

RESSALVA

Atendendo solicitação do(a)
autor(a), o texto completo desta tese
será disponibilizado somente a partir
de 10/09/2021.



UNESP - Universidade Estadual Paulista
“Júlio de Mesquita Filho”
Faculdade de Odontologia de Araraquara



Luís Carlos Leal Santana

**Avaliação mecânica de diferentes configurações do conceito All-on-4 em
mandíbulas atróficas: análise tridimensional por elementos finitos**

Araraquara

2019



UNESP - Universidade Estadual Paulista
“Júlio de Mesquita Filho”
Faculdade de Odontologia de Araraquara



Luís Carlos Leal Santana

**Avaliação mecânica de diferentes configurações do conceito All-on-4 em
mandíbulas atróficas: análise tridimensional por elementos finitos**

Tese apresentada à Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Odontologia, Araraquara, para obtenção de título de Doutor em Odontologia, na área de Implantodontia

Orientador: Prof. Dr. Luis Geraldo Vaz

Coorientador: Prof. Dr. Fernando Pozzi Semeghini Guastaldi

Araraquara
2019

Santana, Luís Carlos Leal

Avaliação mecânica de diferentes configurações do conceito All-on-4 em mandíbulas atroficas: análise tridimensional por elementos finitos / Luís Carlos Leal Santana. -- Araraquara: [s.n.], 2019

82 f. ; 30 cm.

Tese (Doutorado em Odontologia) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Odontologia

Orientador: Prof. Dr. Luis Geraldo Vaz

Coorientador: Prof. Dr. Fernando Pozzi Semeghini
Guastaldi

1. Implantação dentária 2. Estresse mecânico
3. Análise de elementos finitos 4. Prótese dentária fixada por implante I. Título

Luís Carlos Leal Santana

**Avaliação mecânica de diferentes configurações do conceito All-on-4 em
mandíbulas atróficas: análise tridimensional por elementos finitos**

Comissão julgadora

Tese para a obtenção de Grau de Doutor em Odontologia

Presidente e orientador: Prof. Dr. Luis Geraldo Vaz

2º Examinador: Prof. Dr. Francisco Mollo de Assis Junior

3º Examinador: Prof. Dr. Valfrido Antonio Pereira Filho

4º Examinador: Pesquisador Dr. Pedro Yoshito Noritomi

5º Examinador: Prof. Dr. Rogério Margonar

Araraquara, 10 de setembro de 2019.

DADOS CURRICULARES

Luís Carlos Leal Santana

NASCIMENTO: 18 de Outubro de 1987 – Manaus – Amazonas

FILIAÇÃO: Luiz Carlos Lopes Santana e Ana Batista Leal

2007/2011 – Graduação em Odontologia – Universidade Paulista, Manaus - AM

2011/2013 – Pós-graduação (*lato sensu*) em Implantodontia – Associação Brasileira de Cirurgiões-Dentistas, Manaus - AM

2014/2016 – Pós-graduação (*stricto sensu*) em Odontologia, área de concentração em Periodontia – Universidade Estadual Paulista, Araraquara - SP

2017/2019 – Pós-graduação (*lato sensu*) em Periodontia – Universidade Estadual Paulista, Araraquara - SP

Dedico este trabalho,

À **Deus**. Força infinita que rege as leis naturais de todo o Universo, as quais estão distantes da compreensão do ser humano. Este trabalho é apenas um pequeno grão de areia frente à tua grandeza.

Aos meus pais, **Luiz Carlos Lopes Santana** e **Ana Batista Leal**, que me conceberam com todo amor e carinho que uma criança merece ter neste mundo. Este trabalho é fruto da confiança, incentivo, apoio e dedicação que vocês tiveram durante a minha criação e formação pessoal e profissional. Dedico esta obra a vocês, e aos meus irmãos: **Elidiane Santana**, **Juliana Leal Santana**, **Luis Wilson Santana** e **Hellen Santana**.

À quem resguardo profunda admiração, minha noiva, **Camila Cristina De Foggi**, por estar sempre ao meu lado, pelos ensinamentos durante a pós-graduação, pelo apoio incondicional e incentivo à pesquisa, e pela oportunidade de poder compartilharmos todos os momentos, bons ou ruins, da vida. Com você, aprendi o real significado das palavras: amor, companheirismo e motivação. Você traz sentido à realização dos nossos sonhos e por isso, dedico esta obra a nossa história e nossas conquistas.

