

# RESISTÊNCIA À FRATURA DA CONEXÃO MORSE FRICCIONAL CONSIDERANDO-SE ELEMENTOS FINITOS: REVISÃO DA LITERATURA

*Fracture strength of the frictional morse connection  
considering finite elements: literature review*

Eduardo dos Santos Rodrigues<sup>1</sup>

Ana Carla Menegon<sup>2</sup>

Karen Hartmann Machado<sup>2</sup>

Paula Benetti<sup>3</sup>

João Paulo De Carli<sup>3</sup>

Maria Salete Sandini Linden<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Doutorando, Universidade  
de Passo Fundo, Passo  
Fundo-RS, Brasil.

<sup>2</sup>Acadêmicas, Universidade  
de Passo Fundo, Passo  
Fundo-RS, Brasil.

<sup>3</sup>Doutor (a), Universidade  
de Passo Fundo, Passo  
Fundo-RS, Brasil.

Autor correspondente:  
Eduardo dos Santos Rodrigues  
eduardorodrigues@upf.br

Recebido em: 20/07/2020

Aceito em: 07/10/2020

RODRIGUES, Eduardo dos Santos *et al.* Resistência à fratura da conexão morse friccional considerando-se elementos finitos: revisão da literatura. *SALUSVITA*, Bauru, v. 39, n. 2, p. 549-564, 2020.

## RESUMO

Desde muito tempo os cirurgiões-dentistas buscam uma solução definitiva para os problemas funcionais e estéticos de pacientes edêntulos. Com o passar dos anos, vários sistemas de implantes dentários foram surgindo, deste modo, quando comparamos biologicamente os diferentes sistemas, a manutenção dos tecidos peri-implantares é superior no Cone Morse (CM) quando comparado com os sistemas Hexágono Interno (HI) e Hexágono Externo (HE). O objetivo deste trabalho é analisar o comportamento mecânico dos diferentes sistemas de implantes. Esta pesquisa bibliográfica em-

pregou a técnica de documentação indireta, onde se utilizou fontes secundárias de informações. Vários estudos acompanharam os diversos sistemas de implantes por até 15 anos, encontrando diversas falhas mecânicas em implantes, pilares e parafusos protéticos. Um dos primeiros estudos com implantes dentários acompanhou 1997 implantes HE por 15 anos, onde os autores encontraram a fratura, em diferentes níveis, de 3,5% dos implantes, sendo que a maioria ocorreu após 5 anos de acompanhamento, possivelmente devido à perda óssea marginal. Devido às falhas mecânicas encontradas em implantes HE, pesquisadores começaram a testar outros sistemas de conexão para se utilizar em implantes dentais. Neste estudo, conclui-se que o ideal é que o implante e a prótese sejam projetados de forma que haja uma distribuição de cargas no tecido ósseo, que pode ser conseguido através de um adequado posicionamento tridimensional do implante.

**Palavras-chave:** Implantes dentários. Resistência à fratura. Prótese dentária.

## ABSTRACT

*For a long time, dental surgeons have sought a definitive solution to the functional and aesthetic problems of edentulous patients. Several dental implant systems were developed over the years, each one with its advantages. But when the different systems are compared biologically, the maintenance of peri-implant tissues is superior in the Morse taper implant when compared with the Internal Hexagon and External Hexagon (EH) systems. The objective of this paper is to analyze the mechanical behavior of different dental implant systems. For this bibliographic search it was employed an indirect documentation technique, where it used secondary sources of information. Many studies followed the different implant systems for up to 15 years, finding several mechanical flaws in implants, abutments and prosthetic screws. One of the first studies with dental implants followed 1997 implants for 15 years, which the authors found fractures, at different levels, of 3.5% of the implants, the majority occurred after 5 years of follow-up, possibly due to marginal bone loss. To limit the mechanical failures found in EH implants, the researchers tested other connection systems to use in dental implants. In this study, is possible to conclude that the ideal is that the implant and the prosthesis are designed in such a way that there is a distribution of loads in the bone tissue, that can be*

RODRIGUES, Eduardo dos Santos *et al.* Resistência à fratura da conexão morse friccional considerando-se elementos finitos: revisão da literatura. *SALUSVITA*, Bauru, v. 39, n. 2, p. 549-564, 2020.

RODRIGUES, Eduardo dos Santos *et al.* Resistência à fratura da conexão morse friccional considerando-se elementos finitos: revisão da literatura. *SALUSVITA*, Bauru, v. 39, n. 2, p. 549-564, 2020.

*achieved through of an adequate three-dimensional adjustment of the implant.*

**Keywords:** *Dental Implants. Flexural Strength. Dental Prosthesis*

## INTRODUÇÃO

Há muito tempo os cirurgiões-dentistas buscam uma solução definitiva para os problemas funcionais e estéticos de pacientes edêntulos (GOLDBERG e GERSHKOFF, 1952). Nessa tentativa, vários sistemas de implantes dentários foram surgindo e, quando comparamos biologicamente os diferentes sistemas, a manutenção dos tecidos peri-implantares é superior no Cone Morse (CM) em relação aos sistemas Hexágono Interno (HI) e Hexágono Externo (HE) (CARICASULO *et al.*, 2018; SCHMITT *et al.*, 2014; VARISE *et al.*, 2015). Provavelmente isso ocorre devido aos melhores resultados de formação de *microgap* e selamento bacteriano do CM comparado com os outros sistemas (SCHMITT *et al.*, 2014). A transferência das tensões para os tecidos circundantes quando as cargas são aplicadas axialmente é semelhante entre os sistemas (VARISE *et al.*, 2015), porém, quando utilizada a plataforma switching, menores valores na distribuição de estresses para a região periimplantar são encontradas (LIU *et al.*, 2014; VARGAS *et al.*, 2013).

