

# **Análise fotoelástica da distribuição de tensões induzidas por infra-estruturas implanto-suportadas após soldagem a laser ou retificação de cilindros**

## ***Photoelastic analysis of stress distribution induced by implant supported frameworks after laser welding or refinement of cylinders***

**Alessandra Regina Derogis DAMACENO**

Doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Clínica Odontológica – Faculdade de Odontologia de Piracicaba – Unicamp – Piracicaba – SP – Brasil

**Mauro Antonio de Arruda NOBILO**

**Guilherme Elias Pessanha HENRIQUES**

**Marcelo Ferraz MESQUITA**

Professor titular do Departamento de Prótese e Periodontia – Faculdade de Odontologia de Piracicaba – Unicamp – Piracicaba – SP – Brasil

---

### **RESUMO**

O assentamento passivo de próteses fixas implanto-suportadas pode ser obtido por procedimentos laboratoriais. O objetivo deste estudo foi avaliar comparativamente a formação de tensões induzidas por infra-estruturas implanto-suportadas obtidas por duas técnicas através da análise fotoelástica. Dois grupos de infra-estruturas em titânio comercialmente puro foram obtidos sobre uma matriz metálica: I) três infra-estruturas confeccionadas pela técnica da soldagem de borda de cilindros e II) três infra-estruturas fundidas em monobloco e submetidas ao sistema de retificação de cilindros. Após análise em microscopia óptica, apenas a estrutura mais bem adaptada de cada grupo foi submetida à análise de tensões, em três seqüências de aperto dos parafusos protéticos. Após, a estrutura do grupo II sofreu secção e soldagem e foi novamente submetida à análise fotoelástica. Os resultados mostraram maior magnitude de tensões com a seqüência de aperto de parafusos da esquerda para direita e vice-versa, para ambos os grupos. A estrutura do grupo I induziu menor concentração de tensões, mesmo tendo apresentado maiores valores de desadaptação (165µm) comparada ao grupo II antes (54µm) e após secção e soldagem a laser (117µm). A técnica da soldagem de borda a laser, associada à seqüência de aperto do parafuso protético do centro para as extremidades, obteve melhores resultados formação de tensões para este tipo de reabilitação.

### **UNITERMOS**

Prótese implanto-suportada; passividade; análise fotoelástica.

---

### **INTRODUÇÃO**

A possibilidade de substituir dentes naturais perdidos por implantes osseointegrados tem melhorado a qualidade de vida de muitos pacientes edêntulos. Para esses, os implantes proporcionam retenção e estabilidade de próteses removíveis ou convencionais, assim como permitem reabilitar de forma bastante conservadora pequenos espaços protéticos.

No entanto, como os aspectos biomecânicos de um implante são fundamentalmente diferentes daqueles de um dente natural<sup>15</sup>, a possibilidade de se transferir sobrecarga ao implante e deste ao osso circunjacente

pode acabar ultrapassando o limite fisiológico e provocar falha das reabilitações ou até mesmo a perda da osseointegração<sup>13</sup>.

Devido a isto, é de grande importância que a prótese assente com total passividade sobre os implantes ou pilares intermediários, a fim de que o sucesso em longo prazo da reabilitação possa ser alcançado<sup>11,16,20,23,24,27,29</sup>.

Várias técnicas começaram a ser preconizadas para a obtenção de um melhor assentamento passivo de próteses implanto-suportadas, como por exemplo, o método da verificação da fidelidade do modelo mestre<sup>17</sup>, o método da soldagem a laser<sup>2,6,10,18,19,22</sup>, o

método da cimentação de cilindros pré-fabricados a uma supra-estrutura protética<sup>4,12,14</sup> e o processo de eletroerosão nas faces internas das infra-estruturas<sup>5,22,24</sup>. Atualmente um novo método de aprimoramento de infra-estruturas, o Sistema de Retificação de Cilindros Fundidos (Conexão - Sistemas de Prótese, São Paulo, Brasil) vem sendo divulgado com o mesmo propósito, e os resultados propostos pelos fabricantes acontecem em função da aplicação de força rotatória de pontas retificadoras adaptadas nas bordas e bases de assentamento de parafuso protético dos cilindros da infra-estrutura fundida. No entanto, de maneira a compensar a retificação individual realizada em cada cilindro, os laboratórios comerciais usuários do sistema recomendam a posterior secção e soldagem das partes da infra-estrutura. Alguns autores já divulgam os resultados satisfatórios da utilização deste sistema, com melhora de até 30µm no nível de adaptação das infra-estruturas<sup>1,8</sup>.

