

## Análise das tensões em diferentes conexões de implante/abutment

Stress analysis in different implant/abutment connections

Recebido em 10/09/15  
Aprovado em 15/10/15

### **Leonardo Bueno Torcato**

Mestre em Odontologia na área de concentração em Prótese Dentária, Faculdade de Odontologia de Araçatuba, UNESP – Univ. Estadual Paulista, 16011-050, Araçatuba-SP, Brasil

### **Gestter William Lattari Tessarin**

Mestrando do programa de pós-graduação em Biologia Geral e Aplicada, Instituto de Biociências de Botucatu – IBB, UNESP – Univ. Estadual Paulista, 18618-970, Botucatu-SP, Brasil.

### **Rosse Mary Falcón-Antenucci**

Pós-doutorado em Odontologia na área de concentração em Prótese Dentária, Faculdade de Odontologia de Araçatuba, UNESP – Univ. Estadual Paulista, 16011-050, Araçatuba-SP, Brasil.

### **Cleidiel Aparecido Araújo Lemos**

Mestrando do programa de pós-graduação em Odontologia na área de concentração em Prótese Dentária, Departamento de Materiais Odontológicos e Prótese, Faculdade de Odontologia de Araçatuba, UNESP – Univ. Estadual Paulista, 16011-050, Araçatuba-SP, Brasil.

### **Eduardo Piza Pellizzer**

Professor Titular do Departamento de Materiais Odontológicos e Prótese da Faculdade de Odontologia de Araçatuba, UNESP – Univ. Estadual Paulista, 16011-050, Araçatuba-SP, Brasil.

### **ENDEREÇO PARA CORRESPONDÊNCIA**

Rosse Mary Falcón-Antenucci  
Rua José Bonifácio, 1193 – Vila Mendonça  
Araçatuba – São Paulo  
E-mail: rosse\_falcon@yahoo.com.br

### **RESUMO**

O objetivo deste estudo foi comparar, por meio de uma análise fotoelástica, as tensões geradas na região peri-implantar dos implantes com diferentes conexões protéticas. Foram confeccionados 4 modelos em resina fotoelástica com implante unitário e coroa em alturas padronizadas. Mod 1: Hexágono Externo; Mod 2: Hexágono Interno; Mod 3: Cone-Morse e Mod 4: Corpo-único. Foi aplicada uma carga de 100N, tanto axial quanto obliquamente (45°) por meio da máquina de ensaio universal. O carregamento foi realizado em pontos fixos padronizados na superfície oclusal. Os resultados foram registrados fotograficamente por meio de uma câmera digital e analisados de forma qualitativa com auxílio do Adobe Photoshop. Tanto no carregamento axial quanto no carregamento oblíquo, observou-se que o implante de corpo-único apresentou a maior quantidade de franjas, ao contrário dos implantes de conexão interna. A diferença encontrada entre os modelos, quando da variação do sentido da carga, ocorreu devido ao fato de na carga oblíqua haver um maior número de franjas, e essas se concentram não só na região apical mas também do lado oposto à aplicação da carga, na região cervical. Concluiu-se que os implantes de conexão interna apresentaram a situação biomecânica mais favorável e os implantes de corpo-único apresentaram a maior concentração de tensões.

**Palavras-chave:** Implantes Dentários; Biomecânica; Conexão Implante Dentário-Pivô.

### **ABSTRACT**

The aim of this study was to compare, by means of photoelastic analysis, the stresses generated in the peri-implant region of different implant/abutment connections. 4 models were fabricated in photoelastic resin with single dental implant and standard height crowns. Mod 1: External Hexagon; Mod 2: Internal Hexagon; Mod 3: Morse-Taper and Mod 4: One-Piece. It was applied a 100N axial and oblique (45°) loading by means of a universal testing machine. The load was applied at standardized points on the occlusal surface. The results were recorded photographically using a digital camera and analyzed qualitatively with the aid of the Adobe Photoshop software. Both in axial and in the oblique loading, it was observed that one-piece implants showed the highest number of fringes, apart from the internal connection implants. The difference between the models, when the direction of the load was changed, occurred due to the oblique loading that caused a greater number of fringes concentrated not only in the apical region, but also in the opposite side of the load application in the cervical region. It was concluded that the internal connection implants presented the most

favorable biomechanical situation and the one-piece implant presented the highest stress concentration.