O Método de Elementos Finitos (MEF) tem sido amplamente utilizado na odontologia para avaliação do desenho do implante dental. Seus componentes oferecem potencial de avaliar e aperfeiçoar o desenho deste sem precisar passar pelos riscos e despesas de uma implantação. Além disso, oferece várias vantagens como: representação de geometrias complexas, fácil modificação do modelo e representação dos estresses internos de todas as estruturas selecionadas (LAVERNIA *et al.*, 1981)

## MATERIAS E MÉTODOS

Este estudo, categorizado como uma pesquisa bibliográfica, utilizou uma técnica de documentação indireta, onde utilizou-se fontes secundárias de informações. Para tanto, foram consultadas algumas bibliotecas virtuais como: PubMed, Biblioteca Virtual em Saúde, Medline e Scielo a partir das seguintes palavras chaves: Implantes dentários; Osseointegração; Materiais Biocompatíveis. Após a leitura dos resumos, foram selecionados os artigos com

assunto pertinente ao trabalho, eliminando os que não se contextualizavam com o tema.

## REVISÃO DE LITERATURA

### Complicações mecânicas de implantes dentais

Após 15 anos acompanhando 1997 implantes de Hexágono Externo (HE), os autores encontraram fratura em diferentes níveis (3,5% dos implantes), sendo que a maioria ocorreu após 5 anos de acompanhamento, possivelmente devido à perda óssea marginal. Foram encontradas também fraturas de parafusos protéticos em 3% dos implantes, podendo estar relacionadas à distribuição inadequada das forças e à escolha inadequada dos componentes (ADELL *et al.*, 1981). Devido às falhas mecânicas encontradas em implantes HE, pesquisadores começaram a testar outros sistemas de conexão com o objetivo de utilizar em implantes dentais. A utilização do sistema Cone Morse (CM) em implantes dentais ocorreu em 1985, adaptada da invenção de Stephen Morse que, em 1864, definiu originalmente como sendo o ângulo de 2° 50' para ferramentas (HERNIGOU; QUEINNEC e FLOUZAT LACHANIETTE, 2013). A Bicon® utilizou a conexão morse sem parafuso de 1,5° (BICON, 2019), enquanto a Ankylos® utilizou o ângulo de 5,7° com parafuso de retenção (NENTWIG, 2004), surgindo assim o conceito de plataforma switching, onde o pilar é menor que a largura da plataforma do implante devido sua conexão cônica. A partir disso, foi desenvolvido o cone Morse indexado, em que, alguns casos, foi aumentada a conicidade da conexão e reduzida a área de contato pilar implante (RIBEIRO, 2017), perdendo assim o efeito morse verdadeiro, por isso a terminologia conexão cônica é sugerida (GUERRA; FARIA e DE MELO, 2014). Nesses casos, a retenção do pilar vai ser realizada pelo parafuso protético, também chamado de parafuso passante, em que, grande parte das falhas mecânicas (afrouxamento ou fratura) acontecerá neste (LEE *et al.*, 2016) devido à concentração de tensões nas roscas iniciais do componente (RODRIGUES *et al.*, 2018).

Em um estudo coorte retrospectivo no Departamento de Cirurgia da Faculdade de Odontologia Shahid Beheshti, de 18.700 implantes, 37 deles que foram colocados, fraturaram (0,002%). O teste de correlação de Pearson não mostrou nenhuma correlação entre a idade, diâmetro do implante ou comprimento com o tempo de fratura do implante, porém, quando analisada a taxa de risco, os autores encontraram que as condições que mais influenciaram na

RODRIGUES, Eduardo dos Santos *et al.* Resistência à fratura da conexão morse friccional considerando-se elementos finitos: revisão da literatura. *SALUSVITA*, Bauru, v. 39, n. 2, p. 549-564, 2020.

RODRIGUES, Eduardo dos Santos *et al.* Resistência à fratura da conexão morse friccional considerando-se elementos finitos: revisão da literatura. *SALUSVITA*, Bauru, v. 39, n. 2, p. 549-564, 2020.

fratura de implantes foram a prótese parafusada ao pilar e a forma cônica do implante dentário, além disso, encontraram uma maior incidência de fraturas na região de molares e pré-molares (TABRIZI *et al.*, 2017).

Em um acompanhamento prospectivo por 12 anos de 1289 implantes colocados no Hospital Dentário da Universidade Nacional de Seul, foi encontrada a fratura, em implantes HI, de 8 parafusos protéticos (1,6%), 40 pilares (8,2%) e 5 implantes (1,0%); e em implantes HE, de 16 parafusos protéticos (2,0%), 1 pilar (0,1%) e 2 implantes (0,3%). Dessa forma, o componente que mais fraturou em implantes HI foi o pilar, enquanto no HE o componente que mais fraturou foi o parafuso protético. A região maxilar posterior foi a que mais apresentou fraturas de componentes HI (10,8%), e a região maxilar anterior nos HE (5,9%). Com relação ao tamanho da plataforma, em HE ocorreu um maior número de fraturas de componentes em implantes estreitos, enquanto no HI ocorreu em plataforma regular (YI *et al.*, 2018).