AGRADECIMENTOS

Àqueles que compõem a minha segunda família e que estimo sobremaneira, **Susi Cristina Fioraneli, Sophia Moura e Augusto Cesar De Foggi**. Obrigado pelo apoio, confiança, incentivo e, principalmente, pelo amor, carinho e a amizade que construímos ao longo desses anos. Vocês são exemplos vivos de humildade, decência e caráter. Obrigado pelos melhores momentos que vivi em Araraquara.

Ao meu professor e orientador, **Prof. Dr. Luis Geraldo Vaz**, pois incentivados pela busca do conhecimento científico, construímos uma parceria e amizade sincera. Obrigado por ser o combustível deste trabalho, e dos demais estudos que realizamos paralelamente. Sem os seus incentivos, seria impossível a realização deste sonho. Você é exemplo de competência, humildade e sinceridade. Obrigado pela confiança, ensinamentos, e por não ter medido esforços para a realização dos trabalhos durante o Doutorado. Jamais chegaria a este momento sem as suas contribuições. Que este trabalho seja apenas o marco inicial de uma parceria longa e duradoura, professor.

Ao meu co-orientador, **Dr. Fernando Pozzi Semeghini Guastaldi**. Obrigado pela parceria que foi possível desenvolvermos durante a minha trajetória no Doutorado. Obrigado pelos ensinamentos e, mesmo que distante, pelos incentivos e toda preocupação que teve durante esses anos. Obrigado pela oportunidade de realizarmos estudos paralelos à Tese de Doutorado. Com tamanha humildade e competência profissional, você merece todo sucesso e o melhor que a vida tem a oferecer. Espero que esta parceria se estenda por vários anos para que possamos viabilizar o desenvolvimento de futuros projetos, professor.

Ao pesquisador e coordenador do Grupo de Bioengenharia, **Dr. Pedro Yoshito Noritomi**, pela confiança, pelos ensinamentos, e por não ter medido esforços para a realização deste trabalho. Agradeço a oportunidade de poder contar com a sua colaboração, além dos pesquisadores que compõem o **Núcleo de Tecnologias Tridimensionais (NT3D) do Centro de Tecnologia da Informação Renato Archer**, em especial **Henrique Takashi Idogava**. Jamais chegaria a este momento sem suas devidas contribuições. Espero que possamos continuar esta colaboração e viabilizar o desenvolvimento de futuras pesquisas.

Ao Centro de Tecnologia da Informação Renato Archer representado pela pessoa do atual coordenador **Dr. Jorge Vicente Lopes Da Silva**.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela bolsa concedida durante a pós-graduação (Processo # 168260/2017-4).

À Faculdade de Odontologia de Araraquara – FOAr/UNESP, nas pessoas da atual diretora **Profa. Dra. Elaine Maria Sgavioli Massucato** e vice-diretor **Prof. Dr. Edson Alves de Campos**.

Ao coordenador do programa de Pós-graduação em Odontologia da Faculdade de Odontologia de Araraquara – FOAr/UNESP representado pelo **Prof. Dr. Joni Augusto Cirelli**.

A todos os amigos e colegas da pós-graduação, em especial, **Camila Chierici Marcantonio, Fábio Regis Garcia, Flávia Gomes Matos, Fernando Cintra Magalhães, Guilherme dos Santos Trento, Hércules Bezerra Dias, Jonleno Pitombo, José Rodolfo Spin Neto, Mariana Aline Cominotte**, pela amizade dentro ou fora da pós-graduação, pela troca de aprendizado, e por toda ajuda direta ou indireta para a realização deste trabalho.

Aos amigos que Araraquara me deu, **Beatriz Helena Panariello, Danilo Dias, Éder Mastropietro, Fernanda Alves, Jéssica Bernegossi e Rafael Salmazi**. Cultivo a sincera amizade que construímos ao longo desses anos. Irei carregar com muito carinho as lembranças que tornaram os meus dias mais alegres em Araraquara.

Aos professores do curso de Especialização em Periodontia da Fundação Araraquarense de Ensino e Pesquisa em Odontologia (FAEPO) e do departamento de Diagnóstico e Cirurgia da Faculdade de Odontologia de Araraquara, **Dr. Carlos Rossa Junior, Dra. Daniela Leal Zandim-Barcelos, Dr. Elcio Marcantonio Junior, Dr. Joni Augusto Cirelli, Dr. José Eduardo Cezar Sampaio, Dra. Rosemary Adriana Chierici Marcantonio, Dra. Silvana Regina Perez Orrico**.

