também foram instalados 4 implantes GM (Neodent, Curitiba, Brasil) de 3,5 X 10 mm de comprimento, sobre os quais também utilizamos mini pilares retos de 2,5 mm de altura (Neodent, Curitiba, Brasil) (Fig 4).



Figura 6- Mini pilar cônico angulado 45° e transmucoso de 3,5mm(Neodent,Brasil)

A a técnica utilizada para a instalação dos implantes zigomáticos foi a técnica de Stella-*Sinus Slot Technique*⁴.

As propriedades mecânicas utilizadas estão descritas na (Fig. 7 e 8).

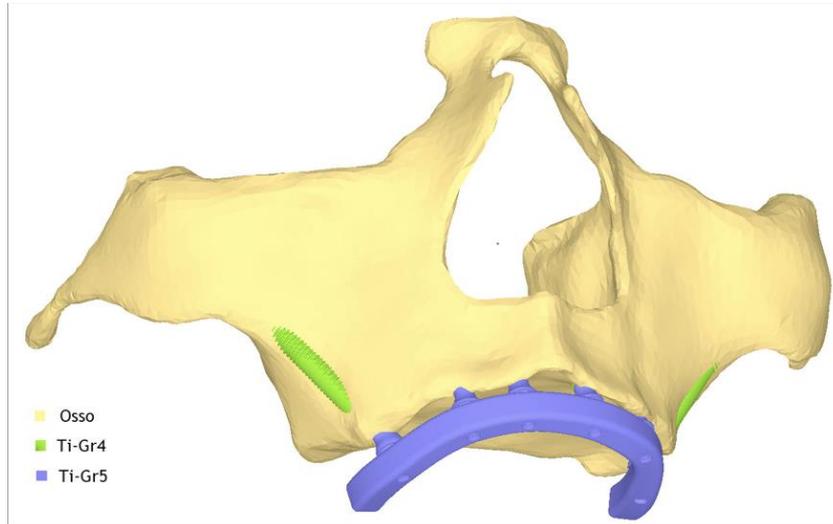


Figura 7 - Modelos do estudo descrevendo as propriedades mecânicas utilizadas no estudo e uma prótese protocolo com cantilever de 12mm.

Propriedades dos materiais			
Material	Módulo de elasticidade (MPa) - Rigidez	Coefficiente de Poisson	Referência
Osso Medular tipo II	5500	0,3	Int J Oral Maxillofac Implants 2003;18: 357–368. Int J Oral Maxillofac Implants. 2010 Nov-Dec;25(6):1108-14.
Titânio grau IV	103000	0,361	Conforme "ASTM F 67"
TI6AL4V-ELI (Liga Titânio)	105000	0,361	Conforme "ASTM F 136"
Contatos			
Materiais	Tipo de contato	Coefficiente de atrito	Referência
Osso x implante	Bonded	-	J Prosthet Dent. 2004 Feb;91(2):144-50.
Implante x componente x Parafuso x barra	Atrito	0,2	Int J Oral Maxillofac Implants. 1995 Sep-Oct;10(5):529-36. Prosthet Dent. 2003 Dec;90(6):539-46.

Figura 8- Tabela das propriedades dos materiais e contatos atribuídos.

Os contatos considerados para os modelos estão descritos na figura 8 e 9, contato do tipo colado entre osso e implante e contato com atrito (0,2) entre implante e componente.

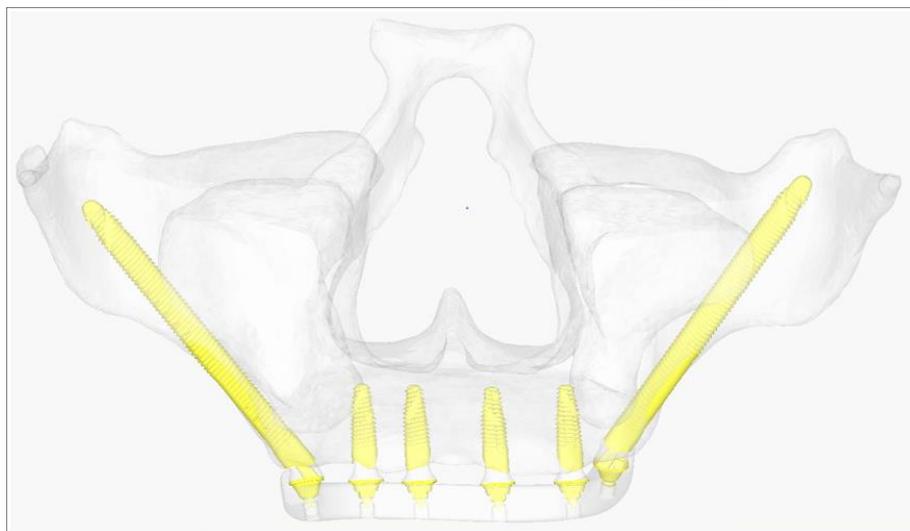


Figura 9 - Representação do modelo de elementos finitos contendo osso, implantes em titânio grau IV, componentes e barra em titânio grau V.

O carregamento considerado para os modelos e as condições de contato estão ilustradas nas (Figuras 10 e 11). Foram impostas condições de contorno para a fixação do modelo sem interferir na região de interesse (na extremidade do arco zigomático e na região posterior do esfenoide) e um carregamento de 100N perpendicular foi distribuído na barra de titânio em ambos os lados do modelo totalizando 200N. Após as definições de contorno e carregamento, todos os modelos foram discretizados para a obtenção da malha de elementos finitos (Fig 12). Após a discretização do modelo foram gerados para o Grupo 1, 1958993 elementos e para o Grupo 2, 1944341 elementos.



Figura 10- Observar região de incidência e força da carga oclusal sobre a infra estrutura metálica instalada no modelo, a carga considerada foi de 100N aplicada perpendicularmente à barra.