### **Avaliação da resistência mecânica de implantes cone Morse**

Com o desenvolvimento da conexão morse na implantodontia em 1985, uma grande quantidade de possibilidades surgiu, assim como grandes questionamentos, por isso, os primeiros estudos clínicos com implantes CM não recomendavam o uso em casos unitários, e até o começo dos anos 2000 não era recomendado o uso de carga imediata sobre esses implantes, somente em casos de all-on-4 mandibular. Nesses estudos iniciais, os autores encontraram 1,3% de afrouxamento do pilar, mesmo com 10% de pacientes bruxômanos (WEIGL, 2004).

Diversos estudos foram realizados com sistema Leone<sup>®</sup>, que possui o CM friccional de 1,5°, com diâmetros 3,3, 4,1 e 4,8 mm, e alturas de 8, 10, 12 e 14 mm. Em uma avaliação por 4 anos de 1920 implantes, os autores encontraram o afrouxamento de 2 pilares (0,65%) reabilitados com coroas protéticas unitárias na região de molar (MANGANO *et al.*, 2009). Em um estudo similar, os autores acompanharam por 6 anos 2549 implantes, encontrando o afrouxamento de 2 pilares (0,37%) reabilitados com coroas protéticas unitárias (MANGANO *et al.*, 2011). Em outro estudo, 1494 implantes do mesmo sistema foram avaliados por 10 anos, em que 3 pilares (0,6%) reabilitados com coroas protéticas unitárias afrouxaram no primeiro ano (MANGANO *et al.*, 2014b). Ao analisar 324 implantes estrei-

tos (3,3 mm) por 10 anos, foi encontrado o afrouxamento de 1 pilar (0,3%) reabilitado com cora protética unitária em um molar inferior (MANGANO *et al.*, 2014c), sendo encontrado o mesmo resultado (0,45%) após acompanhar 215 implantes curtos (8mm) pelo mesmo período de 10 anos (MANGANO *et al.*, 2014a), da mesma forma após acompanhar 68 implantes (1,5%) extra-curtos (6,5 mm) por 5 anos (MANGANO *et al.*, 2016).

Em outro estudo com 57 implantes de carga imediata encontraram o afrouxamento de 3 pilares (5%) em 2 anos de acompanhamento (MANGANO *et al.*, 2017), encontrando o mesmo resultado quando acompanharam 594 implantes (0,5%) por 11 anos (MANGANO *et al.*, 2018). Todos os pilares frouxos encontrados nos estudos foram recolocados e não voltaram a soltar. Em todos os estudos, não foi registrado nenhum afrouxamento dos pilares das próteses parciais fixas e nem das próteses totais fixas, assim como nenhuma fratura de implante ou de pilar.

## **Influência da altura e angulação do pilar nas falhas mecânicas em implantes Cone Morse**

Para avaliar a resistência compressiva de pilares CM Neodent<sup>®</sup> parafusados com 6 mm de altura protética, dois diferentes diâmetros do pilar e duas alturas de transmucoso foram utilizados: 1) 4,5 x 2,5 mm; 2) 4,5 x 3,5 mm; 3) 3,3 x 2,5 mm; e 4) 3,3 x 3,5 mm, colocados sobre implantes CM indexados de 3,5 mm de diâmetro x 13 mm de comprimento. Após o teste, todos os pilares apresentaram deformação permanente na região superior e na porção transmucosa, mas sem afetar as roscas dos parafusos. Fraturas foram identificadas somente nos grupos com diâmetro 3,3 mm, enquanto o pilar 4,5 x 2,5 mm foi o que apresentou melhor comportamento mecânico e resistência compressiva (LILLO *et al.*, 2015).

Em um estudo que comparou a resistência à fadiga do pilar reto sólido (3,3 x 6 x 3,5 mm) e do pilar angulado com parafuso passante (3,3 x 6 x 3,5 mm, 17° de angulação) instalados em implantes CM parafusados de 3,75 x 11 mm (Neodent<sup>®</sup>), 26 pilares foram testados. Dos pilares avaliados, 13 fraturaram abaixo dos cinco milhões de ciclos estabelecidos, sendo 8 pilares retos e 5 cinco angulados, localizando-se predominantemente na altura da quarta rosca do parafuso protético, que coincide com a rosca interna do componente CM e o início do espaço vazio no interior do conjunto. Porém, não houve diferença estatística na resistência à fratura entre pilares angulados em 17° e pilares retos (SANTOS *et al.*, 2015).

RODRIGUES, Eduardo dos Santos *et al.* Resistência à fratura da conexão morse friccional considerando-se elementos finitos: revisão da literatura. *SALUSVITA*, Bauru, v. 39, n. 2, p. 549-564, 2020.



RODRIGUES, Eduardo dos Santos *et al.* Resistência à fratura da conexão morse friccional considerando-se elementos finitos: revisão da literatura. *SALUSVITA*, Bauru, v. 39, n. 2, p. 549-564, 2020.