Ao corpo técnico-administrativo do Departamento de Diagnóstico e Cirurgia, **Ana Cláudia Gregolin Costa Miranda, Isabela Cristine Manzolli Rodrigues e Suleima Ferreira**. Obrigado por toda ajuda e suporte necessários para o desenvolvimento das atividades clínicas durante a pós-graduação.

Ao corpo técnico-administrativo da seção de pós-graduação da Faculdade de Odontologia de Araraquara – FOAr/UNESP, **Cristiano Afonso Lamounier e José Alexandre Garcia**. Obrigado por toda a ajuda, orientação e suporte necessários para completar esta jornada.

“A teoria sem a prática vira 'verbalismo', assim como a prática sem teoria, vira ativismo. No entanto, quando se une a prática com a teoria tem-se a práxis, a ação criadora e modificadora da realidade.”

Paulo Freire*

* Freire P. Educação como prática da liberdade. São Paulo: Paz e Terra, 1989.

Santana LCL. Avaliação mecânica de diferentes configurações do conceito All-on-4 em mandíbulas atroficas: análise tridimensional por elementos finitos [tese de doutorado]. Araraquara: Faculdade de Odontologia da UNESP; 2019.

RESUMO

A reposição de elementos dentários por meio da técnica All-on-4 permite a reabilitação de mandíbulas edêntulas mediante a instalação de uma prótese total fixa sobre quatro implantes dentários. As principais vantagens desta técnica estão associadas à inclinação distal, 30 ou 45 graus, dos implantes mais posteriores, dentre as quais destacam-se a redução do risco de injúrias ao nervo alveolar inferior, o maior contato entre o tecido ósseo e a superfície do implante, e a redução na extensão do cantilever protético. Sob a perspectiva da distribuição de esforços mecânicos, reduções na extensão do cantilever resultam em redução do braço de alavanca e melhor distribuição de tensões na barra protética e no tecido ósseo peri-implantar. Por outro lado, há de se considerar que o comportamento mecânico de próteses implantossuportadas também pode ser influenciado pelas características geométricas dos implantes dentários. Recentemente, a implementação da técnica All-on-4 com implantes dentários curtos foi considerada uma alternativa viável para a reabilitação de maxilas reabsorvidas. Porém, existem evidências limitadas quanto à distribuição de esforços mecânicos sobre o complexo prótese/implante/osso mediante o uso de configurações alternativas do conceito All-on-4 em mandíbulas atroficas. Assim, o objetivo do presente estudo foi avaliar o impacto de diferentes configurações do conceito All-on-4 sobre as tensões geradas em implantes, componentes protéticos e osso peri-implantar. Os modelos de mandíbula atrofica foram gerados em *software* apropriado (Rhinoceros 5.0 SR 12), no Centro de Tecnologia da Informação “Renato Archer”. Os arquivos de desenho assistido por computador (CAD) de componentes protéticos e implantes dentários (Implacil de Bortoli) foram importados ao Rhinoceros 5.0 SR 12 para a configuração dos modelos All-on-4. Assim, foram geradas diferentes configurações do conceito All-on-4 a partir de implantes dentários, de comprimento padrão (11 mm) ou curtos (≤ 8 mm), com conexão protética do tipo cone Morse ou hexágono externo. Os modelos foram submetidos a condição de carga oblíqua ($\theta = 75^\circ$) com 300 N, no sentido línguo-vestibular, na região posterior da barra protética. Os materiais dúcteis (implantes e componentes protéticos) foram submetidos a análise pelo critério de tensão de von Mises (σ_{vm}). As análises de tensões principais máxima (σ_{max}) e mínima (σ_{min}) foram utilizadas para avaliar os picos de tensão de tração e compressão do tecido ósseo peri-implantar, respectivamente. Os dados de tensões médias obtidas a partir do critério de σ_{vm} ($P\sigma_{vm}$) foram submetidos à análise estatística para a comparação múltipla (one-way ANOVA e teste pós-hoc de Tukey) ou de pares (teste t-Student) de médias independentes, considerando significância estatística o valor de $p < 0.01$. Os resultados do primeiro estudo obtidos com implantes do tipo cone Morse indicaram que a configuração All-on-4 com implantes distais curtos aumenta significativamente a $P\sigma_{vm}$ geradas na plataforma dos implantes ($p < 0.0001$; t-Student), entretanto, reduz as tensões de tração e compressão na crista óssea peri-implantar. No segundo estudo, os resultados obtidos com implantes do tipo hexágono externo indicaram que tanto o comprimento quanto a angulação do implante distal da configuração All-on-4 afetam significativamente a $P\sigma_{vm}$ geradas na plataforma de implantes e em componentes protéticos ($p < 0.0001$; one-way ANOVA e Tukey) e as σ_{max} e σ_{min} geradas na crista óssea peri-implantar. Em ambos os estudos, a resistência dos materiais dúcteis e não-dúcteis não ultrapassaram os valores limítrofes de