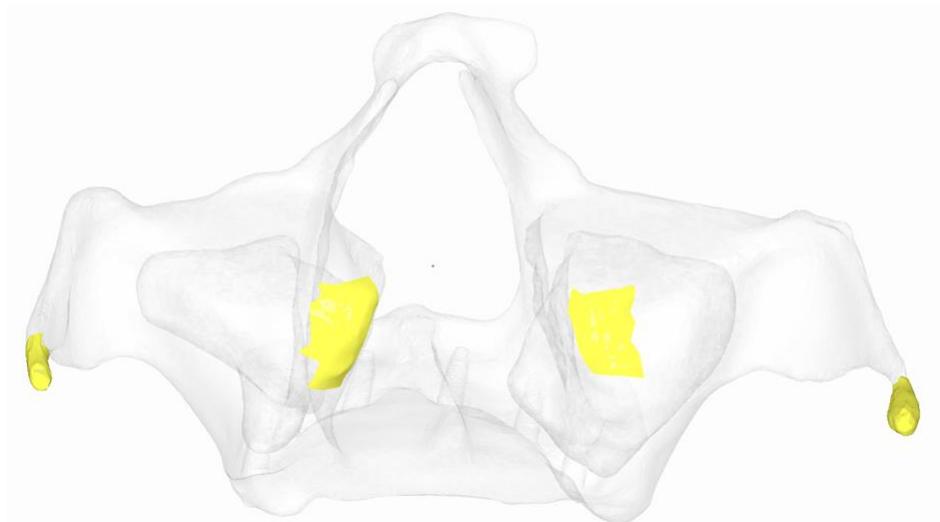


Figura 11- Representação das condições de contorno impostas para fixar o modelo. Contato entre osso e implante. Contato com atrito (0,2) entre implante e componente.

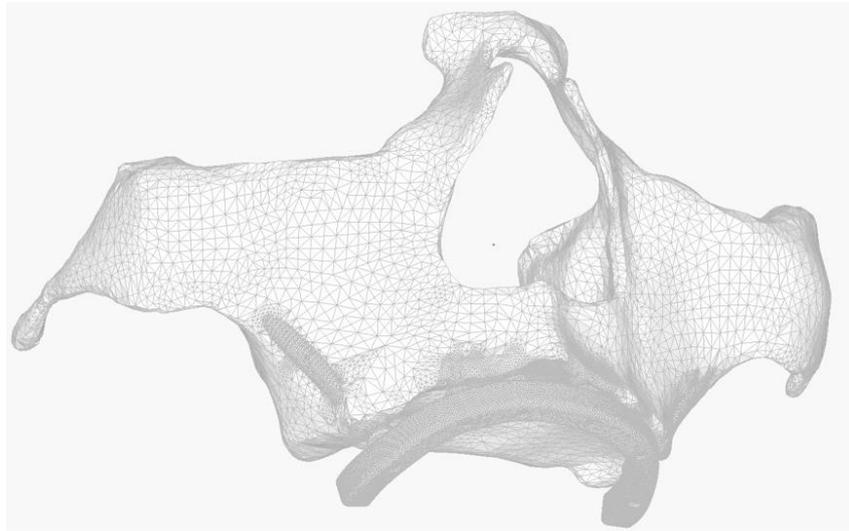


Figura 12- Características do modelo para a análise de elementos finitos. Elemento Tetraedro Tet 10.
Grupo 1- 30°- Número de elementos:1958993.
Grupo 2 -45°- Número de elementos:1944341

RESULTADOS

Os resultados encontrados nos dois grupos foram avaliados em relação a: tensão de *von Mises*, tensão máxima e mínima principal e deformação, compreendendo as seguintes estruturas: osso, implantes, componentes e parafusos de fixação das próteses.

As tensões se concentraram mais na área do rebordo alveolar e atingiu 5 Mpa (Fig- 13,14), tensões essas bastante inferiores que a tensão de deformação do titânio grau IV dos implantes que é de 703 MPa e também na região posterior dos leitos ósseos distais aos implantes zigomáticos porém não ultrapassaram 0,001 MPa. Importante ressaltar que a tensão de Von Mises é uma tensão média e para analisar melhor o impacto no comportamento biomecânico do osso devemos diferenciar a tensão de compressão e a deformação que é prevista no osso.

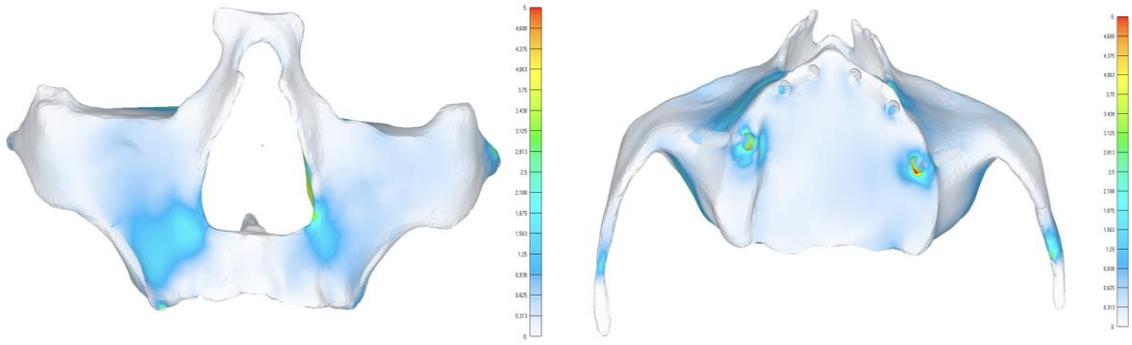


Figura 13- Imagem com a distribuição de tensões de von Mises por meio da análise de elemento para o grupo 1.

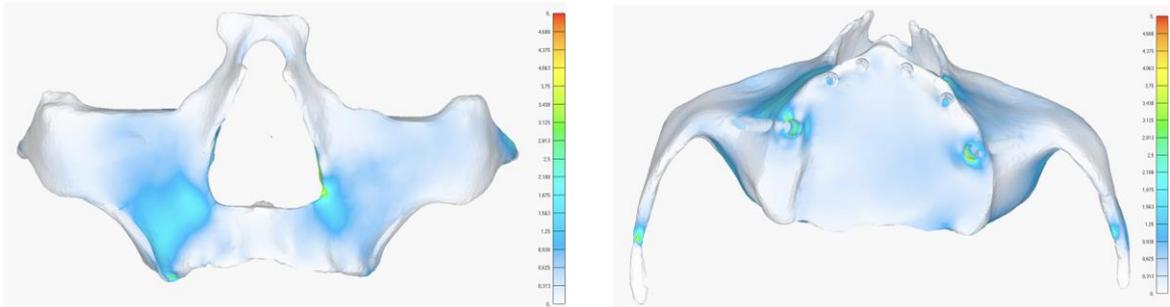


Figura 14- Imagem com a distribuição de tensões de von Mises por meio da análise de elemento finito para o Grupo 2.