Tal sistema de retificação, assim como a soldagem a laser é um dos métodos que possui bastante significância quando desejamos utilizar o titânio e suas ligas na confecção de infra-estruturas metálicas, hoje bastante utilizados devido às suas desejáveis características de biocompatibilidade, resistência mecânica, resistência à corrosão e baixo peso. No entanto, por possuir uma baixa densidade, o titânio ainda deixa a desejar no quesito adaptação, fato este que pode ser aprimorado através de todas as técnicas supracitadas.

No entanto, para avaliarmos a efetividade destas técnicas, vários métodos de análise de assentamento passivo foram introduzidos na Odontologia como, por exemplo, a avaliação de tensões através dos medidores elétricos “strain-gauges”<sup>3,4,26,28</sup>, o método de análise por elemento finito<sup>21</sup> e o método de análise fotoelástica<sup>3,7,13,25,27</sup>.

Este último é de fácil realização e baseia-se no princípio de transformação de estresse mecânico interno, produzido em estruturas geométricas complexas, em padrões de luz visíveis que indicam a localização e a magnitude das tensões.

Reconhecendo o fato de que a técnica da soldagem de borda de cilindros pré-fabricados, atualmente realizada através do uso do sistema inicialmente preconizado para carga imediata, vem sendo muito utilizada na confecção próteses implanto-suportadas, assim como o sistema retificador de cilindros, o objetivo deste estudo foi avaliar comparativamente o padrão de tensões induzidas ao redor de implantes por estes dois métodos de confecção de infra-estru-

turas através da análise fotoelástica, avaliando-se a influência de três diferentes seqüências de aperto do parafuso protético.

## MATERIAL E MÉTODOS

Foi confeccionada uma matriz em aço inoxidável com formato de arco mandibular desdentado com dimensões de 26 X 59 X 10 mm. Cinco orifícios com diâmetro de 3,5mm e profundidade de 16mm, convencionalmente numerados de 1 a 5 da esquerda para a direita, foram realizados sobre a superfície da matriz de forma equidistante entre si, a fim de alojar análogos de pilares micro-unit (Conexão – Sistemas de Prótese, São Paulo, Brasil) de diâmetro regular, utilizados na confecção de próteses implanto-suportadas, representando um clássico protocolo Branemark (**Figura 1**).

Sobre os análogos de pilares, foram confeccionados dois grupos de infra-estruturas, variando em cada grupo a técnica de confecção das mesmas: Grupo I: três estruturas de titânio confeccionadas pela técnica da carga imediata (Conexão – Sistemas de Prótese, São Paulo, Brasil)\*, com posterior soldagem das bordas dos cilindros pré-fabricados e Grupo II: três estruturas confeccionadas através da união e enceramento de cilindros plásticos micro-unit fundidos em monobloco e posteriormente retificados pelo Sistema de Retificação de Cilindros Fundidos (Conexão-Sistemas de prótese, São Paulo, Brasil) (**Figura 2**).

Após o término de cada enceramento, cada estrutura foi testada em relação à passividade visual através do teste do parafuso único de forma que a melhor adaptação fosse obtida já nesta etapa. As estruturas foram incluídas em revestimento próprio para titânio (Rematitan Plus, Dentaurem JP Winkelstroeter KG, Pforzeim, Germany) em anel de silicone nº 5 para fundição. Após a presa, os blocos foram submetidos à ciclagem térmica para eliminação da cera em um forno Vulcan 3-550, NDI, com duração de 7,5 hs. A fundição das mesmas foi realizada em uma máquina específica para fundição de titânio (Rematitan Plus, Dentaurem JP Winkelstroeter KG, Pforzeim, Germany) em atmosfera pressurizada de gás argônio a 0,95 bar.