resistência à tração ou compressão. Em conclusão, os resultados do presente estudo podem direcionar o uso racional de implantes de curtos, hexágono externo ou cone Morse, a partir de diferentes configurações do conceito All-on-4 em mandíbulas atroficas.

Palavras-chave: Implantação dentária. Estresse mecânico. Análise de elementos finitos. Prótese dentária fixada por implante.

Santana LCL. Mechanical evaluation of different configurations of the All-on-4 concept in atrophic jaws: three-dimensional finite element analysis [Tese de Doutorado]. Araraquara: Faculdade de Odontologia da UNESP; 2019.

ABSTRACT

The replacement of teeth through the All-on-4 technique allows the rehabilitation of edentulous jaws by installing a full-arch fixed prosthesis over four dental implants. The main advantage of this technique is associated with the distal inclination of the most posterior implants, 30- or 45-degree angle, which entails lower risks of injuries to the inferior alveolar nerve, greater bone-to-implant contact, and reductions in the cantilever length. From the standpoint of mechanical stress distribution, reductions in the cantilever length results in reduced lever arm and better stress distribution in the prosthetic bar and the peri-implant bone tissue. On the other hand, it should be considered that the mechanical behavior of implant-supported prostheses may also be influenced by the geometric characteristics of dental implants. Recently, the All-on-4 technique performed with short dental implants was considered a viable alternative for the treatment of reabsorbed jaws. However, there is limited evidence regarding the mechanical performance of the prosthesis/implant/bone complex when alternative configurations of the All-on-4 concept are performed in atrophic mandibles. Therefore, the aim of the present study was to assess the impact of different configurations of the All-on-4 concept on the stresses generated at the level of implants, prosthetic components and peri-implant bone. The atrophic mandible models were generated at the Renato Archer Information Technology Center. The computer-aided design (CAD) files of the prosthetic components and dental implants (Implacil de Bortoli) were imported into the Rhinoceros 5.0 SR 12 in order to generate the All-on-4 models. Thereafter, different configurations of the All-on-4 concept were generated by using standard (11.0 mm) or short (≤ 8.0 mm) length dental implants with Morse taper or external hexagon connections. The models were submitted to oblique loading ($\theta = 75^\circ$; 300 N), in the posterior region, and linguo-buccal direction, of the prosthetic bar. The ductile materials (implants and prosthetic components) were submitted to the von Mises stress criteria (σ_{vm}). The maximum (σ_{max}) and minimum (σ_{min}) principal stresses were used to evaluate the tensile and compressive stresses in the peri-implant bone region, respectively. The quantitative variables of the σ_{vm} ($P\sigma_{vm}$) were submitted to pairs (t-Student test) or multiple (one-way ANOVA and Tukey's post-hoc test) comparisons, considering statistically significant the p-value < 0.01 . The results of the first study obtained with Morse taper implants indicated that the All-on-4 configuration designed with distal short implants significantly increases the $P\sigma_{vm}$ generated in the implants platform ($p < 0.0001$; t-Student) but, however, reduces the tensile and compressive stress peaks in the peri-implant bone crest. In the second study, the results obtained with external hexagon implants indicated that both distal implants length and angulation significantly affect the stresses generated at the level of the implants platform and prosthetic components ($p < 0.0001$; one-way ANOVA and Tukey) and the σ_{max} and σ_{min} generated in the peri-implant bone crest. In both studies, the stress values of ductile and non-ductile materials did not exceed the boundary values of tensile or compressive strength. In conclusion, the results of the present study may direct the rational use of short dental implants, with Morse taper or external hexagon connections, from different configurations of the All-on-4 concept performed in atrophic jaws.