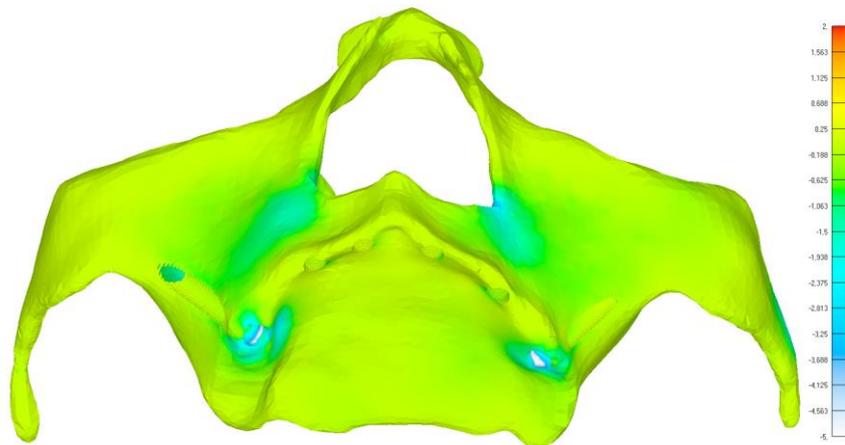


Figura 15- Imagem com a distribuição de tensões mínimas principais (tensões de compressão) por meio da análise de elemento finito para o grupo 1.

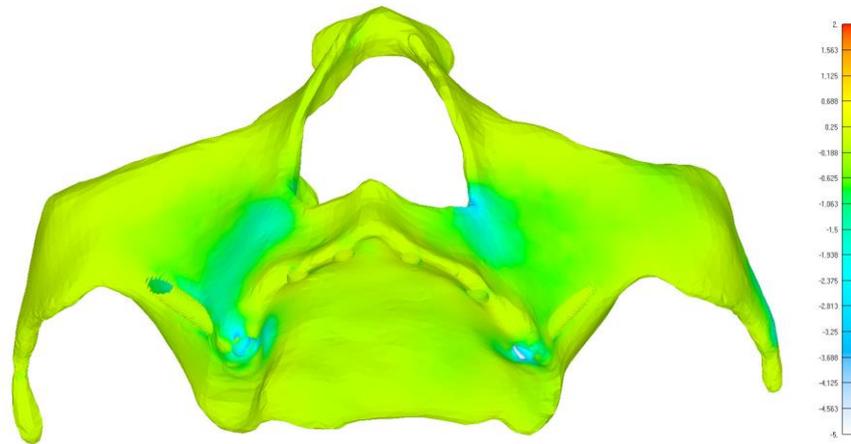


Figura 16- Imagem com a distribuição de tensões mínimas principais (tensões de compressão) por meio da análise de elemento finito para o grupo 2.

Quando avaliada as tensões de von Mises sobre os implantes, observamos que ocorrem maior concentração de tensão nos implantes distais (na área disto palatina dos implantes zigomáticos) e foram decrescendo para os implantes mais anteriores, como ilustrado nas figuras 17 e 18. Os picos atingiram o valor de 30 MPa em ambos os grupos e com maior região de tensão no grupo 1, ou seja com mini pilares de 30°, porém esses valores se encontraram bem abaixo do escoamento do titânio Grau IV (703 MPa).

Quanto às mesmas tensões agora sobre os implantes podemos verificar os seguintes comportamentos mostrados nas figuras- 17-18-19 e 20. Os picos atingiram o valor de 30MPa em ambos os grupos e com maior região de tensão no grupo-1, ou seja com mini pilares angulados de 30°, porém esses valores se encontram bem abaixo do escoamento do titânio Grau V (881 MPa). Essas tensões, são tensões previstas para o modelo e ficaram entre 5 a 30MPa nos dois grupos porém elas não são significativas para que se inicie um processo de remodelação óssea nessas regiões.



Figura 17- Imagem da distribuição das tensões de von Mises sobre os implantes para o grupo 1.



Figura 18- Imagem da distribuição das tensões de von Mises sobre os implantes para o grupo 2.

Quanto aos componentes protéticos utilizados no estudo podemos verificar que quando comparamos as reabilitações protéticas com mini pilares diferentes de 30° e 45° ambas apresentam baixos níveis de valores de tensão (Fig 19 e 20).



Figura 19- Distribuição das tensões de Von Mises sobre os mini pilares retos e angulados de 30°, grupo 1.



Figura 20- Distribuição das tensões de von Mises sobre os mini pilares retos e angulados de 45°, grupo 2.

Em relação às tensões sobre os parafusos de fixação das próteses testadas no estudo, observase mais uma vez que as maiores tensões são verificadas nos parafusos mais distais e atingiram o valor de 25Mpa (Fig 21 e 22), valor esse bem abaixo do escoamento do titânio.

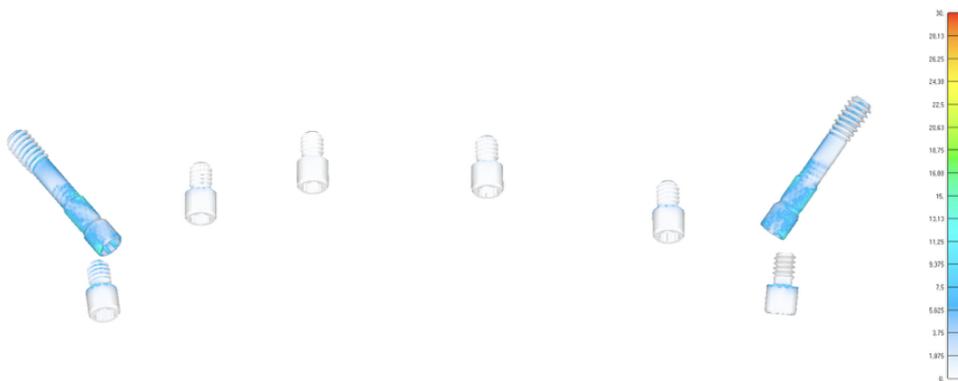


Figura 21- Distribuição de tensões nos parafusos protéticos (picos de ~ 16Mpa). Grupo 1.



