

A influência de diferentes materiais de revestimento oclusal em implantes regulares

The influence of different occlusal coating materials in regular implants

Joel Ferreira Santiago Júnior¹, Caroline Cantieri de Mello¹, Victor Eduardo de Souza Batista¹, Leonardo Ferreira de Toledo Piza Lopes¹, Daniel Augusto de Faria Almeida¹, Fellippo Ramos Verri², Eduardo Piza Pellizzer³

1. Estudante de Pós-Graduação, Departamento de Prótese Dentária e Materiais Odontológicos, UNESP - Univ. Estadual Paulista, Araçatuba, São Paulo, Brasil.

2. Professor Assistente, Departamento de Prótese Dentária e Materiais Odontológicos, UNESP - Univ. Estadual Paulista, Araçatuba, São Paulo, Brasil.

3. Professor Adjunto, Departamento de Prótese Dentária e Materiais Odontológicos, Faculdade de Odontologia de Araçatuba, UNESP - Univ. Estadual Paulista, Campus de Araçatuba, São Paulo, Brasil.

DESCRIPTORIOS:

Implantes dentários; Prótese dentária; Biomecânica; Análise de elementos finitos.

RESUMO

Fatores biomecânicos estão relacionados com a perda de implantes osseointegráveis, e, assim, uma análise rigorosa na seleção do melhor material oclusal para dissipação de tensões é necessária. Dessa forma, o objetivo deste estudo foi avaliar a influência de diferentes materiais oclusais no sistema coroa-implante, com destaque para o parafuso da coroa. Para isso, quatro modelos tridimensionais foram criados com um implante (Conexão Master Screw, Sistemas de Próteses, São Paulo, Brasil) do tipo hexágono externo de 3.75 mm x 10 mm com as seguintes coroas: NiCr, metalo-cerâmica (porcelana), resina composta e resina acrílica. Os resultados foram visualizados através dos mapas de tensão von Mises de cada modelo proposto. Os diferentes modelos analisados apresentaram um padrão de distribuição de tensões semelhantes. Assim, concluiu-se que os diferentes materiais oclusais foram semelhantes entre si, na coroa e no parafuso. O carregamento oblíquo foi o mais prejudicial quando comparado com o carregamento axial.

Keywords:

Dental implants, Prosthodontics, Biomechanics, Finite element analysis.

ABSTRACT

Biomechanical factors are related to the loss of dental implants, and a rigorous analysis in selecting the best material for occlusal stress distribution is required. In addition, it was suggested that occlusion material can also influence the distribution of stresses. The aim of this study was to evaluate the influence of different occlusal materials on the crown-implant system, especially the screw crown. Thus, four dimensional models were created with a hexagonal implant (Master Screw connection, Implant Systems, São Paulo, Brazil) of 3.75 mm x 10 mm with the following crowns: NiCr, metal-ceramic (porcelain) resin and composite acrylic resin. The results were visualized through von Mises stress maps of each model. The different models analyzed showed a pattern of similar tensions distribution. Thus, it was concluded that the different occlusal materials were similar among themselves regarding the crown and screw. The oblique loading was more detrimental when compared to axial loading.

231

Endereço para correspondência

Professor Eduardo Piza Pellizzer
Departamento de Prótese Dentária e Materiais Odontológicos
UNESP - Univ. Estadual Paulista
Rua José Bonifácio, 1193 - Araçatuba São Paulo/Brasil - CEP - 16015-050
E-mail: ed.pl@uol.com.br

INTRODUÇÃO

A forma de distribuição das tensões exercidas sobre o implante diretamente ao osso é um fator chave no sucesso ou insucesso das próteses implantossuportadas¹. Além disso, o design e o material de revestimento oclusal^{2,3} assim como o diâmetro e o comprimento dos implantes utilizados são fatores de grande influência na distribuição das tensões e, consequentemente, exercem grande relevância na longevidade e instabilidade das próteses⁴.