## Método de Elementos Finitos (MEF)

A principal dificuldade de simular o comportamento mecânico dos implantes dentais é a modelagem do tecido ósseo humano e sua resposta à aplicação de uma força mecânica. Para que a simulação numérica seja possível, a caracterização mecânica do osso é feita de forma simplificada. Muitos estudos realizam a representação da geometria óssea através da transformação de imagens 2D ou 3D, como tomografia computadorizada ou imagem de ressonância magnética, diretamente em malha de MEF. Com relação às propriedades do material, normalmente, assume-se que tanto o osso cortical como o esponjoso são materiais homogêneos, lineares e de comportamento isotrópico, ou seja, as propriedades são as mesmas em todas as direções, tendo um comportamento elástico caracterizado por 2 constantes, módulo de Young e pelo coeficiente de Poisson. Tensões situadas entre 1,4 e 5 MPa são recomendadas para uma manutenção saudável do osso, sendo que acima disso pode ser causada reabsorção óssea. A condição de contorno normalmente utilizada para a mandíbula é fixa, e a representação de distâncias maiores que 4,2 mm mesialmente ou distalmente ao implante não resultam em um aumento significativo na precisão do MEF. Além disso, a interface osso-implante é normalmente considerada *bonded*, assumindo um estado de ótima osseointegração, em que um tamanho de elemento de 300 µm tem se mostrado válido (GENG; TAN e LIU, 2001).

Em uma comparação da resistência à fadiga de implantes HI e HE, utilizou-se o método *step stress* e o MEF. Os desenhos dos implantes, pilares e parafusos protéticos utilizados foram confeccionados pelos pesquisadores no programa modelador 3D para que tivessem desenho similar, diferenciando-se somente pela conexão, para então serem fabricados com titânio tipo 4. Os mesmos desenhos 3D foram utilizados para o MEF (Solidworks 2011), sendo que os implantes foram inseridos com a plataforma 3 mm acima das bases de 35 x 2 x 27 mm e de 35 x 25 x 27 mm, que simularam os ossos cortical e esponjoso, respectivamente. Além disso, a porção inferior e lateral da base foi restringida nas 3 direções, e a carga de 20 N foi aplicada no topo do pilar em um ângulo de 30° com relação ao longo eixo do implante. Os ângulos entre a plataforma do implante e as direções dos vetores de deslocamento que corresponderiam à fratura da plataforma foram medidos pelo programa ImageJ. Na análise de *Weibull* encontrou-se uma maior confiabilidade para os implantes HI, assim como, na distribuição dos vetores de deslocamento, encontrou-se ângulos das linhas de rachadura maiores para os implantes HE. Comparando-se os ângulos formados pela direção dos vetores de deslocamento e a

plataforma do implante encontrados nos testes *in vitro* e nos elementos finitos, não foi encontrada diferença entre os dois testes, porém houve diferença quando se comparou os dois sistemas de implante. Os resultados encontrados sugerem que a utilização dos vetores de deslocamento tem um potencial para prever aonde se iniciará a trinca nos implantes dentários (YAMAGUCHI *et al.*, 2018).

Dâmaso *et al.*, (2019) analisaram a distribuição de tensões e deslocamentos de implantes cônicos do tipo *cone morse* com 3,5 mm de diâmetro e pilares com 4,8 mm e 3,8 mm de diâmetro, submetidos a carregamentos de compressão (100 N e 200 N) no sentido vertical para baixo (eixo-Y), inclinados a 20° e 45° com base de aço inoxidável e osso cortical via MEF. Como resultados, encontraram que: as tensões máximas de Von Mises apresentaram valores superiores para geometrias com inclinação de 45° e carregamento de 200 N. Verificou-se ainda que os implantes submetidos ao carregamento de 100 N a 45° apresentaram valores superiores (574,16 MPa), quando comparado com dados da literatura, com diferença de 8,7%. O mesmo pôde ser verificado para resultados de deslocamento, onde o conjunto de implantes-pilares com inclinação maior (45°) apresentou maiores valores, quando comparados com implantes-pilares com inclinação menor (20°).

## DISCUSSÃO

Para evitar um carregamento excessivo e o insucesso do tratamento, o ideal é que o implante e a prótese sejam projetados de maneira que haja uma distribuição de cargas no tecido ósseo, possibilitando o estabelecimento de um adequado posicionamento tridimensional do implante (TABUSE; CORREA e VAZ, 2014). Mecanicamente falando, pode-se dizer que problemas como afrouxamento de parafuso e até fratura de implantes poderão ocorrer devido ao excesso de carga (MENDONÇA, 2009; DA SILVA *et al.*, 2020). Além disso, leva-se em consideração uma oclusão equilibrada, pois se houver uma força oclusal demasiada, extrema, o implante e a estrutura óssea poderão sofrer um alto nível de estresse, possibilitando a ocorrência de complicações, como: fratura de componentes, reabsorções ósseas e afrouxamento de parafuso (GONÇALVES *et al.*, 2010).

Em estudos com MEF, encontrou-se que a distribuição de tensões em implantes largos é mais favorável que em implantes mais estreitos, havendo redução da tensão no osso cortical com o aumento da largura do implante tanto com carregamento vertical como horizontal (GENG; TAN e LIU, 2001; HIMMLOVA *et al.*, 2004). Quando

RODRIGUES, Eduardo dos Santos *et al.*  
Resistência à fratura da conexão morse friccional considerando-se elementos finitos: revisão da literatura. *SALUSVITA*, Bauru, v. 39, n. 2, p. 549-564, 2020.