Figura 22- Distribuição de tensões nos parafusos protéticos (picos de ~ 15MPa. Grupo 2.

DISCUSSÃO

Implantes zigomáticos já estão consagrados como tratamento de maxilas atróficas¹⁴. É fato que após a realização de maxilectomias as estruturas ósseas de reforço que as envolviam são perdidas em grande parte, fazendo com que em alguns casos a cavidade oral se comunique com a cavidade nasal e com o seio maxilar, prejudicando a mastigação e a articulação².

Os implantes zigomáticos foram originalmente desenhados e desenvolvidos para a reconstrução de maxilas atróficas e ou com diminuição de volume devido a tumores ou a traumas e são usados portanto na retenção de próteses em pacientes que apresentam esse tipo de problema¹.

No entanto a concentração de estresse ao redor desses implantes e regiões circunvizinhas é aumentada, em parte também devido à força oclusal²⁰. Análises tridimensionais de elemento finito verificaram a distribuição desses estresses de mastigação sobre eles e também sobre as reabilitações protéticas sobre esses implantes e foi verificado que o estresse tende a ser gerado ao longo do osso zigomático no lado afetado principalmente e que as maiores tensões se concentraram nos implantes juntos aos pilares ósseos com a dissipação das forças mastigatórias no osso zigomático do lado afetado e também para o processo frontal do osso temporal¹².

Prótese suportadas por 2 implantes zigomáticos no lado afetado mostraram uma melhor distribuição do estresse ao redor do osso zigomático¹⁴.

Em nosso estudo feito com a análise de elementos finitos, várias vantagens com essa metodologia foram verificadas como por exemplo em sua natureza não invasiva e na sua capacidade de acessar teoricamente a quantidade de estresse gerado em determinados pontos de interesse para o trabalho que se pretendeu desenvolver. No trabalho pretendeu-se uma análise de elementos finitos dos modelos de arco total de reabilitação com implantes zigomáticos cone Morse (GM, Neodent, Brasil). Já o modelo da maxila atrófica composto pelos

principais ossos do terço médio da face, foi desenvolvido através de arquivos DICOM (Digital Imaging and Communication in Medicine) provenientes de uma Tomografia Computadorizada de Feixe Cônico (TCFC). Nesses modelos que foram divididos em 2 grupos (I e II) foram instalados 2 implantes zigomáticos GM (Neodent, Curitiba, Brasil) de 45mm de comprimento, um no lado direito e outro no lado esquerdo dos modelos e sobre os mesmos foram instalados no grupo I mini pilares angulados de 30° (Grand Morse, Neodent, Curitiba, Brasil) e no grupo II mini pilares angulados (Grand Morse, Neodent, Curitiba, Brasil) de 45°. Já na região anterior desses modelos foram instalados 4 implantes retos convencionais GM (Grand Morse, Neodent, Curitiba, Brasil) de 3,5 mm de diâmetro X 10mm de comprimento em ambos os grupos, sobre esses implantes convencionais foram instalados mini pilares retos GM (Grand Morse, Neodent, Curitiba, Brasil) de 2,5 mm de altura.

A técnica utilizada para a instalação dos implantes zigomáticos foi a técnica descrita por Stella JP e Warmer MR (2000)⁴, e isso se deve ao estudo e à revisão de literatura onde se constatou uma maior incidência de pacientes que apresentam uma concavidade maxilo-sinusal média (+ ou - 52.3%) dos casos avaliados e essa técnica propicia uma cirurgia de instalação de implantes zigomáticos com melhores resultados tanto para o cirurgião como para o paciente além de um melhor e mais rápido pré e pós operatório.

Em todos os modelos a carga considerada foi de 100N que foi aplicada perpendicularmente à barra nos dois lados da estrutura metálica, tanto na região dos pilares sobre os implantes zigomáticos como também na região anterior a eles o que totalizou uma pressão de 200N sobre a barra metálica de nossa reabilitação. Em média podemos dizer que a resistência à fratura do osso pode ser considerada de 193Mpa. Os resultados foram então avaliados em relação a: Tensão Von Mises, tensão máxima e mínima principal e quanto a deformação.

No estudo foi verificado um acúmulo de tensão maior na região disto palatina do processo alveolar dos implantes mais distais e principalmente nessa região dos implantes zigomáticos. Essa tensão se concentrou mais na área do rebordo alveolar e atingiu 5Mpa, tensão essa bem menor que a tensão do titânio grau IV dos implantes que é de 703Mpa.

Vale salientar que a tensão de Von Mises é uma tensão média e devemos diferenciar tração de compressão, sendo que o importante para o osso que irá receber o implante é a compressão uma vez que ele resiste melhor a esse tipo de força quando comparado com as forças de tensão¹⁹.

Já sobre o comportamento e distribuição das tensões sobre os implantes em si, constatou-se uma maior tensão na área disto palatina dos implantes zigomáticos, porém as tensões de Von Mises atingiram 30Mpa o que é um valor bem menor que o do escoamento do titânio grau V que é de 881Mpa¹⁹.

Interessante no trabalho ao comparamos as reabilitações protéticas em ambos os grupos com mini pilares de 30° e de 45°, foi observado que ambas apresentavam baixos níveis dos valores de tensão e que o sistema foi feito para aguentar de forma adequada com os dois tipos de mini pilares angulados sem problemas. Normalmente o que se verificou na revisão de literatura pesquisada foi que essas tensões seriam maiores sobre os mini pilares de 45° em relação aos de 30° de inclinação, assim como também as falhas como fraturas dos parafusos de fixação das próteses quando da distribuição dos esforços mastigatórios seriam mais evidentes nesses mini pilares com maior inclinação, mas isso não foi verificado em nosso estudo, mostrando comportamentos bio mecânicos similares em ambos os grupos 1 e 2.