O estudo dos materiais de revestimento oclusal é tão importante quanto o planejamento do número de implantes⁵. Assim, a literatura relata, estudos experimentais e teóricos, cujo comportamento da resina acrílica ou composta seria capaz de amortecer as forças de impacto transmitidas ao sistema, uma vez que esses materiais são menos rígidos que a porcelana e o metal^{6,7}.

Em contrapartida, as excelentes propriedades mecânicas das porcelanas conduziram outros estudos, no sentido de comparar a capacidade de distribuição do estresse nos implantes e tecido ósseo utilizando diferentes materiais oclusais, embora, nesse quesito⁷⁻⁹, a literatura seja divergente.

Em estudos anteriores, a resina acrílica apresentou piores resultados, possivelmente por apresentar um menor módulo de elasticidade que também causaria maior deslocamento^{10,11}, porém resultados semelhantes entre os materiais também puderam ser observados^{12,13}, o que nos leva a questionar sobre qual seria o melhor material para a confecção do revestimento das próteses implantossuportadas, submetidas às forças da mastigação.

Diante disso e da necessidade da criação de um consenso que compare o comportamento biomecânico com diferentes materiais de revestimento oclusal, o propósito deste estudo foi avaliar, mediante o método dos elementos finitos

tridimensionais, a influência dos diferentes materiais oclusais em próteses implantossuportadas unitárias, na distribuição das tensões, sob aplicação de cargas axiais e oblíquas, em implantes de diâmetros regulares. A hipótese deste estudo é a de que os diferentes materiais oclusais não apresentam diferenças na distribuição de tensões, quando comparados entre si.

METODOLOGIA

Delineamento Experimental

Este estudo teve como objetivo realizar uma análise do efeito de diferentes materiais oclusais (NiCr, Porcelana, Resina Composta e Resina Acrílica) na distribuição de tensões na coroa e em parafusos de implantes regulares (3.75 mm x 10 mm).

Modelos de elementos finitos

Para este estudo, foram confeccionados quatro modelos tridimensionais, conforme Tabela 1, representados por uma secção de osso mandibular com um implante e uma coroa sobre o implante. As dimensões do bloco ósseo seguem um padrão de estudos anteriores realizados pelo grupo, seguindo os valores 25.46 mm de altura, 13.81 mm de largura e 13.25 mm de espessura. Foi realizado um estudo com osso trabecular no centro circundado por 1 mm de osso cortical da região do elemento 37, simulando um osso tipo III.

A obtenção do tecido ósseo se deu mediante a recomposição de uma tomografia computadorizada da secção transversal na região de molar. Posteriormente, o modelo foi exportado ao programa Rhinoceros® 3D 4.0 (NURBS Modeling for Windows, Seattle, EUA) para modelagem final das superfícies envolvidas no estudo.

A geometria de um implante rosqueável, hexágono externo de 3.75 mm x 10 mm (Conexão Master Screw, Sistemas de Próteses, Arujá, Brasil) foi empregada como referência para a elaboração do modelo do implante bem como dos componentes utilizados na infraestrutura. Além disso, esse modelo foi desenhado e simplificado virtualmente, adotando-se o programa de desenho assistido SolidWorks® 2006 (SolidWorks Corp, Waltham, EUA).

A coroa parafusada do tipo UCLA foi simulada com uma infraestrutura de Níquel-Cromo e sendo total de Níquel-Cromo para o modelo (A), ou variando-se os diferentes materiais oclusais conforme a tabela 1. A montagem da coroa com infraestrutura metálica e o implante foram realizados no programa SolidWorks® (SolidWorks Corp, Waltham, EUA), para sua posterior inserção na porção óssea.