Keywords: Dental implantation. Mechanical stress. Finite element analysis. **Dental prosthesis, implant-supported.**

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	15
2 PROPOSIÇÃO	18
2.1 Proposição Específica do Artigo 1	18
2.1 Proposição Específica do Artigo 2	18
3 PUBLICAÇÕES	19
3.1 Publicação 1	19
3.2 Publicação 2	40
4 CONCLUSÃO	72
REFERÊNCIAS	73
APÊNDICE A – MATERIAL E MÉTODOS	77

1 INTRODUÇÃO

As alterações dimensionais do rebordo ósseo ocorrem naturalmente após a extração de elementos dentários e tem como principal justificativa os processos de reabsorção e remodelação óssea causadas pela ausência do estímulo biomecânico, um dos principais reguladores do metabolismo ósseo, advindo da função mastigatória^{1,2}. Posto que os processos de reabsorção e remodelação ocorrem de forma progressiva sobre a altura e a largura de arcos edêntulos¹, a atrofia óssea mandibular é uma característica comum àqueles pacientes que permanecem desdentados por longos períodos de tempo^{3,4}.

A reabilitação de mandíbulas atróficas com próteses totais implantossuportadas representa um desafio clínico axiomático, uma vez que as características anatômicas de mandíbulas severamente reabsorvidas restringem a seleção do número, comprimento, diâmetro, e/ou o posicionamento de implantes dentários⁵. Tais restrições implicam em alterações no desenho final da prótese dentária, podendo resultar em sobreextensão do cantilever distal e maiores tensões transmitidas aos componentes protéticos e tecido ósseo peri-implantar⁶. Do ponto de vista biomecânico, estudos anteriores sugeriram que a extensão do cantilever distal de próteses totais implantossuportadas não ultrapassasse 20 mm ou 1,5x a distância anteroposterior do implante mais anterior ao mais posterior posicionado no arco edêntulo^{7,8}. Por outro lado, os resultados do estudo conduzido por Bevilacqua et al.⁹ (2011) demonstraram que a inclinação e o comprimento de implantes distais associados a menor extensão do cantilever protético suscita a redução dos valores de tensão na barra protética e no tecido ósseo peri-implantar. De forma contraditória, à partir do conceito All-on-4™ (Nobel Biocare, AB, Göteborg, Sweden), Almeida et al.¹⁰ (2015) demonstraram que a inclinação de implantes distais promoveu maiores tensões ósseas peri-implantares em maxilas atróficas.

O conceito All-on-4™ surgiu como uma opção de tratamento promissora para a reabilitação imediata de mandíbulas ou maxilas edêntulas¹¹. A técnica All-on-4™ permite a reabilitação do arco edêntulo, mediante o uso de uma prótese total imediata parafusada sobre quatro implantes instalados na região anterior da mandíbula ou maxila, de modo que os implantes mais posteriores estejam inclinados, no sentido distal, a 30 ou 45 graus em relação ao plano oclusal^{12,13}. As vantagens associadas à inclinação distal dos implantes mais posteriores foram explicadas sob os pontos de

vista biológicos e biomecânicos. Do ponto de vista biológico, a inclinação do implante distal é fundamentada na possibilidade de maior ancoragem do implante ao tecido ósseo, permitindo que a reabilitação oral seja realizada sem a necessidade de procedimentos cirúrgicos para a lateralização do nervo alveolar inferior^{12,14}. À luz do conhecimento sobre a biomecânica de próteses implantossuportadas, a inclinação de implantes distais permite reduções na extensão do cantilever protético e no braço de alavanca, resultando na melhor distribuição de tensões nos implantes e no tecido ósseo peri-implantar^{6,7}. Não obstante, a geometria dos implantes dentários é um outro fator que deve ser levado em consideração em relação ao comportamento mecânico de próteses implantossuportadas.