Os implantes zigomáticos parecem fornecer a maior parte da estabilidade à estrutura protética, deixando para os implantes convencionais anteriores a eles instalados mínimos requisitos mecânicos, fato esse que vai representar uma maior longevidade de nossas reabilitações quando da sua utilização.

CONCLUSÃO

Através desse estudo podemos concluir que:

A avaliação dos dois tipos de componentes protéticos angulados de 30° e de 45° em implantes zigomáticos cone Morse através de uma análise de elementos finitos se mostrou adequada nos dois componentes e de comportamentos bio mecânicos muito similares quanto às tensões de Von Mises analisadas

A avaliação da distribuição da tensão nas regiões périimplantares e na interface implante/componente protético foi similar nos dois grupos testados sem alterações significativas em ambos os grupos, mostrando níveis não significativos para que se inicie um processo de remodelação.

A quantificação dos valores de tensão em MPa nas regiões périimplantares e na interface implante/componentes protéticos assim como também entre a interface parafusos de fixação X implantes se mostraram inferiores às tensões de todas as estruturas envolvidas no estudo, indicando que o uso de tais componentes representa uma alternativa para as reabilitações de maxilas atroficas.

REFERÊNCIAS

1. Prado FB, Freire AR, Cláudia Rossi A, Ledogar JA, Smith AL, Dechow PC, et al. Review of in vivo bone strain studies and finite element models of the zygomatic complex in humans and nonhuman primates: implications for clinical research and practice. *Anat Rec (Hoboken)* 2016;299(12):1753-78.
2. Qu XZ, Wang MY, Ong HS, Zhang CP. Post-operative hemimaxillectomy rehabilitation using prostheses supported by zygoma implants and remaining natural teeth. *Clinics (São Paulo)* 2016;71(10):575-9.
3. Freedman M, Ring M, Stassen LF. Effect of alveolar bone support on zygomatic implants in an extra-sinus position--a finite element analysis study. *Int J Oral Maxillofac Surg.* 2015 Jun;44(6):785-90.

4. Stella JP, Warner MR. Sinus slot technique for simplification and improved orientation of zygomatic dental implants: a technical note. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2000;15(6):889-93.
5. Agliardi EL, Romeo D, Panigatti S, de Araújo Nobre M, Maló P. Immediate full-arch rehabilitation of the severely atrophic maxilla supported by zygomatic implants: a prospective clinical study with minimum follow-up of 6 years. *Int J Oral Maxillofac Surg* 2017 Dec;46(12):1592-9.
6. Akay C, Yaluğ S. Biomechanical 3-dimensional finite element analysis of obturator protheses retained with zygomatic and dental implants in maxillary defects. *Med Sci Monit* 2015;21:604-11.
7. Romeed SA, Malik R, Dunne SMJ. Zygomatic implants: the impact of zygoma bone support on biomechanics. *Oral Implantol* 2014;40(3):231-7.
8. Wen H, Guo W, Liang R, Xiang L, Long G, Wang T, et al. Finite element analysis of three zygomatic implant techniques for the severely atrophic edentulous maxilla. *J Prosthet Dent* 2014;111(3):203-15.
9. Ishak MI, Kadir MR, Sulaiman E, Kasim NH. Finite element analysis of zygomatic implants in intrasinus and extramaxillary approaches for prosthetic rehabilitation in severely atrophic maxillae. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2013;28(3):e151-60.
10. Wang M, Qu X, Cao M, Wang D, Zhang C.J. Biomechanical three-dimensional finite element analysis of protheses retained with/without zygoma implants in maxillectomy patients. *Biomech* 2013;46(6):1155-61.
11. De Moraes PH, Olate S, Nóbilo Mde A, Asprino L, de Moraes M, Barbosa. Maxillary "All-On-Four" treatment using zygomatic implants. A mechanical analysis. *Jde A1Rev Stomatol Chir Maxillofac Chir Orale* 2016;117(2):67-71.
12. Ishak MI, Abdul Kadir MR, Sulaiman E, Abu Kasim NH. Finite element analysis of different surgical approaches in various occlusal loading locations for zygomatic implant placement for the treatment of atrophic maxillae. *Int J Oral Maxillofac Surg* 2012;41(9):1077-89.
13. Korkmaz YT, Yaluğ S, Korkmaz T. Impact of dental and zygomatic implants on stress distribution in maxillary defects: a 3-dimensional finite element analysis study. *J Oral Implantol* 2012;38(5):557-67.
14. Miyamoto S, Ujigawa K, Kizu Y, Tonogi M, Yamane GY. Biomechanical three-dimensional finite-element analysis of maxillary protheses with implants. Design of number and position of implants for maxillary protheses after hemimaxillectomy. *Int J Oral Maxillofac Surg* 2010;39(11):1120-6.
15. Ujigawa K, Kato Y, Kizu Y, Tonogi M, Yamane GY. Three-dimensional finite elemental analysis of zygomatic implants in craniofacial structures. *Int J Oral Maxillofac Surg*. 2007 Jul;36(7):620-5.

16. Saleh Saber F, Ghasemi S, Koodaryan R, Babaloo A, Abolfazli N. The comparison of stress distribution with different implant numbers and inclination angles in all-on-four and conventional methods in maxilla: a finite element analysis. *J Dent Res Dent Clin Dent Prospects* 2015 Fall;9(4):246-53.
17. Gümrükçü Z, Korkmaz YT, Korkmaz FM. Biomechanical evaluation of implant-supported prosthesis with various tilting implant angles and bone types in atrophic maxilla: a finite element study. *Comput Biol Med* 2017;86:47-54.
18. Bellini CM, Romeo D, Galbusera F, Agliardi E, Pietrabissa R, Zampelis A, et al. A finite element analysis of tilted versus nontilted implant configurations in the edentulous maxilla. *Int J Prosthodont* 2009 Mar-Apr;22(2):155-7.
19. Misch CE. *Tamanho do implante: considerações biomecânicas e estéticas*. Rio de Janeiro: Elsevier;2008. p: 160-177.
20. Balkaya MC. Investigation of influence of different implant size and placement on stress distribution with 3-dimensional finite element analysis. *Implant Dent*. 2014;23(6):716-22.