Tabela 1 - Especificações dos modelos

Modelo	Descrição
A	Implante unitário de 3.75 x 10 mm com coroa completa de NiCr
B	Implante unitário de 3.75 x 10 mm com coroa em infraestrutura (NiCr) com cobertura estética de porcelana feldspática
C	Implante unitário de 3.75 x 10 mm com coroa em infraestrutura (NiCr) com cobertura estética de resina composta
D	Implante unitário de 3.75 x 10 mm com coroa em infraestrutura (NiCr) com cobertura estética de resina acrílica

A superfície externa da coroa foi obtida por meio de um dente artificial, segundo molar mandibular (37) de um manequim odontológico experimental (Odontofix, Indústria e Comércio de Material Odontológico Ltda, Ribeirão Preto, Brasil), o qual foi digitalizado por meio de um scanner de superfície (Roland DG, São Paulo, Brasil). A imagem tridimensional foi exportada ao programa Rhinoceros® 3D 4.0 (NURBS Modeling for Windows, Seattle,

EUA) para a realização do detalhamento das superfícies bem como a montagem final dos modelos, inserindo o conjunto implante e a infraestrutura como coroa no bloco ósseo.

Em uma próxima etapa, os conjuntos foram exportados para o programa FEMAP® 10 (Siemens PLM software Inc., Santa Ana, EUA), utilizado para pré e pós-processamento de modelos de elementos finitos.

Assim, iniciou-se a geração das malhas de elementos finitos para análise (Figura 1). Inicialmente, foram incorporadas as propriedades mecânicas correspondentes a cada material, como o módulo de Young e coeficiente de Poisson, que foram determinados a partir de valores obtidos na literatura, como são mostrados na Tabela 2. Todos os materiais foram considerados isotrópicos, lineares e homogêneos. O número de nós e elementos foram de 138,811 e 86,079 para os modelos idealizados.

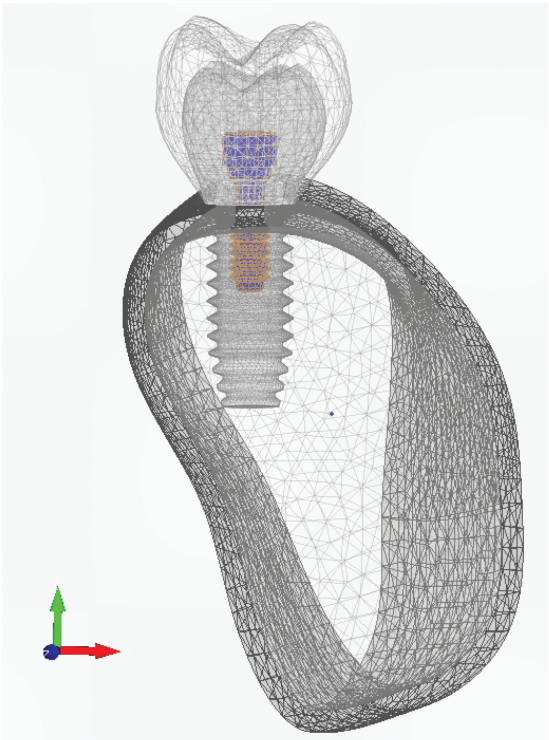


Figura 1 – Malha de elementos finitos

Tabela 2 - Propriedades dos Materiais

Estruturas	Módulo de	Coefficiente de	Referências
	Elasticidade (E) (GPa)	Poisson (ν)	
Osso Trabecular	1.37	0.30	Sertgoz et al. ¹⁹
Osso Cortical	13.7	0.30	Sertgoz et al. ¹⁹
Titânio	110.0	0.35	Stegariou et al. ¹⁸
Liga NiCr	206.0	0.33	Anusavice & Hojjatie ²⁰
Porcelana Feldspática	82.8	0.35	Papavasiliou et al. ⁹

Definidas as propriedades mecânicas dos materiais envolvidos, foram geradas as malhas de elementos finitos para cada estrutura envolvida no estudo. Para isso, utilizou-se o elemento sólido tetraédrico parabólico padrão do FEMAP 10 (Siemens PLM Software, Inc., Santa Ana, EUA), já que as estruturas simuladas eram sólidas. O modelo foi definido, estabelecendo-se as condições de contorno, restrição e carga-

mento que mais se aproximasse de uma situação clínica real. O bloco de osso foi fixado nos três planos do espaço, nas faces cortadas (laterais), sendo que a base ficou livre ou suspensa. Todas as superfícies de contato entre as estruturas do estudo foram simuladas por contato colado, ou seja, contato no qual se impede que ocorra deslizamento ou afastamento entre as superfícies envolvidas. A única exceção para se aproximar de uma situação clínica real foi o contato entre a infraestrutura e o implante, simulado do tipo justaposto.