Assim, para o Grupo I, sobre cilindros de titânio pré-fabricados (Conexão – Sistemas de Prótese, São Paulo, Brasil), indicados originalmente para cimentação, foram posicionadas as respectivas estruturas através de parafusos laboratoriais. Na seqüência, a fim de minimizar possíveis distorções durante o processo de soldagem, foram realizados inicialmente dois pon-

tos de solda em regiões diametralmente opostas para cada pilar, e em seguida, finalizada a soldagem com cerca de 40 a 50 pontos de solda em cada interface cilindro/estrutura metálica em uma soldadora a laser (Desktop Dentaurum JP, Winkelstroeter KG, Pforzeim, Germany) (**Figura 3**).

Após a obtenção dos dois grupos, todas as estruturas foram submetidas à análise da interface de adaptação em microscopia óptica de precisão de 0,0005mm e magnificação de 50x (STM; Olympus Optical Co, Tokyo, Japan), através do aperto alternado do parafuso das extremidades correspondentes aos implantes 1 e 5, aferindo-se as desadaptações encontradas para o implante central e distal<sup>9</sup>, por vestibular e lingual, com três mensurações obtidas para cada ponto. Este procedimento permitiu a obtenção das médias de desadaptação para cada estrutura e, com isso, a seleção da estrutura mais bem adaptada de cada grupo para a submissão à análise fotoelástica.

Com isso, apenas a estrutura mais bem adaptada do Grupo II foi submetida à retificação de seus cilindros em bordas e base de assentamento de parafuso protético (**Figura 4**), a qual foi feita de maneira modificada àquela manual sugerida pelo fabricante, através da colocação das pontas de retificação no mandril de uma furadeira de bancada (Ferrari Modelo FG-13, Mandril 13mm – 5 velocidades) sob rotação de 620 rpm, a fim de facilitar a retificação da estrutura, dificultada pela técnica manual em função da dureza do titânio comercialmente puro.

As estruturas selecionadas foram então submetidas ao teste de análise de tensões sobre o modelo fotoelástico. Este foi obtido através da duplicação da matriz metálica através de transferentes de moldagem por um material de moldagem à base de silicone (Silibor, Clássico Artigos Odontológicos, São Paulo, Brasil), e preenchimento do molde com resina Araldite (Araltec Produtos químicos Ltda – Huntsman), manipulada em uma câmara a vácuo. Após o correto posicionamento de cada implante aos respectivos pilares micro-unit com torque de 20 Ncm, e destes conjuntos aos transferentes de moldagem presos no molde, a resina foi vertida no interior do molde e, após um período de 72 horas, de acordo com a recomendação do fabricante, o modelo estava pronto para ser submetido aos testes (**Figura 5**).

\* A técnica da carga imediata é realizada através da fundição de uma supra-estrutura protética encerrada sobre cilindros de alívio em latão, permitindo o posterior relacionamento e cimentação da mesma a cilindros pré-fabricados de titânio posicionados na boca, com o objetivo de permitir o máximo de passividade à prótese.



Figura 1 – Matriz metálica em aço inoxidável representando o modelo mestre mandibular: vista frontal