2. Artigo científico 2

Artigo de acordo com as normas da Faculdade ILAPEO para a futura submissão do artigo para o Periódico: **The International Journal of Oral and Maxillofacial Implants (IJOMI)**

PLANEJAMENTO VIRTUAL DE IMPLANTES ZIGOMÁTICOS

Jorge Valenga Filho¹
Luis Eduardo Marques Padovan²
Mariane Schaffer Brackmann³

1 Mestrando em Implantodontia pela Faculdade ILAPEO

2 Doutor em Cirurgia e Traumatologia Buco Maxilo Facial pela UNESP(Araraquara-SP)

3 Mestre em Implantodontia pela Faculdade ILAPEO

RESUMO

O procedimento de instalação de implantes zigomáticos é um procedimento complexo que demanda extenso planejamento e experiência profissional. O objetivo deste trabalho foi apresentar uma proposta de protocolo para planejamento virtual de implantes zigomáticos. Serão descritas as etapas do planejamento como obtenção de imagens de tomografias computadorizadas, planejamento digital em softwares específicos, confecção de biomodelos e guias cirúrgicos. O planejamento virtual representa uma ferramenta importante que otimiza o procedimento cirúrgico, tornando-o mais seguro e previsível.

Palavras-chave: Implante dentário; Zigoma; Tomografia computadorizada de feixe cônico.

ABSTRACT

The procedure of placing zygomatic implants is a complex procedure that demands extensive planning and professional experience. The objective of this study was to present a protocol proposal for virtual planning of zygomatic implants. The steps of the planning will be described as obtaining images of computerized tomographies, digital planning in specific software, manufacture of biomodels and surgical guides. Virtual planning represents an important tool that optimizes the surgical procedure, making it more secure and predictable.

Keywords: Dental Implant; Zygo; Cone Beam Computerized Tomography.

INTRODUÇÃO

A reabilitação de maxilas atróficas é desafiadora, diversas formas de tratamentos são descritas como: enxertos *onlay*, levantamentos de seio, regeneração óssea guiada e distração osteogênica (ADELL et al., 1990). Os implantes zigomáticos que inicialmente foram indicados para o tratamento de pacientes maxilectomizados por tumor ou vítimas de trauma (KAHNBERG et al., 1989; JENSEN et al., 1992; WEISCHER et al., 1997) são uma opção para o tratamento de pacientes que apresentam atrofia maxilar severa (ZWAHLEN et al 2006). A técnica de instalação de implantes zigomáticos simplifica o tratamento, diminui custos e tempo de execução do tratamento, além de tornar o procedimento menos invasivo e apresenta o mesmo prognóstico de sucesso das fixações convencionais (MATSUMOTO et al 2000).

A técnica de instalação de implantes zigomáticos foi inicialmente descrita com a instalação dos implantes com posicionamento intrassinusal, posteriormente algumas variações foram propostas de acordo com a anatomia do paciente e posicionamento desejado do implante. (STELLA & WARNER 2000; MIGLIORANÇA et al., 2006).

A técnica para instalação dos implantes zigomáticos é um procedimento complexo (PADOVAN, 2008; APARICIO et al., 2014; MALÓ et al., 2015). É importante que o profissional tenha amplo conhecimento de anatomia (BRANEMARK et al., 2004), densidade e volume do osso zigomático (NKENKE et al., 2003; KATO et al., 2005; RIGOLIZZO et al., 2005) e estruturas adjacentes (PENA et al., 2008).

Softwares específicos para planejamento de implantes representam uma ferramenta importante e possibilitam uma melhor visualização espacial da relação implante-estruturas anatômicas, permitindo maior segurança e previsibilidade para instalação dos implantes zigomáticos (MORO, 2017)

O objetivo deste trabalho é propor um protocolo de planejamento virtual para a instalação de implantes zigomáticos.

Protocolo de planejamento virtual

Inicialmente devem ser realizados exames tomográficos do paciente, estes exames devem incluir as áreas da maxila e zigoma bilaterais. Para tanto é importante determinar o tamanho do FOV (campo de visão) do exame tomográfico. O FOV deve ser estendido até a sutura zigomático-frontal, possibilitando visualizar toda a extensão dos seios maxilares, e a região implantar do osso zigomático (MORO, 2017). A TCFC (Tomografia Computadorizada de Feixe Cônico) é o exame adequado para avaliação detalhadas das estruturas (CAVALCANTI et al., 2010; LIANG et al., 2010).

As imagens tomográficas obtidas devem ser inseridas em softwares de planejamento de implantes que permitem a realização de mensurações e simulação da instalação de implantes virtuais em imagens 3D (SCHIROLI et al., 2011).

O posicionamento do implante virtual deve ser realizado com base nas características anatômicas da maxila, seio maxilar e osso zigomático de cada paciente, sempre buscando um resultado protético favorável e uma ancoragem adequada. Os implantes disponíveis apresentam diâmetro de 4.4 mm no corpo e 3.9 na região do ápice, e comprimentos de 30, 35, 40, 45, 47.5, 50 e 52.5 mm. A localização do ponto de entrada da perfuração deve ser na crista alveolar na altura do pilar zigomático, região entre 2º pré-molar e 1º molar (MORO, 2017). Durante a angulação do implante deve-se levar em consideração o tipo de concavidade maxilo-sinusal que o paciente apresenta: rasa, média e acentuada (CORVELLO et al., 2010). São realizadas mensurações angulares e lineares em relação ao ângulo de inserção do implante zigomático virtual em relação ao plano mediano além de medidas de comprimento dos implantes zigomáticos virtuais. Estas medidas determinarão o tamanho do implantes recomendado e o tamanho da porção apical do implante que permanecerá em contato com o osso zigomático (ancoragem apical). Importante a determinação correta da angulação e tamanho do implante a fim de evitar danos a estruturas anatômicas importantes como a órbita e fossa infratemporal.