Empregou-se o carregamento total de 200N em direção axial, realizado em 4 pequenas áreas de superfície, em cada cúspide. O carregamento oblíquo foi de 100N, feito por meio da supressão das cargas sobre as cúspides vestibulares, numa tentativa de se aproximar de uma situação clínica real.

Finalizadas todas as configurações do problema matemático, a análise foi gerada pelo programa FEMAP 10 (Siemens PLM Software Inc., Santa Ana, EUA) e exportada para resolução no núcleo de solução do programa de elementos finitos NEiNastran® 9.0 (Noram Engineering, Westminster, EUA), para obtenção dos resultados. Depois dessa obtenção, estes foram exportados ao programa FEMAP 10 (Siemens PLM software Inc., Santa Ana, EUA) para visualização gráfica por meio dos mapas de tensão. Os resultados foram visualizados por meio de mapas de tensão de von Mises para indicar os níveis e padrões da concentração de tensões.

Todo o processamento dos modelos, incluindo a análise, foi executado em uma estação de trabalho da Sun (Sun Microsystems Inc., São Paulo, Brasil) com as seguintes características: Processador Opteron 64, AMD Duplo núcleo, 4 GB de memória RAM, 250GB de HD.

RESULTADOS

ANÁLISE DO MAPA GERAL DO IMPLANTE

Carregamento axial

Os mapas gerais de tensão von Mises apresentaram valores máximos no local de aplicação da força. Em uma análise de carregamento axial, observou-se que, para os diferentes modelos analisados, a maior concentração de tensões existiu na interface de contato entre implante e cortical óssea, estendendo-se até a sexta rosca do implante. Não foi observado um padrão de distribuição mais eficiente entre os diferentes modelos analisados.

Carregamento oblíquo

Sob condições de carregamento oblíquo, os mapas gerais de tensão de von Mises apresentaram valores de tensão máxima no local de aplicação da força. Em um corte sagital, observou-se que, na aplicação da carga oblíqua, existiu a formação de uma área maior de tensões ao redor das primeiras roscas dos implantes até terceira rosca. Além disso, os diferentes materiais oclusais não apresentaram um padrão diferente de distribuição de tensões.

ANÁLISE DA COROA

Carregamento Axial

Em uma análise individualizada das coroas, sob carregamento axial, foi possível observar que o modelo A apresentou uma maior área no terço final da coroa, na região de assentamento da coroa, em toda a extensão da plataforma quando comparado com os demais modelos. Os modelos B, C, D apresentaram uma redução de tensões na região de plataforma do implante, sendo que o modelo B (porcelana) apresentou uma maior extensão de tensões, quando comparado com os modelos C e D (resinas) no terço cervical da coroa, entretanto apresentou menor área de tensões na interface de material oclusal com a infraestrutura, ao ser comparado com as resinas, figura 2A, apresentando valores máximos de tensões na faixa de 0 a 25 MPa.

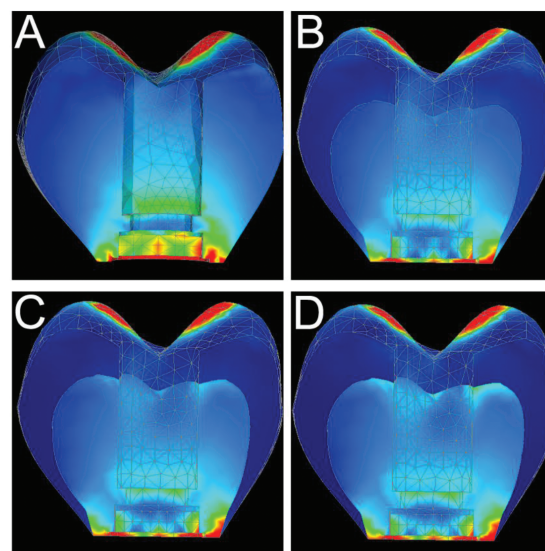


Figura 2A – Coroas – Carregamento Axial. NiCr (A); Porcelana (B); Resina Composta (C); Resina Acrílica (D)