RODRIGUES, Eduardo dos Santos *et al.* Resistência à fratura da conexão morse friccional considerando-se elementos finitos: revisão da literatura. *SALUSVITA*, Bauru, v. 39, n. 2, p. 549-564, 2020.

a condição óssea é boa, o comprimento e a largura do implante não são fatores determinantes para o sucesso da reabilitação, porém, se a condição óssea é pobre deve-se evitar implantes curtos e estreitos. As forças oclusais são dissipadas primeiramente na crista óssea (GENG; TAN e LIU, 2001; KAYABAŞI; YÜZBASIOĞLU e ERZINCANLI, 2006), e na ausência de osso cortical a tensão na interface implante/osso é aumentada, tornando-se ainda mais prejudicial na presença de bruxismo (GENG; TAN e LIU, 2001). A presença de 2 ou mais contatos na prótese sobre implante aumentou as tensões von Mises na superfície oclusal e reduziu a tensão no osso em torno do implante, quando comparado com apenas 1 contato na superfície oclusal da prótese (ESKITASCIÖGLU *et al.*, 2004).

Se tratando da influência da conexão implante-pilar nos desfechos com os pilares de metal e de cerâmica, encontrou-se estudos de falhas com 5 anos sobre implantes HE e HI, em que nas coroas unitárias foi encontrada uma diferença significativa no afrouxamento de pilares e parafusos protéticos em implantes HE, e um lascamento maior de cerâmicas sobre implantes HI. Nas pontes fixas implantossuportadas em implantes HE foi encontrada uma diferença significativa nas fraturas de pilares ou parafusos protéticos comparado com os implantes HI. Com relação ao material dos pilares, a fratura de pilares cerâmicos foi significativamente maior que a dos pilares metálicos, porém, foi encontrada uma diferença significativa no afrouxamento de parafusos protéticos dos pilares metálicos comparado com os pilares cerâmicos. Com relação à posição dos implantes, a fratura de pilares e das coroas cerâmicas, assim como o afrouxamento de parafusos protéticos foi significativamente maior na área anterior que na área posterior (PJETURSSON *et al.*, 2018).

Outro estudo, comparou a resistência à fratura das conexões HE, HI e CM parafusado da marca Implacil® de Bortoli, utilizando o teste de fadiga acelerado *step-stress* (SSALT) com as forças 100 e 150 N em 50.000 e 100.000 ciclos. Através da análise de Weibull, os pesquisadores puderam concluir que quando utilizado 150 N em 50.000 ciclos, e 100 e 150 N em 100.000 ciclos, houve uma redução significativa na chance de sobrevivência dos implantes HE e HI com diâmetro 3,5 mm quando comparado com o diâmetro de 4,0 mm, porém, não teve diferença estatística quando o implante CM de 3,5 mm foi comparado com o de 4,0 mm. Dessa forma, os implantes CM se mostraram com maior confiabilidade quando comparados com o mesmo diâmetro dos outros sistemas (FREITAS *et al.*, 2016).

Em uma comparação entre os sistemas HE, HI e CM com os respectivos pilares para verificar a microinfiltração no espaço formado entre o implante e o pilar, assim como o afrouxamento do parafuso

protético, foram utilizados implantes de 5 x 15 mm em todos os sistemas (n = 7). Uma carga de 10 N foi aplicada por 2000 ciclos em um cantilever de 20 mm anexado ao pilar para simular um carregamento de deslocamento não-axial sobre o complexo implante-pilar. Durante o experimento, 1 parafuso protético (HE) e 2 (HI) fraturaram de 7 amostras. Após os 2000 ciclos de carregamento, o torque de 35 N aplicado ao parafuso protético foi analisado e não foi encontrada diferença estatística entre os grupos, porém a microinfiltração do CM foi significativamente menor comparada com os implantes HE e HI (TSURUTA *et al.*, 2018).

Com relação à fratura de pilares, 178 implantes CM friccional da Mac System<sup>®</sup> foram acompanhados por 20 anos, encontrando uma fratura de pilar (1,8%) (MANGANO *et al.*, 2015), porém, ao acompanhar 450 implantes CM parafusado Ankylos<sup>®</sup> por 8 anos, encontrou-se o afrouxamento de 10 parafusos do pilar (2,2%) e 10 pilares fraturados (2,2%), onde houve a fratura dos respectivos parafusos protéticos. A fratura de 8 pilares ocorreu nos primeiros 5 anos, e devido à dificuldade de se remover os componentes fraturados de dentro do implante, 4 fixações acabaram falhando. Dentre as variáveis gênero, idade, comprimento e diâmetro do implante, posição na arcada e se foi realizado enxerto ósseo, foi encontrada diferença estatística na fratura de pilares, sendo maior em pacientes de meia-idade (40-65 anos) comparado com jovens e idosos, na posição molar comparada com pré-molares e região anterior, e em implantes nos diâmetros 4,5 e 5,5 mm comparado com implantes 3,5 mm. Não foi encontrada uma explicação definitiva da relação entre diâmetro do implante e fratura do pilar, em que os autores acreditam que a junção implante-pilar pode apresentar uma maior resistência à sobrecarga vertical em implantes de pequeno diâmetro (SHIM e YANG, 2015).