**Keywords:** Dental Implants; Biomechanics; Dental Implant-Abutment Design.

## INTRODUÇÃO

Uma das limitações em implantodontia refere-se à perda óssea marginal crônica média de 0,9 mm no primeiro ano e 0,1 mm em cada ano subsequente ao redor dos implantes.<sup>1</sup> Esse fenômeno pode estar relacionado à existência de um *gap* entre a interface implante/abutment que poderia gerar inflamação local e/ou concentração de tensões na área cervical do implante, resultante das cargas mastigatórias.<sup>2</sup>

Dessa forma, a maneira pela qual as cargas oclusais são transferidas para a interface osso/implante via superestruturas e implante é considerada um fator crucial para o sucesso do tratamento com implantes dentários.<sup>3</sup> De acordo com Brunski<sup>4</sup>, o design do implante (micro e macro-estrutura), as propriedades mecânicas e estruturas da interface implante/abutment interferem na magnitude das forças oclusais. Além disso, outros fatores, como o ajuste oclusal adequado, assentamento passivo dos componentes protéticos e boa adaptação marginal podem evitar problemas biológicos e tensões inadequadas na interface osso/implante.<sup>5</sup>

O tipo de conexão protética possui um papel importante para a estabilidade e força de união da interface implante/abutment e, conseqüentemente, no sucesso clínico das próteses implantossuportadas.<sup>6,7,8</sup> Segundo Binon,<sup>6</sup> existem mais de 20 tipos de variações geométricas da interface implante/abutment, sendo a conexão externa e interna as mais conhecidas.

As conexões internas apresentam vantagem em relação ao hexágono externo, reduzindo os índices de afrouxamento e/ou fratura do parafuso, assim como favorecem para a distribuição de tensões de maneira mais homogênea ao redor dos implantes, absorvendo sobrecargas externas quando comparadas às conexões de hexágono externo.<sup>9,10,11</sup>

Por outro lado, os implantes de corpo-único utilizam o pilar transmucoso como parte íntegra do implante, eliminando a fragilidade estrutural

que existe nos implantes de pilar separado, sendo indicados, principalmente, para o carregamento imediato, pois apresentam vantagens, como único estágio cirúrgico, e a possibilidade de não realizar retalho,<sup>12</sup> reduzindo a possibilidade da presença de um infiltrado inflamatório que poderia causar o aumento da perda óssea marginal.<sup>13</sup>

Considerando que a maioria dos problemas em próteses implantossuportadas é de caráter biomecânico, associado à escassez de amplos estudos sobre o comportamento dos implantes de corpo único, o objetivo deste estudo foi comparar, por meio de uma análise fotoelástica, as tensões geradas na região peri-implantar de implantes de corpo único e implantes com diferentes conexões protéticas (hexágono externo, hexágono interno e cone-morse).

## Materiais e Métodos

Foram confeccionados quatro modelos (10x30x45 mm) em gesso especial tipo IV (Durone, Dentsply Ind., Rio de Janeiro, Brasil), após a duplicação de uma matriz metálica, utilizando silicone artesanal (Sapeca artesanato, Bauru, São Paulo, Brasil). Esses modelos foram perfurados, para que os análogos dos implantes fossem posicionados e fixados com resina acrílica (Duralay, Reliance Dental MFG Company Worth, Illinois, EUA), com ajuda de um delineador (Bio-Art B 2 Equipamentos Odontológicos, Brasil). Os transferentes foram rosqueados aos seus respectivos análogos fixados nos modelos de gesso especial, e uma nova duplicação com silicone artesanal foi realizada. As especificações dos modelos que foram utilizados no presente estudo encontram-se descritos na tabela 1.

**Tabela 1** - Especificações dos modelos utilizados no presente estudo

Modelo	Descrição
1	Implante unitário de 3.75x11.00mm, Hexágono externo - Titamax Ti, com coroa parafusada.
2	Implante unitário de 3.75x11.00mm, Hexágono interno - Titamax II Plus, com coroa parafusada.
3	Implante unitário de 3.75x11.00mm, Cone Morse - Titamax CM, com coroa parafusada.
4	Implante unitário de 3.75x11.00mm, Corpo único - Titamax GT, com coroa parafusada.