Pellizzer et al.¹⁵ (2018), destacaram a importância de se considerar o uso de implantes dentários cônicos nos casos em que as limitações anatômicas do sítio edêntulo impeçam a instalação de implantes cilíndricos de maior diâmetro. Embora o conceito All-on-4™ tenha sido introduzido com implantes com conexão protética do tipo hexágono externo, estudos pré-clínicos demonstraram os maiores valores de torque de inserção e estabilidade em implantes cônicos com conexão protética do tipo cone morse^{16,17}. De fato, implantes com conexão interna cônica projetada sob o conceito *platform switching* (quando o diâmetro do componente protético é menor em relação à plataforma de assentamento do implante) tem sido associados a menores valores de tensão óssea peri-implantar¹⁸ e manutenção da crista óssea marginal ao redor de implantes¹⁹. Não obstante, estudos prévios também demonstraram que o comprimento de implantes dentários pode influenciar o comportamento mecânico de próteses implantossuportadas^{10,20}.

O uso de implantes dentários curtos ($\leq 8,0$ mm) tem sido considerado uma alternativa viável e segura, pois possibilita a reabilitação de mandíbulas atroficas sempre que há restrições para o uso de implantes de comprimento padrão (> 8 mm)^{21,22}. O resultado de um estudo de revisão sistemática demonstrou, recentemente, que as taxas de sobrevivência de implantes curtos são similares às aquelas observadas em implantes dentários de comprimento padrão ($\geq 10,0$ mm) instalados em sítios submetidos ao tratamento cirúrgico para aumento ósseo vertical²³. Do ponto de vista biomecânico, Kheiralla e Younis²⁴ (2014) demonstraram por meio do método de elementos finitos a similaridade dos valores de tensão de von Mises encontrados em implantes de plataforma regular ($\varnothing 3,75 \times 13$ mm) e plataforma larga ($\varnothing 5,5 \times 8$ mm). Além disso, os resultados deste último estudo demonstraram poucas diferenças dos

valores de tensão óssea peri-implantar entre os implantes de plataforma regular e plataforma larga. Ainda assim, longe de ser uma complicação frequente, há que se considerar a possibilidade de fratura óssea peri-implantar nos casos de reabilitação oral de mandíbulas atróficas com próteses instaladas sobre implantes de maior diâmetro²⁵⁻²⁷.

Alguns estudos têm relatado o uso de implantes curtos para a reabilitação oral com próteses totais parafusadas sobre quatro implantes^{28,29}. Maló et al.²⁸ (2015) considerou que a técnica All-on-4 realizada com implantes dentários curtos pode ser uma alternativa viável para a reabilitação protética de maxilas reabsorvidas. Em conformidade com Maló et al.²⁸ (2015), em um estudo de série de casos clínicos, Moura et al.²⁹ (2018) relataram a viabilidade do uso de próteses totais implantossuportadas por quatro implantes dentários curtos (6,0 mm) e conexão cônica em mandíbulas atróficas. Após 4 anos de acompanhamento, os autores deste estudo indicaram a ausência de complicações técnicas (afrouxamento ou fratura de parafusos) ou biológicas (peri-implantite). Sob o aspecto biomecânico, pouco se sabe a respeito das tensões ósseas peri-implantares geradas a partir de configurações alternativas do conceito All-on-4™ em mandíbulas atróficas. Os resultados do estudo conduzido por Özdemir Doğan et al.²⁰ (2014) demonstraram que a configuração All-on-4 projetada com implantes distais curtos (7,0 mm) promove a redução e o aumento das tensões de compressão e de von Mises no tecido ósseo peri-implantar e nos implantes, respectivamente, em comparação a configuração All-on-4 com implantes distais angulados a 30 graus em relação ao plano oclusal. Todavia, posto que o desenho experimental deste estudo considerou as tensões geradas nos implantes e no tecido ósseo peri-implantar, subsiste a escassez de dados em relação a influência de configurações alternativas do protocolo All-on-4 sobre as tensões geradas no complexo componente protético/implante/osso peri-implantar.

4 CONCLUSÃO

Em suma, as conclusões do presente estudo foram:

1. Considerando-se a ausência de métodos clínicos capazes de avaliar o risco de fraturas protéticas e sobrecargas do tecido ósseo peri-implantar, a análise por elementos finitos representa um método viável para prever as regiões mais suscetíveis aos esforços mecânicos.
2. Posto que os valores de tensão de tração e compressão gerados na crista óssea peri-implantar diferem quanto ao tipo de conexão protética (hexágono externo ou cone Morse), há que se considerar incoerente a comparação entre os resultados obtidos no primeiro e no segundo estudo, em vista que a diferença quanto ao posicionamento dos implantes em relação à crista óssea exerce influência sobre os esforços mecânicos observados por meio do método de elementos finitos.
3. Em relação aos implantes com conexão protética do tipo cone Morse, a configuração All-on-4 projetada com implantes distais curtos (AO4S) associa-se ao menor risco de sobrecarga do tecido ósseo peri-implantar. Por outro lado, a configuração All-on-4 projetada com implantes distais angulados (AO4T) está associada ao menor risco de dano no módulo da crista dos implantes mesial e distal.
4. Em relação aos implantes com conexão protética do tipo hexágono externo, a configuração All-on-4 projetada com implantes distais de comprimento padrão e angulados a 30° (modelo H1) está associada ao maior risco de fratura de componentes protéticos, e ao menor risco de sobrecarga do tecido ósseo peri-implantar. Não obstante, a configuração All-on-4 com implantes paralelos, de comprimento curto (modelo H2) ou padrão (modelo H3), está associada ao menor risco de falhas técnicas e ao maior risco de sobrecarga do tecido ósseo peri-implantar.

REFERÊNCIAS*

1. Araujo MG, Lindhe J. Dimensional ridge alterations following tooth extraction. An experimental study in the dog. *J Clin Periodontol*. 2005; 32(2): 212-8.
2. Field C, Li Q, Li W, Swain M. Influence of tooth removal on mandibular bone response to mastication. *Arch Oral Biol*. 2008; 53(12): 1129-37.
3. Eyrich G, Grätz KW, Sailer HF. Surgical treatment of fractures of the edentulous mandible. *J Oral Maxillofac Surg*. 1997; 55(10): 1081-7.
4. Rathod M, Kshirsagar RA, Joshi S, et al. Evaluation of neurosensory function Following inferior alveolar nerve lateralization for implant placement. *J Maxillofac Oral Surg*. 2019; 18(2): 273-279.
5. Nisand D, Renouard F. Short implant in limited bone volume. *Periodontol* 2000. 2014; 66(1): 72-96.
6. Ozan O, Kurtulmus-Yilmaz S. Biomechanical comparison of different implant inclinations and cantilever lengths in All-on-4 Treatment concept by three-dimensional finite element analysis. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 2018; 33(1): 64-71.
7. Brunski JB. Biomechanical aspects of the optimal number of implants to carry a cross-arch full restoration. *Eur J Oral Implantol*. 2014; 7 Suppl 2: S111-31.
8. McAlarney ME, Stavropoulos DN. Theoretical cantilever lengths versus clinical variables in fifty-five clinical cases. *J Prosthet Dent*. 2000; 83(3): 332-43.

* De acordo com o Guia de Trabalhos Acadêmicos da FOAr, adaptado das Normas Vancouver. Disponível no site da Biblioteca: [http://www. https://www.foar.unesp.br/Home/Biblioteca/guia-de-normalizacao-atualizado.pdf](http://www.https://www.foar.unesp.br/Home/Biblioteca/guia-de-normalizacao-atualizado.pdf)

9. Bevilacqua M, Tealdo T, Menini M, [Pera F](#), [Mossolov A](#), [Drago C](#), [Pera P](#). The influence of cantilever length and implant inclination on stress distribution in maxillary implant-supported fixed dentures. *J Prosthet Dent*. 2011; 105(1): 5-13.
10. Almeida EO, Rocha EP, Freitas Junior AC, [Anchieta RB](#), [Poveda R](#), [Gupta N](#) et al. Tilted and short implants supporting fixed prosthesis in an atrophic maxilla: a 3D-FEA biomechanical evaluation. *Clin Implant Dent Relat Res*. 2015; 17 Suppl 1: e332-42.
11. Maló P, Rangert B, Nobre M. "All-on-Four" immediate-function concept with Brånemark System implants for completely edentulous mandibles: a retrospective clinical study. *Clin Implant Dent Relat Res*. 2003; 5 Suppl 1: 2-9.
12. Malo P, de Araujo Nobre M, Lopes A, Ferro A, Gravito I. All-on-4(R) Treatment concept for the rehabilitation of the completely edentulous mandible: A 7-year clinical and 5-Year radiographic retrospective case series with risk assessment for implant failure and marginal bone level. *Clin Implant Dent Relat Res*. 2015; 17 Suppl 2: e531-541.
13. Lopes A, Malo P, de Araujo Nobre M, Sanchez-Fernandez E, Gravito I. The nobelguide((r)) all-on-4((R)) treatment concept for rehabilitation of edentulous jaws: a retrospective report on the 7-years clinical and 5-years radiographic outcomes. *Clin Implant Dent Relat Res*. 2017; 19(2): 233-44.
14. Patzelt SB, Bahat O, Reynolds MA, Strub JR. The all-on-four treatment concept: a systematic review. *Clin Implant Dent Relat Res*. 2014; 16(6): 836-55.
15. Pellizzer EP, Lemos CAA, Almeida DAF, de Souza Batista VE, Santiago Junior JF, Verri FR. Biomechanical analysis of different implant-abutments interfaces in different bone types: an in silico analysis. *Mater Sci Eng C Mater Biol Appl*. 2018; 90: 645-50.