Em uma avaliação da biomecânica dos implantes imediatos, antes e depois da osseointegração, comparou-se três tipos diferentes de conexões implante-pilar. Um modelo computacional de elementos finitos baseado na tomografia computadorizada de um alvéolo de extração da região de incisivo central superior foi construído contendo implantes com conexão Hexágono Externo, Interno e Cone Morse. Elementos de contato de atrito foram utilizados nas interfaces osso, implante, pilar e parafuso de fixação do pilar. As magnitudes de carga tiveram uma contribuição significativa, independentemente da variável avaliada. A maior influência do tipo de conexão foi percebido no pico de estresse do parafuso do pilar. No entanto, uma grande influência dos diferentes tipos de conexão sobre a tensão no osso também foi notada. Os autores concluíram que o desenho da conexão não influenciou de maneira significativa no ambiente biome-

RODRIGUES, Eduardo dos Santos *et al.*  
Resistência à fratura da conexão morse friccional considerando-se elementos finitos: revisão da literatura. *SALUSVITA*, Bauru, v. 39, n. 2, p. 549-564, 2020.

RODRIGUES, Eduardo dos Santos *et al.* Resistência à fratura da conexão morse friccional considerando-se elementos finitos: revisão da literatura. *SALUSVITA*, Bauru, v. 39, n. 2, p. 549-564, 2020.

cânico dos implantes imediatos, além disso, evitar a sobrecarga do implante e garantir uma estabilidade intraóssea inicial são os parâmetros mais relevantes para a obtenção de um ambiente biomecânico seguro neste protocolo (PESSOA *et al.*, 2010).

## CONCLUSÃO

Percebe-se que o ideal é que o implante e a prótese sejam projetados de forma que haja uma distribuição de cargas no tecido ósseo, possibilitando o estabelecimento de um adequado posicionamento tridimensional do implante.

É importante destacar que o excesso de carga pode gerar problemas como afrouxamento do parafuso e até mesmo fratura do implante dentário. Além do mais, a oclusão dentária deve estar equilibrada a fim de evitar fratura de componentes, reabsorções ósseas e afrouxamento de parafuso.

## REFERÊNCIAS

- ADELL, R.; LEKHOLM, U.; ROCKLER, B.; BRÅNEMARK, P.-I. A 15-year study of osseointegrated implants in the treatment of the edentulous jaw. **International Journal of Oral Surgery**, v. 10, n. 6, p. 387–416, 1981.
- BICON. **História do implante Bicon**. Disponível em: <[https://www.bicon.com/pdf/Bicon\\_History.pdf](https://www.bicon.com/pdf/Bicon_History.pdf)>. Acesso em: 19 mar. 2019.
- CARICASULO, R.; MALCHIODI, L.; GHENSI, P.; FANTOZZI, G.; CUCCHI, A. The influence of implant-abutment connection to peri-implant bone loss: A systematic review and meta-analysis. **Clinical implant dentistry and related research**, v. 20, n. 4, p. 653–664, ago. 2018.
- DA SILVA, R. M. M.; ROLIM, A. K. A.; DELGADO, L. A.; SOUSA, J. T.; RIBEIRO, R. A.; RODRIGUES, R. D. Q. F.; RODRIGUES, R. A. Cone morse x external hexagon, advantages and disadvantages in the clinical aspect: literature review. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 7, p. 454973947, 2020.
- DÂMASO, M. A. M.; SANTOS, A. A. R.; MAGALHÃES, R. R.; FONSECA, D. C. Análise de tensões pelo método dos elementos finitos em implantes dentários com plataforma cone morse. **Revista da Faculdade de Odontologia-UPF**, v. 24, n. 3, p. 340-349, 2019.
- 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. **The Journal of prosthetic dentistry**, v. 91, n. 2, p. 144–150, 2004.
- FREITAS, G.; HIRATA, R.; BONFANTE, E.; TOVAR, N.; COELHO, P. Survival Probability of Narrow and Standard-Diameter Implants with Different Implant-Abutment Connection Designs. **The International Journal of Prosthodontics**, v. 29, n. 2, p. 179–185, fev. 2016.
- GENG, J. P.; TAN, K. B.; LIU, G. R. Application of finite element analysis in implant dentistry: a review of the literature. **The Journal of prosthetic dentistry**, v. 85, n. 6, p. 585–98, 2001.
- GOLDBERG, N. I.; GERSHKOFF, A. Fundamentals of the implant denture. **The Journal of Prosthetic Dentistry**, v. 2, n. 1, p. 40–48, 1952.
- GONÇALVES, A. R. D. Q.; TEIXEIRA, M. S.; MATTOS, F. R. D.; BARROS, M. B.; MOTTA, S. H. G. Comportamento biomecânico RODRIGUES, Eduardo dos Santos *et al.* Resistência à fratura da conexão morse friccional considerando-se elementos finitos: revisão da literatura. **SALUSVITA**, Bauru, v. 39, n. 2, p. 549-564, 2020.

RODRIGUES, Eduardo dos Santos *et al.* Resistência à fratura da conexão morse friccional considerando-se elementos finitos: revisão da literatura. *SALUSVITA*, Bauru, v. 39, n. 2, p. 549-564, 2020.

de implantes de hexágono interno e externo. **RGO. Revista Gaúcha de Odontologia**, v. 58, n. 3, p. 327-332, 2010.

GUERRA, E.; FARIA, R.; DE MELO, R. M. Conexões cônicas versus cone-morse. **ImplantNewsPerio**, 15 set. 2014.

HERNIGOU, P.; QUEINNEC, S.; FLOUZAT LACHANINETTE, C. H. One hundred and fifty years of history of the Morse taper: from Stephen A. Morse in 1864 to complications related to modularity in hip arthroplasty. **International Orthopaedics**, v. 37, n. 10, p. 2081–2088, out. 2013.