Carregamento Oblíquo

Em uma análise individualizada das coroas, sob carregamento oblíquo, foi possível observar que existiu uma maior área de tensões, quando comparado com o carregamento axial. O modelo A apresentou uma maior área de concentração de tensões, especialmente no terço final do implante, na região de assentamento da coroa em toda a extensão da plataforma. Em uma análise dos demais modelos, foi observado um padrão de distribuição de tensões semelhante, existindo uma maior área de tensões na região de aplicação, na interface de material oclusal e infraestrutura e terço cervical das coroas para os modelos B, C e D, conforme figura 2B, apresentando valores máximos de tensões na faixa de 0 a 25 MPa.

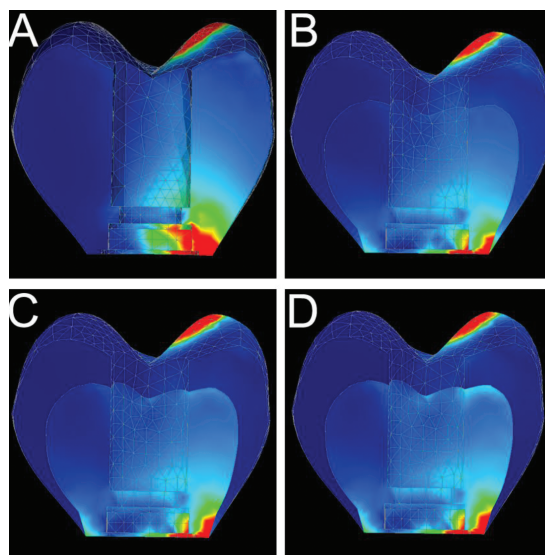


Figura 2B – Coroas – Carregamento Oblíquo. NiCr (A); Porcelana (B); Resina Composta (C); Resina Acrílica (D)

ANÁLISE DO PARAFUSO

Carregamento Axial

Em uma análise individualizada dos parafusos, sob carregamento axial, foi possível observar que existiu uma maior concentração de tensões no terço médio dos parafusos, na região de pescoço, quando comparado com os demais modelos. O modelo

A apresentou menor intensidade de tensões na região de corpo do parafuso, quando comparado com os demais modelos (B, C e D), e o modelo D apresentou discretamente uma maior área de tensões, quando comparado com os modelos B e C. Além disso, é possível identificar que, no segmento apical dos parafusos, em regiões de roscas, o modelo A apresentou menor concentração de tensões, e os demais modelos apresentaram uma distribuição de tensões semelhantes para todos os modelos, sendo de intensidade de 0 até 15 MPa.

Carregamento Oblíquo

Em uma análise individualizada dos parafusos, sob carregamento oblíquo, foi possível observar que existiu uma maior concentração de tensões no terço médio dos parafusos na região de pescoço, sendo, entretanto, de maior área e intensidade, quando comparado com o carregamento axial. O modelo A apresentou maior área de concentração de tensões, principalmente no corpo médio e terço apical do parafuso. Os demais modelos, quando analisados, não apresentaram diferenças significantes na distribuição de tensões. Os valores médios de tensões estiveram localizados na faixa de 0 até 15 MPa.

DISCUSSÃO

Conforme o esperado na hipótese de nosso trabalho, os diferentes materiais de cobertura das restaurações em prótese sobre implante não apresentaram uma distribuição de tensões mais eficientes, a não ser pelo grupo controle (NiCr) que apresentou maior área de tensões, muito provavelmente pela ausência de uma interface de material de revestimento e infraestrutura, concordando esses dados com estudos recentes². Alguns autores, entretanto, revelaram que a utilização de um material com baixo módulo de elasticidade pode amortecer as forças oriundas do carregamento oclusal, reduzindo seu efeito sobre a interface do implante e tecido ósseo¹⁴.