16. O'Sullivan D, Sennerby L, Meredith N. Influence of implant taper on the primary and secondary stability of osseointegrated titanium implants. *Clin Oral Implants Res.* 2004; 15(4): 474-80.
17. Al-Nawas B, Wagner W, Grötz KA. Insertion torque and resonance frequency analysis of dental implant systems in an animal model with loaded implants. *Int J Oral Maxillofac Implant.* 2006; 21(5): 726-32.
18. de Faria Almeida DA, Pellizzer EP, Verri FR, Santiago JF, Jr., de Carvalho PS. Influence of tapered and external hexagon connections on bone stresses around tilted dental implants: three-dimensional finite element method with statistical analysis. *J Periodontol.* 2014; 85(2): 261-9.
19. Chrcanovic BR, Albrektsson T, Wennerberg A. Platform switch and dental implants: A meta-analysis. *J Dent.* 2015; 43(6): 629-46.
20. Ozdemir Dogan D, Polat NT, Polat S, Seker E, Gul EB. Evaluation of "all-on-four" concept and alternative designs with 3D finite element analysis method. *Clin Implant Dent Relat Res.* 2014; 16(4): 501-10.
21. Dias F, Pecorari VGA, Martins CB, Del Fabbro M, Casati MZ. Short implants versus bone augmentation in combination with standard-length implants in posterior atrophic partially edentulous mandibles: systematic review and meta-analysis with the Bayesian approach. *Int J Oral Maxillofac Surg.* 2019; 48(1): 90-6.
22. Nielsen HB, Schou S, Isidor F, Christensen AE, Starch-Jensen T. Short implants (≤ 8 mm) compared to standard length implants (> 8 mm) in conjunction with maxillary sinus floor augmentation: a systematic review and meta-analysis. *Int J Oral Maxillofac Surg.* 2019; 48(2): 239-49.
23. Nisand D, Picard N, Rocchietta I. Short implants compared to implants in vertically augmented bone: a systematic review. *Clin Oral Implants Res.* 2015; 26 Suppl 11: 170-79.

24. Kheiralla LS, Younis JF. Peri-implant biomechanical responses to standard, short-wide, and mini implants supporting single crowns under axial and off-axial loading (an in vitro study). *J Oral Implantol.* 2014; 40(1): 42-52.
25. Soehardi A, Meijer GJ, Manders R, Stoelnga PJ. An inventory of mandibular fractures associated with implants in atrophic edentulous mandibles: a survey of Dutch oral and maxillofacial surgeons. *Int J Oral Maxillofac Implant.* 2011; 26(5): 1087-93.
26. Oh WS, Roumanas ED, Beumer J, 3rd. Mandibular fracture in conjunction with bicortical penetration, using wide-diameter endosseous dental implants. *J Prosthodont.* 2010; 19(8): 625-9.
27. Almasri M, El-Hakim M. Fracture of the anterior segment of the atrophic mandible related to dental implants. *Int J Oral Maxillofac Surg.* 2012; 41(5): 646-9.
28. Malo P, de Araujo Nobre MA, Lopes AV, Rodrigues R. Immediate loading short implants inserted on low bone quantity for the rehabilitation of the edentulous maxilla using an All-on-4 design. *J Oral Rehabil.* 2015; 42(8): 615-23.
29. Moura LB, Paganelli OEB, Gabrielli MAC, Pereira Filho VA. Immediate loading on fixed implant-supported prosthesis with short implants: short-term report of four cases. *Oral Surg.* 2018; 11: 235-40.