HIMMLOVA, L.; DOSTÁLOVÁ, T.; KÁCOVSKÝ, A, S. Influence of implant length and diameter on stress distribution: a finite element analysis. **The Journal of prosthetic dentistry**, v. 91, n. 1, p. 20–25, 2004.

KAYABAŞI, O.; YÜZBASIOĞLU, E.; ERZINCANLI, F. Static, dynamic and fatigue behaviors of dental implant using finite element method. **Advances in Engineering Software**, v. 37, n. 10, p. 649–658, 2006.

LAVERNIA, C. J.; COOK, S. D.; WEINSTEIN, A. M.; KLAWITTER, J. J. An analysis of stresses in a dental implant system. **Journal of Biomechanics**, v. 14, n. 8, p. 555–560, 1981.

LEE, J.-H.; LEE, J.-B.; KIM, M.-Y.; YOON, J.-H.; CHOI, S.-H.; KIM, Y.-T. Mechanical and biological complication rates of the modified lateral-screw-retained implant prosthesis in the posterior region: an alternative to the conventional Implant prosthetic system. **The Journal of Advanced Prosthodontics**, v. 8, n. 2, p. 150–157, abr. 2016.

LILLO, R.; PARRA, C.; FUENTES, R.; BORIE, E.; ENGELKE, W.; BELTRÁN, V. Compressive Resistance of Abutments with Different Diameters and Transmucosal Heights in Morse-Taper Implants. **Brazilian Dental Journal**, v. 26, n. 2, p. 156–159, abr. 2015.

LIU, S.; TANG, C.; YU, J.; DAI, W.; BAO, Y.; HU, D. The effect of platform switching on stress distribution in implants and periimplant bone studied by nonlinear finite element analysis. **The Journal of prosthetic dentistry**, v. 112, n. 5, p. 1111–1118, 2014.

MANGANO, C. *et al.* Prospective Evaluation of 2,549 Morse Taper Connection Implants: 1- to 6-Year Data. **Journal of Periodontology**, v. 82, n. 1, p. 52–61, 2011.

MANGANO, C.; MANGANO, F.; PIATTELLI, A.; IEZZI, G.; MANGANO, A.; LA COLLA, L. Prospective clinical evaluation of 1920 Morse taper connection implants: results after 4 years of

functional loading. **Clinical Oral Implants Research**, v. 20, n. 3, p. 254–261, mar. 2009.

MANGANO, C.; RAES, F.; LENZI, C.; ECCELLENTE, T.; ORTO-LANI, M.; LUONGO, G.; MANGANO, F. Immediate Loading of Single Implants: A 2-Year Prospective Multicenter Study. **The International Journal of Periodontics & Restorative Dentistry**, v. 37, n. 1, p. 69–78, fev. 2017.

MANGANO, F.; FREZZATO, I.; FREZZATO, A.; VERONESI, G.; MORTELLARO, C.; MANGANO, C. The Effect of Crown-to-Implant Ratio on the Clinical Performance of Extra-Short Locking-Taper Implants: **Journal of Craniofacial Surgery**, v. 27, n. 3, p. 675–681, maio 2016.

MANGANO, F. G.; SHIBLI, J. A.; SAMMONS, R. L.; IACULLI, F.; PIATTELLI, A.; MANGANO, C. Short (8-mm) locking-taper implants supporting single crowns in posterior region: a prospective clinical study with 1-to 10-years of follow-up. **Clinical Oral Implants Research**, v. 25, n. 8, p. 933–940, 2014a.

MANGANO, F.; LUCCHINA, A. G.; BRUCOLI, M.; MIGLIARIO, M.; MORTELLARO, C.; MANGANO, C. Prosthetic Complications Affecting Single-Tooth Morse-Taper Connection Implants: **Journal of Craniofacial Surgery**, p. 1, mar. 2018.

MANGANO, F.; MACCHI, A.; CAPRIOGLIO, A.; SAMMONS, R. L.; PIATTELLI, A.; MANGANO, C. Survival and Complication Rates of Fixed Restorations Supported by Locking-Taper Implants: A Prospective Study with 1 to 10 Years of Follow-Up. **Journal of Prosthodontics**, v. 23, n. 6, p. 434–444, 2014b.

MANGANO, F.; SHIBLI, J. A.; SAMMONS, R. L.; VERONESI, G.; PIATTELLI, A.; MANGANO, C. Clinical Outcome of Narrow-Diameter (3.3-mm) Locking-Taper Implants: A Prospective Study with 1 to 10 Years of Follow-up. **The International Journal of Oral & Maxillofacial Implants**, v. 29, n. 2, p. 448–455, 2014c.

MENDONÇA, G.; MENDONÇA, D. B. S.; FERNANDES-NETO, A. J.; NEVES, F. D. Management of fractures dental implants: a case report. **Implant Dentistry**, v. 18, n. 1, p. 10-16, 2009.

NENTWIG, G.-H. The Ankylos Implant System: Concept and Clinical Application. **Journal of Oral Implantology**, v. 30, n. 3, p. 171–177, jun. 2004.

PESSOA R. S.; MURARU, L.; JÚNIOR, E. M.; VAZ, L. G.; SLO-TEN, J. V.; DUYCK, J.; JAECQUES, S. V. Influence of implant connection type on the biomechanical environment of immediately

RODRIGUES, Eduardo dos Santos *et al.* Resistência à fratura da conexão morse friccional considerando-se elementos finitos: revisão da literatura. *SALUSVITA*, Bauru, v. 39, n. 2, p. 549-564, 2020.