Após endurecimento do molde de silicone, um implante (Neodent Implante Osseointegrável, Curitiba, Brasil) foi adaptado em cada modelo e o correto assentamento do componente foi verificado. A resina fotoelástica (PL-2, Vishay, Micro-Measurements Group, Inc Raleigh, N.C. EUA) foi pesada em uma balança de precisão digital (BEL, Equipamentos analíticos, São Paulo, Brasil) e espatulada de acordo com as instruções do fabricante. Em seguida, o molde de silicone, vazado com resina fotoelástica foi submetido a uma pressão de 40 lbf/pol2 em uma polimerizadora por 24h. As coroas das próteses implantossuportadas foram confeccionadas em liga de Ni-Cr (Fit Cast - SB Plus, Talladium do Brasil, Curitiba, Brasil), alturas padronizadas e por técnica convencional, sobre modelos de gesso especial, evitando tensões nos modelos fotoelásticos, e um torque de 20 N/cm2 foi aplicado sobre o implante.

Os modelos fotoelásticos foram posicionados no polariscópio circular acoplado a uma máquina de ensaio universal (EMIC-DL 3000, São José dos Pinhais, Paraná, Brazil), e uma carga axial e uma oblíqua (45°) de 100N foram aplicadas em pontos fixos na superfície oclusal das coroas. Para a carga oblíqua, os modelos foram posicionados em um dispositivo com angulação pré-estabelecida de 45°.

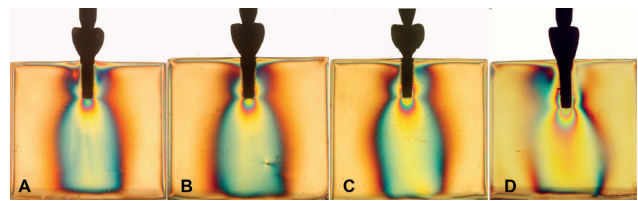
Os resultados foram fotografados por uma câmera digital (Nikon D80, Nikon Corp., Japan) e analisados qualitativamente por um programa de edição de imagens (Adobe Photoshop CS3, Adobe Systems, San Jose, Calif, USA). Dessa forma, os registros fotográficos das amostras foram utilizados para verificação da ordem de franja e direção de propagação das tensões, conforme estabelecido por estudos de Caputoe Standlee,<sup>14</sup>Cehreli et al.<sup>3</sup>, French et al.<sup>15</sup> e da Silva<sup>16</sup>:

- Quanto maior o N, maior magnitude de tensões.
- Quanto mais próximas as franjas umas das outras, maior a concentração de tensões.

## RESULTADOS

### Carga axial

Sob carregamento axial, foi observado que os modelos com implante de hexágono externo e implante de corpo único apresentaram a maior quantidade de franjas, e estas se localizaram, principalmente, no terço apical. O modelo 4 (implante de corpo-único) apresentou maior área de distribuição das tensões, enquanto os modelos com implantes de conexão interna apresentaram menores tensões (Figuras 1A, B, C, D) (Tabela 2).



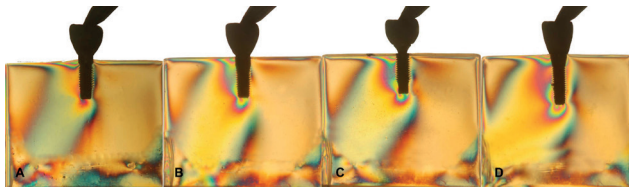
**Figura 1** - Aplicação de carga axial sobre a prótese implantossuportada: A. Hexágono externo, B. Hexágono interno, C. Cone morse, D. Corpo único.

**Tabela 2** - Número de franjas observado nos carregamentos axial e oblíquo.

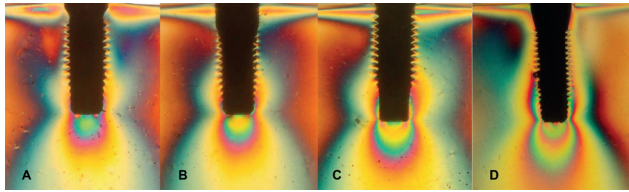
Modelo	Número de Franjas	
	Axial	Oblíquo
1	3	4
2	2	3
3	2	3
4	5	6

### Carga Oblíqua

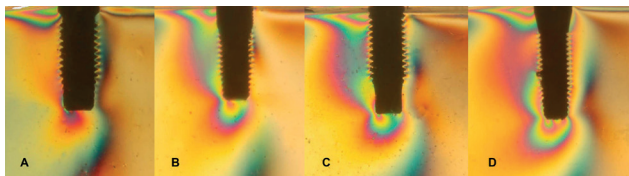
Sob carregamento axial, foi observado que os modelos com implante de hexágono externo e implante de corpo único apresentaram a maior quantidade de franjas, e estas se localizaram, principalmente, no terço apical. O modelo 4 (implante de corpo-único) apresentou maior área de distribuição das tensões, enquanto os modelos com implantes de conexão interna apresentaram menores tensões (Figuras 1A, B, C, D) (Tabela 2).