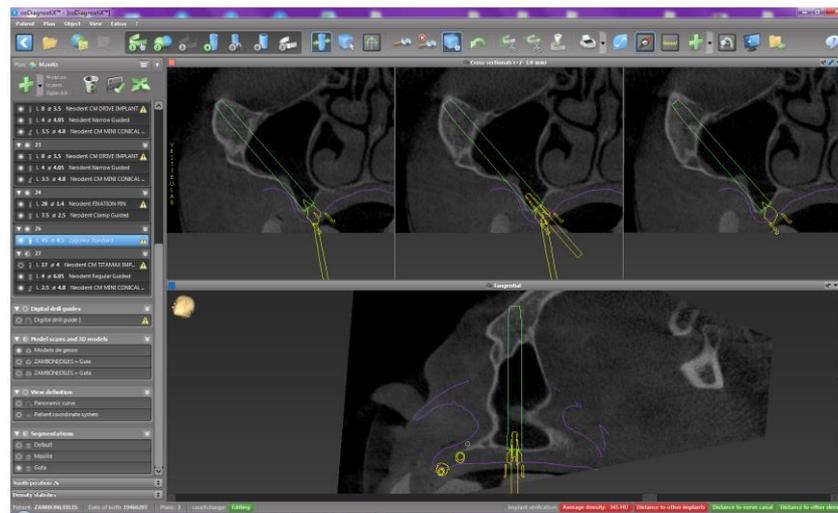


Figura 1. Verificação do posicionamento ideal do implante zigomático no software de planejamento CoDiagnostiX

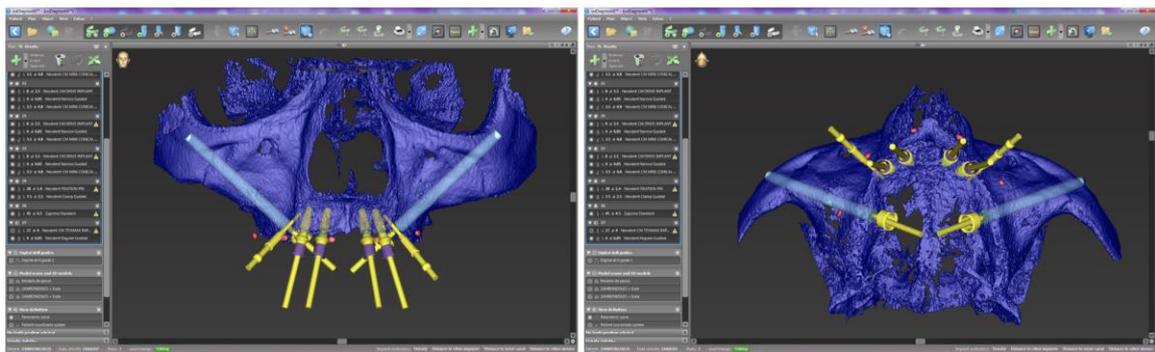


Figura 2. Posicionamento dos implantes virtuais na janela de reconstrução do software de planejamento CoDiagnostiX.

As imagens tomográficas obtidas devem ser salvas em formato DICOM, a partir destas imagens será confeccionado um biomodelo da maxila e zigomas, possibilitando maior previsibilidade cirúrgica (CUI et al., 2014) O treinamento cirúrgico pode ser realizado diretamente no biomodelo prototipado para determinação do ponto de entrada no rebordo alveolar da maxilla (mais próximo possível ao rebordo a fim de diminuir o cantilever, favorecer a higienização e dicção do paciente) e medição do comprimento do implante.

A utilização de guias cirúrgicos para a instalação de implantes zigomáticos já foi anteriormente descrita (VAN STEENBERGHE et al., 2003). Estes guias são confeccionados com base no preparo protético prévio (moldagens das arcadas, registro, montagem em

articulador semiajustável, montagem de dentes, duplicação e confecção do guia multifuncional). Estes guias serão adaptados sobre os biomodelos e servem como orientação para o trajeto da perfuração. Estes guias diferentemente dos guias cirúrgicos para implantes convencionais não são utilizados durante toda a perfuração óssea e instalação dos implantes, uma vez que ainda não estão disponíveis para compra kits de brocas para cirurgia guiada de implantes zigomáticos.

Após a cirurgia, recomenda-se a aquisição de Tomografia Computadorizada pós-operatória, para verificação do adequado posicionamento dos implantes zigomáticos.

Discussão

O uso de implantes zigomáticos em pacientes com atrofia de maxila considerado um procedimento previsível, confiável com baixos índices de complicações (BRACKMANN, 2017).

A seleção da técnica e posicionamento adequado do implante deve considerar: fatores anatômicos como: concavidade maxilo-sinusal: rasa, média e acentuada, tamanho do corpo do zigoma. Sendo recomendado o protocolo original de Branemark para maxilas severamente reabsorvida, com concavidade rasa. Nos casos de concavidades médias e acentuadas preconize-se a técnica de Stella ou Migliorança (MORO, 2017).

Através da cirurgia guiada, é possível transferir de maneira precisa o correto posicionamento dos implantes planejado no software para a cirurgia. Entretanto estes resultados não apresentam precisão absoluta, devendo ser respeitado uma margem de segurança para evitar fenestrações e dano a estruturas nobres adjacentes. É sugerido cautela em casos limítrofes (HORWITZ et al., 2009; D'HAESE et al., 2012). Para procedimentos com implantes zigomáticos o planejamento deve ser realizado com software porém o uso do guia cirúrgico durante todo o procedimento não é possível devido a impossibilidade de instrumentação.

A utilização de um software específico para planejamento de implantes possibilita uma melhor visualização espacial e a obtenção da posição ideal do implante. Sua utilização em conjunto com biomodelos e guias cirúrgicos permite uma maior segurança e previsibilidade na instalação dos implantes zigomáticos.