Observou-se em todos os modelos de estudo que a carga oblíqua gerou tensões de maior intensidade e mais deletérias ao tecido ósseo (tração), principalmente para a coroa NiCr, fato presente em diversos estudos na literatura^{15,16}, como no estudo de De Faria Almeida et al.¹⁶ que, utilizando o método de elemento finito tridimensional, observou que as cargas oblíquas são mais danosas ao sistema implante/osso, principalmente quando são aplicadas sobre um implante com plataforma hexagonal externa do DE modo que, Papavasiliou et al.⁹, utilizando a mesma metodologia, notaram que o carregamento oblíquo gera um acréscimo das tensões ao nível do osso cortical, podendo trazer consigo microfraturas ósseas. Esse fato nos mostra, mais uma vez, o quão importante é um ajuste oclusal executado de forma satisfatória, visando, sempre que possível, minimizar, ao máximo, a geração de cargas oblíquas.

Assim como em outros estudos em implantes unitários^{13,16,17}, nossos resultados estão de acordo com Soumeire & Dejou et al.⁸ que, ao avaliarem diferentes materiais oclusais, observaram não existir diferença entre eles. Em contrapartida, nossos resultados são divergentes dos trabalhos realizados por Skalak et al.¹ e Gracis et al.⁷, que acreditam apresentar-se a resina acrílica como a melhor opção para distribuição de tensões no osso. Entretanto, nesses estudos, utilizou-se a metodologia de strain gauge para a realização dos testes.

Clinicamente, a cerâmica pode ser considerada como o material de eleição para revestimento oclusal, por apresentar vantagens ao ser comparada com outros materiais (polímeros), tais como estética, facilidade de higienização, maior resistência à fratura e durabilidade^{12,18}. Contudo, ela necessita de maiores cuidados frente aos ajustes oclusais, pois, ao contrário da resina composta e acrílica, não sofre uma adaptação devido ao desgaste por utilização.

De fato, acreditamos que a utilização das cerâmicas apresen-

te melhor estética e previsibilidade; por outro lado, deve-se levar em consideração um ajuste oclusal meticuloso para que, na realização de movimentos excursivos, não seja originado um ponto de contato prematuro, potencializando forças oblíquas durante os movimentos mastigatórios.

CONCLUSÕES

Baseado na metodologia utilizada, foi possível concluir que:

- Os diferentes materiais oclusais não influenciaram na distribuição de tensões, com exceção do grupo controle com coroas de NiCr;
- O carregamento oblíquo apresentou a maior concentração de tensões, quando comparado com o carregamento axial;