**Figura 2** - Aplicação de carga oblíqua sobre a prótese implantossuportada: A. Hexágono externo, B. Hexágono interno, C. Cone morse, D. Corpo único.



**Figura 3** - Vista aproximada da região apical sobre carga axial: A. Hexágono externo, B. Hexágono interno, C. Cone morse, D. Corpo único.



**Figura 4** - Vista aproximada da região apical sobre carga oblíqua: A. Hexágono externo, B. Hexágono interno, C. Cone morse, D. Corpo único.

## DISCUSSÃO

Após análise comparativa entre os dois tipos de carregamento, acerca da quantidade de franjas visualizadas, observou-se um aumento médio de 34% na concentração de tensões para o carregamento oblíquo. Essas diferenças entre as condições de carga axial e oblíqua podem ter sido causadas pela mudança no mecanismo de transferência de carga, relacionada também aos diferentes tipos de interface utilizados neste estudo.<sup>17</sup> Se a força não é direcionada no longo eixo do implante, isso pode contribuir para o aumento das tensões na região de tecido ósseo cortical.<sup>18</sup>

De uma maneira geral, os resultados mostraram que houve maior quantidade de franjas isocromáticas na região cervical, principalmente sob carregamento oblíquo, tanto para o implante de hexágono externo quanto para o implante de corpo-único. De acordo com Bernardes et al.<sup>19</sup>,

essa maior concentração de tensões ocorreu, provavelmente, por que esses implantes apresentam o fulcro do braço de alavanca próximo da crista óssea, enquanto que nos implantes de hexágono interno e cone-morse, está localizado em direção apical, em virtude da profundidade da conexão interna.

Sob carregamento oblíquo, os implantes hexágono externo e corpo-único mostraram franjas isocromáticas tanto na região cervical quanto no ápice do implante do lado oposto ao da aplicação de carga, enquanto que, para os implantes de conexão interna, o padrão de distribuição das tensões apresentou maior tendência de dissipação ao longo do corpo do implante. De acordo com Cehreli et al.<sup>3</sup> e Pessoa et al.<sup>20</sup>, isso se deve ao fato de, na conexão externa, as cargas serem absorvidas pelo parafuso da coroa, e as tensões permanecem concentradas ao nível cervical; por outro lado, as paredes laterais do abutment das conexões internas ajudam a dissipar as forças laterais de maneira mais favorável.

Em se tratando da superioridade das conexões internas, foi observado que os implantes de conexão externa e o de corpo-único apresentaram maior concentração de tensões 50% e 150% na região peri-implantar sob carregamento axial, respectivamente. No carregamento oblíquo, os valores foram de 33% e 100%. Esse maior número de franjas isocromáticas observado ao redor do implante corpo-único, sob ambas as cargas, ocorreu, provavelmente, devido à sua configuração, em que a união implante/abutment cria um braço de alavanca maior durante a aplicação de uma força.

Por outro lado, tais resultados não estão de acordo com aqueles obtidos por Chun et al.<sup>16</sup> uma vez que relataram, por meio da metodologia dos elementos finitos tridimensionais, que a tensão máxima de von Mises ocorreu na região do osso compacto adjacente à primeira rosca do implante para todos os sistemas de implantes (hexágono externo, hexágono interno e corpo-único) com diferentes abutments, tanto para a carga axial quanto para a carga oblíqua. Da mesma maneira, Çehreli et al.<sup>3</sup> não encontraram diferença entre as conexões externas e internas e reportaram que a interface implante/abutment não teve influência



sobre o osso marginal, entretanto esse último estudo não foi padronizado, já que os implantes apresentaram diferentes formatos, comprimentos e diâmetros, e isso pode ter influenciado nos resultados.

## CONCLUSÃO

Baseados nos resultados obtidos, concluiu-se que:

- Os implantes de conexão interna apresentaram a situação biomecânica mais favorável;
- Os implantes de corpo único apresentaram a maior concentração de tensões.