REFERÊNCIAS

1. Adell R, Lekholm U, Grondahl K, Branemark PI, Lindstrom J, Jacobsson M. Reconstruction of severely resorbed edentulous maxillae using osseointegrated fixtures in immediate autogenous bone grafts. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 1990;5(3):233-46.
2. Kahnberg KE, Nystrom E, Bartholdsson L. Combined use of bone grafts and Branemark fixtures in the treatment of severely resorbed maxillae. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 1989;4(4):297-304.
3. Jensen O, Nock D. Inferior alveolar nerve reposition in conjunction with placement of osseointegrated implants: a case report. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1987;63(3):263-8.
4. Weischer T, Schettler D, Mohr C. Titanium implants in the zygoma as retaining elements after hemimaxillectomy. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1997;12(2):211-4.
5. Zwahlen RA, Grätz KW, Oechslin CK, Studer SP. Survival rate of zygomatic implants in atrophic or partially resected maxillae prior to functional loading: a retrospective clinical report. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 2006;21(3):413-20.
6. Matsumoto H, Ochi M, Abiko Y, Hirose Y, Kaku T, Sakaguchi K. Pulsed electromagnetic fields promote bone formation around dental implants inserted into the femur of rabbits. *Clin Oral Implants Res*. 2000;11(4):354-60.
7. Stella JP, Warner MR. Sinus slot technique for simplification and improved orientation of zygomatic dental implants: a technical note. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 2000; 15(6):889-93.
8. Migliorança RM, Ilg JP, Serrano AS, Souza RP, Zamperlini MS. Exteriorização de fixações zigomáticas em relação ao seio maxilar: uma nova abordagem cirúrgica. *ImplantNews*. 2006;3(1):30-5.
9. Padovan LE. Técnica convencional para ancoragem em implantes zigomáticos. In: Nary Filho H, Padovan LEM. *Fixação zigomática – Uma alternativa para reabilitação em maxilas atróficas*. São Paulo: Santos; 2008. p. 101-16
10. Aparicio C, Manresa C, Francisco K, Ouazzani W, Claros P, Potau JM, Aparicio A. The long-term use of zygomatic implants: a 10-year clinical and radiographic report. *Clin Implant Dent Relat Res*. 2014;16(3):447-459.

11. Maló P, Nobre MA, Lopes A, Ferro A, Moss S. Extramaxillary surgical technique: clinical outcome of 352 patients rehabilitated with 747 zygomatic implants with a follow-up between 6 months and 7 years. *Clin Implant Dent Relat Res.* 2015;17(supp 1):e 153-62.
12. 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.* 2004;38(2):70-85.
13. Nkenke E, Hahn M, Lell M, Wiltfang J, Schultze-Mosgau S, Stech B, et al. Anatomic site evaluation of the zygomatic bone for dental implant placement. *Clin Oral Implants Res.* 2003;14(1):72-9.
14. Kato Y, Kizu Y, Tonogi M, Ide Y, Yamane GY. Internal structure of zygomatic bone related to zygomatic fixture. *J Oral Maxillofac Surg.* 2005;63(9):1325-9.
15. Rigolizzo MB, Camilli JA, Franciscone CE, Padovani CR, Brånemark PI. Zygomatic bone: anatomic bases for osseointegrated implant anchorage. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2005;20(3):441-7.
16. Pena N, Campos PS, de Almeida SM, Boscolo FN. Determination of the length of zygomatic implants through computed tomography: establishing a protocol. *Dentomaxillofac Radiol.* 2008;37(8):453-7.
17. Moro S. Estudo do osso zigomático, em cirurgias de ancoragem zigomática, com auxílio de *software* de planejamento de implantes. Tese de Mestrado apresentada no ILAPEO, 2017.
18. Cavalcanti M. Tomografia computadorizada por feixe cônico. Santos: São Paulo; 2010. Tomografia computadorizada por feixe cônico: princípios de formação da imagem, técnicas e indicações em odontologia; p. 1 - 25
19. Liang X, Jacobs R, Hassan B, Li L, Pauwels R, Corpas L, et al. A comparative evaluation of Cone Beam Computed Tomography (CBCT) and Multi-Slice CT (MSCT) Part I. On subjective image quality. *Eur J Radiol.* 2010;75(2):265-9.
20. Schiroli G, Angiero F, Zanger A, Benedicenti S, Ferrante F, Widmann G. Accuracy of a flapless protocol for computer-guided zygomatic implant placement in human cadavers: expectations and reality. *Int J Med Robotics Computed Assist Surgery.* 2016;12(1):102-08.
21. Corvello PC, Montagner A, Batista FC, Smidt R, Shinkas RS. Length of the drilling holes of zygomatic implants inserted with the standard technique or a revised method: a comparative study in dry skulls. *J Craniomaxillofac Surg.* 2010 Mar;39(2):119-23.
22. Cui J, Chen L, Guan X, Ye L, Wang H, Liu L. Surgical planning, three-dimensional model surgery and preshaped implants in treatment of bilateral craniomaxillofacial post-traumatic deformities. *J Oral Maxillofac Surg.* 2014;72(6):1138.e 1-14.
23. Van Steenberghe D, Malevez C, Van Cleynenbreugel J, Bou Serhal C, Dhoore E, Schutyser F, et al. Accuracy of drilling guides for transfer from three-dimensional CT- based planning to placement of zygoma implants in human cadavers. *Clin Oral Implants Res.* 2003 Feb;14(1):131-6.

24. Brackmann MS, Vieira R, Ribeiro Júnior PD, Sartori IAM, Padovan LEM. Avaliação da satisfação de reabilitações com implantes zigomáticos. *Rev. odontol. UNESP* [online]. 2017;46(6):357-361.
25. Horwitz J, Zuabi O, Machtei EE. Accuracy of a computerized tomography guided template assisted implant placement system: an in vitro study. *Clin Oral Implants Res.* 2009; 20(10):1156-62.
26. D'haese J, Van De Velde T, Komiyama A, Hultin M, De Bruyn H. Accuracy and complications using computer-designed stereolithographic surgical guides for oral rehabilitation by means of dental implants: a review of the literature. *Clin Implant Dent Relat Res.* 2012;14(3):321-35.