AGRADECIMENTOS

- Fundação de Pesquisa do Estado de São Paulo - FAPESP 2008/0240-10.
- Centro de Tecnologia da Informação Renato Archer, Campinas, São Paulo, Brasil.
- Conexão Sistemas de Prótese Ltda., São Paulo, Brasil.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Skalak R. Biomechanical considerations in osseointegrated prostheses. *J Prosthet Dent*. 1983 Jun; 49(6):843-848.
2. Santiago JF Júnior, Pellizzer EP, Verri FR, de Carvalho PS. Stress analysis in bone tissue around single implants with different diameters and veneering materials: A 3-D finite element study. *Mater Sci Eng C Mater Biol Appl*. 2013 Dec 1;33(8):4700-4714. doi: 10.1016/j.msec.2013.07.027. Epub 2013 Le 26 jul.
3. Bacchi A, L X Consani R, F Mesquita M, B F Dos Santos M. Stress distribution in fixed-partial prosthesis and peri-implant bone tissue with different framework materials and vertical misfit levels: a three-dimensional finite element analysis. *J Oral Sci*. 2013;55(3):239-44.
4. Holmgren EP, Seckinger RJ, Kilgren LM, Mante F. Evaluating parameters of osseointegrated dental implants using finite element analysis—a two-dimensional comparative study examining the effects of implant diameter, implant shape, and load direction. *J Oral Implantol*. 1998;24(2):80-8.
5. Benzing UR, Gall H, Weber H. Biomechanical aspects of two different implant-prosthetic concepts for edentulous maxillae. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 1995 Mar-Apr;10(2):188-98.
6. Ciftçi Y, Canay S. The effect of veneering materials on stress distribution in implant supported fixed prosthetic restorations. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 2000;3:275-280.
7. Gracis SE, Nicholls JL, Chalupnik JD, Yuodelis RA. Shock-absorbing behavior of five restorative materials used on implants. *Int J Prosthodont*. 1991 May-Jun;4(3):282-91.
8. Soumeire J, Dejou J. Shock absorbability of various restorative materials used on implants. *J Oral Rehabil*. 1999 May;26(5):394-401.
9. Papavasiliou G, Kamposiora P, Bayne SC, Felton DA. Three-dimensional finite element analysis of stress-distribution around single tooth implants as a function of bony support, prosthesis type, and loading during function. *J Prosthet Dent*. 1996 Dec;76(6):633-640.
10. Ciftçi Y, Canay S. Stress distribution on the metal framework of the implant supported fix prosthesis using different veneering material. *Int J Prosthodont*. 2001; 14(5):406-11.
11. Davis D, Rimrott R, Zarb AG. Studies on frameworks for osseointegrated prostheses. Part 2. The effect of adding acrylic superstructure. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 1988; 3(4):275-80.
12. Bassit R, Lindström H, Rangert B. In vivo registration of force development with ceramic and acrylic resin occlusal materials on

- implant-supported prostheses. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 2002 Jan-Feb;17(1):17-23.
13. Wang TM, Leu LJ, Wang J, Lin LD. Effects of prosthesis materials and prosthesis splinting on peri-implant bone stress around implants in poor-quality bone: a numeric analysis. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 2002 Mar-Apr;17(2):231-7.
14. Bijjargi S, Chowdhary R. Stress dissipation in the bone through various crown materials of dental implant restoration: a 2-D finite element analysis. *J Investig Clin Dent*. 2013 Aug;4(3):172-7. doi: 10.1111/j.2041-1626.2012.00149.x. Epub 2012 Nov 21.
15. Moraes SL, Pellizzer EP, Verri FR, Santiago JF Jr, Silva JV. Three-dimensional finite element analysis of stress distribution in retention screws of different crown-implant ratios. *Comput Methods Biomech Biomed Engin*. 2013 Aug 15. [Epub ahead of print]
16. de Faria Almeida DA, Pellizzer EP, Verri FR, Santiago Junior JF, de Carvalho PS. Influence of Morse Taper and External Hexagon Connections on Bone Stresses Around Tilted Dental Implants. Three-Dimensional Finite Element Method With Statistical Analysis. *J Periodontol*. 2013 May 20. [Epub ahead of print]
17. Baggi L, Cappelloni I, Di Girolamo M, Maceri F, Vairo G. The influence of implant diameter and length on stress distribution of osseointegrated implants related to crestal bone geometry: a three-dimensional finite element analysis. *J Prosthet Dent*. 2008 Dec;100(6):422-31.
18. Stegaroiu R, Kusakari H, Nishiyama H, Miyakama O. Influence of prosthesis material on stress distribution in bone and implant: a 3-dimensional finite element analysis. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 1998 Nov-Dec;13(6):781-790.
19. Sertgöz A. Finite element analysis study of the effect of superstructure material on stress distribution in an implant-supported fixed prosthesis. *Int J Prosthodont*. 1997 Jan-Feb;10(1):19-27.
20. Anusavice KJ, Hojjatie B. Stress distribution in metal-ceramic crowns with a facial porcelain margin. *J Dent Res*. 1987 Sep;66(9):1493-1498.