RODRIGUES, Eduardo dos Santos *et al.* Resistência à fratura da conexão morse friccional considerando-se elementos finitos: revisão da literatura. *SALUSVITA*, Bauru, v. 39, n. 2, p. 549-564, 2020.

placed implants—CT-based nonlinear, three-dimensional finite element analysis. **Clinical implant dentistry and related research**, v. 12, n. 3, p. 219-234, 2010.

PJETURSSON, B. E.; ZARAUZ, C.; STRASDING, M.; SAILER, I.; ZWAHLEN, M.; ZEMBIC, A. A systematic review of the influence of the implant-abutment connection on the clinical outcomes of ceramic and metal implant abutments supporting fixed implant reconstructions. **Clinical Oral Implants Research**, v. 29, n. 18, p. 160–183, 2018.

RIBEIRO, L. R. O. **AVALIAÇÃO DA INTERFACE PROTÉTICA PILAR-IMPLANTE DE CONEXÕES CÔNICAS POR TÉCNICA DE MICROTOMOGRÁFIA 3D**. Dissertação de Mestrado—Vitória: Universidade Federal do Espírito Santo, 2017.

RODRIGUES, E. D. S.; BENETTI, P.; CARLI, J. P. D.; PARANHOS, L. R.; SANTOS, P. L.; LINDEN, M. S. A Comparison of Torque Stress on Abutment Screw of External Hexagon and Morse Taper Implant. **The Journal of Contemporary Dental Practice**, v. 19, n. 11, p. 1306–1311, 1 nov. 2018.

SANTOS, V. T. DE G.; TRENTO, C. L.; SANTOS, P. R. S.; SIQUEIRA, A. DOS S.; SANTOS, S. V. DOS; GRIZA, S. Análise da resistência à fratura entre pilares retos e angulados do sistema cone Morse. **Revista de Odontologia da UNESP**, v. 44, n. 2, p. 67–73, abr. 2015.

SCHMITT, C. M.; NOGUEIRA-FILHO, G.; TENENBAUM, H. C.; LAI, J. Y.; BRITO, C.; DÖRING, H.; NONHOFF, J. Performance of conical abutment (Morse Taper) connection implants: A systematic review: Performance of Conical Implant-Abutment Connection Systems. **Journal of Biomedical Materials Research Part A**, v. 102, n. 2, p. 552–574, fev. 2014.

SHIM, H. W.; YANG, B.-E. Long-term cumulative survival and mechanical complications of single-tooth Ankylos Implants: focus on the abutment neck fractures. **The Journal of Advanced Prosthodontics**, v. 7, n. 6, p. 423–430, dez. 2015.

TABRIZI, R.; BEHNIA, H.; TAHERIAN, S.; HESAMI, N. What Are the Incidence and Factors Associated With Implant Fracture? **Journal of Oral and Maxillofacial Surgery: Official Journal of the American Association of Oral and Maxillofacial Surgeons**, v. 75, n. 9, p. 1866–1872, set. 2017.

TABUSE, H. E.; CORRÊA, C. B.; VAZ, L. G. Mechanical behavior of prostheses/implant system in the anterior region of maxilla: analy-

sis by the method of cycling mechanics. **Revista de Odontologia da UNESP**, v. 43, n. 1, p. 46-51, 2014.

TSURUTA, K.; AYUKAWA, Y.; MATSUZAKI, T.; KIHARA, M.; KOYANO, K. The influence of implant–abutment connection on the screw loosening and microleakage. **International Journal of Implant Dentistry**, v. 4, n. 1, dez. 2018.

VARGAS, L. C. M.; DE ALMEIDA, E. O.; ROCHA, E. P.; KINA, S.; ANCHIETA, R. B.; JÚNIOR, A. C. F.; FRANÇA, F. M. G. Regular and Switching Platform: Bone Stress Analysis With Varying Implant Diameter. **Journal of Oral Implantology**, v. 39, n. 3, p. 326–331, jun. 2013.

VARISE, C. G.; ABI-RACHED, F. O.; MESSIAS, A. M.; DAS NEVES, F. D.; SEGALLA, J. C. M.; REIS, J. M. D. S. N. Sistema Cone Morse e utilização de pilares com plataforma switching. **Revista Brasileira de Odontologia**, v. 72, n. 1/2, p. 56–61, 4 jan. 2015.

WEIGL, P. New Prosthetic Restorative Features of the Ankylos Implant System. **Journal of Oral Implantology**, v. 30, n. 3, p. 178–188, jun. 2004.

YAMAGUCHI, S. et al. In vitro fatigue tests and in silico finite element analysis of dental implants with different fixture/abutment joint types using computer-aided design models. **Journal of Prosthodontic Research**, v. 62, n. 1, p. 24–30, jan. 2018.

YI, Y.; KOAK, J.-Y.; KIM, S.-K.; LEE, S.-J.; HEO, S.-J. Comparison of implant component fractures in external and internal type: A 12-year retrospective study. **The Journal of Advanced Prosthodontics**, v. 10, n. 2, p. 155–162, abr. 2018.

RODRIGUES, Eduardo dos Santos *et al.* Resistência à fratura da conexão morse friccional considerando-se elementos finitos: revisão da literatura. **SALUSVITA**, Bauru, v. 39, n. 2, p. 549-564, 2020.