## REFERÊNCIAS

1. Goodacre CJ, Bernal G, Rungcharassaeng K, Kan JY. Clinical complications with implants and implant prostheses. *J Prosthet Dent.* 2003 Aug;90(2):121-32.
2. Assenza B, Scarano A, Petrone G, Iezzi G, Thams U, San Roman F, Piatelli A. Crestal bone remodeling in loaded and unloaded implants and the microgap: a histologic study. *Implant Dent.* 2003;12(3):235-41.
3. Cehreli M, Duyck J, DeCooman M, Puers R, Naert I. Implant design and interface force transfer. A photoelastic and strain-gauge analysis. *Clin Oral Implants Res.* 2004 Apr;15(2):249-57.
4. Brunski JB. Biomaterials and biomechanics in dental implant design. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 1988 Summer;3(2):85-97.
5. Misch CE. *Prótese sobre Implantes*, São Paulo: Editora Santos, p. 353-366, 2006.
6. Binon PP. Implants and components: entering the new millennium. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2000 Jan-Feb;15(1):76-94.
7. Barrachina-Diez JM, Tashkandi E, Stampf S, Att W. Long-term outcome of one-piece implants. Part I: implant characteristics and loading protocols. A systematic literature review with meta-analysis. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2013 Mar-Apr;28(2):503-18.
8. Aboyoussif H, Weiner S, Ehrenberg D. Effect of an antirotation resistance form on screw-loosening for single implant supported crowns. *J Prosthet Dent.* 2000 Apr;83(4):450-5.
9. Balik A, Karatas MO, Keskin H. Effects of different abutment connection designs on the stress distribution around five different implants: a 3-dimensional finite element analysis. *J Oral Implantol.* 2012 Sep;38 Spec No:491-6.
10. Finger IM, Castellon P, Elian N. The evolution of external and internal implant/abutment connections. *Pract Proced Aesthet Dent.* 2003 Sep;15(8):625-34;quiz 634.
11. 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 Feb;85(2):261-9.
12. Prithviraj DR, Gupta V, Muley N, Sandhu P. One-piece implants: placement timing, surgical technique, loading protocol, and marginal bone loss. *J Prosthodont.* 2013 Apr;22(3):237-44.
13. Magalhães ACP, Henry Neto MDE, Magalhães L, Egoshi M, Tonini S, Lima Neto JF. Utilização de implante cônico com corpo único groovy ativado imediatamente sem retalho cirúrgico. *Revista INPEO de Odontologia.* 2007;1(1):10-6.
14. Caputo AA, Standlee JP. *Biomechanics in Clinical Dentistry.* Chicago: Quintessence Publishing Co., 1987.
15. French AA, Bowles CQ, Parham PL, Eick JD, Killoy WJ, Cobb CM. Comparison of peri-implant stresses transmitted by four commercially available osseointegrated implants. *Int J Periodontics Restorative Dent.* 1989;9(3):221-30.
16. da Silva EF, Pellizzer EP, Quinelli Mazaro JV, Garcia Júnior IR. Influence of the connector and implant design on the implant-tooth-connected prostheses. *Clin Implant Dent Relat Res.* 2010 Sep;12(3):254-62.
17. Chun HJ, Shin HS, Han CH, Lee SH. Influence of implant abutment type on stress distribution in bone under various loading conditions using finite

element analysis. *Int J Oral Maxillofacial Implants.* 2006 Mar-Apr;21(2):195-202.

18. Verri FR, Santiago Junior JF, de Faria Almeida DA, de Oliveira GB, de Souza Batista VE, Marques Honório H, Noritomi PY, Pellizzer EP. Biomechanical influence of crown-to-implant ratio on stress distribution over internal hexagon short implant: 3-D finite element analysis with statistical test. *J Biomech.* 2015 Jan 2;48(1):138-45.

19. Bernardes SR, de Araujo CA, Neto AJ, Simamoto Junior P, das Neves FD. Photoelastic analysis of stress patterns from different implant-abutment interfaces. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2009 Sep-Oct;24(5):781-9.

20. Pessoa RS, Muraru L, Júnior EM, Vaz LG, Sloten JV, Duyck J, Jaecques SV. Influence of implant connection type on the biomechanical environment of immediately placed implants - CT-based nonlinear, three-dimensional finite element analysis. *Clin Implant Dent Relat Res.* 2010 Sep;12(3):219-34.