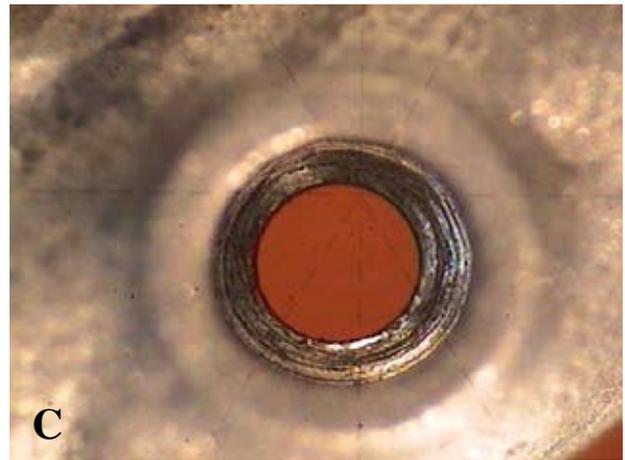
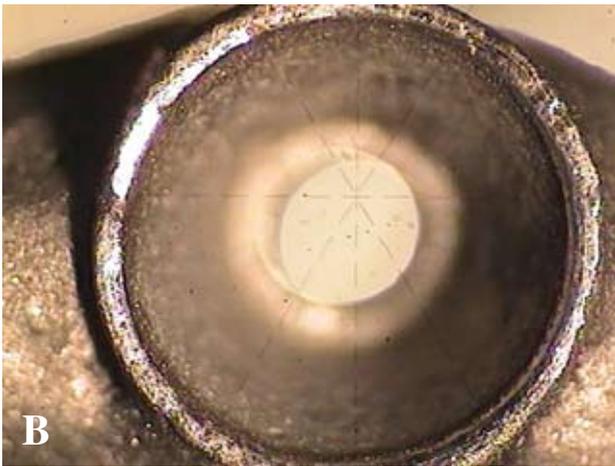
Figura 2 – Pontas do Sistema de Retificação de Cilindros Fundidos para pilares micro-unit: para borda de cilindros (a) e para a base de assentamento de parafuso protético (b)



Figura 3 – Aspecto da soldagem de borda a laser na interface cilindro/infra-estrutura metálica



Figuras 4a-c – a) Infra-estrutura retificada: aspecto externo. b) Vista interna da retificação da borda dos cilindros). c) Vista interna da retificação da base de assentamento dos parafusos protéticos



As estruturas eram parafusadas no modelo com torque controlado de 20 N/cm, através de torquímetro manual (Conexão Sistemas de Prótese, São Paulo, Brasil) em três diferentes seqüências de aperto dos parafusos: 1/2/3/4/5, 5/4/3/2/1 e 3/2/4/1/5. Após a primeira análise, a estrutura retificada do Grupo II sofreu secção e soldagem das partes, de acordo com a orientação de laboratórios usuários do sistema de retificação, que assim preconizam a fim de compensar a retificação individual realizada em cada cilindro. A estrutura foi novamente analisada em microscopia óptica e levada aos testes de análise de tensões no modelo fotoelástico através das três seqüências de aperto de parafusos.

## RESULTADOS

### *Médias de desadaptação*

Os valores obtidos para as médias de desadaptação das estruturas selecionadas foram de 165µm para a estrutura com soldagem de borda de cilindros,



117µm para a estrutura retificada e soldada e 54µm para a estrutura somente retificada. O comportamento fotoelástico para cada uma delas é descrito a seguir.

### **Análise fotoelástica das tensões**

A análise de tensões realizada neste estudo foi realizada pela descrição da localização e distribuição da franjas fotoelásticas coloridas formadas após a realização de cada seqüência de teste. Não houve preocupação em descrever os padrões de cores visualizados, pois tal fator só se faz necessário quando o objetivo é quantificar o padrão de tensões observado.

#### **Análise das tensões na seqüência de aperto 5/4/3/2/1:**

Para a estrutura retificada o aperto de parafusos protéticos nesta seqüência proporcionou a formação de tensões no momento e direção relacionados à ordem de aperto, ficando as tensões concentradas ao redor dos implantes das extremidades, como também no implante central (**Figura 6a**).

Na estrutura retificada e soldada o aperto dos parafusos nesta ordem permitiu uma distribuição da concentração de tensões em todos os implantes, concentradas principalmente nos terços apicais e ápices dos implantes (**Figura 6b**).

Para a estrutura com soldagem de borda dos cilindros esta seqüência de aperto resultou numa notável redução da concentração de tensões (**Figura 6c**).

#### **Análise das tensões na seqüência de aperto 1/2/3/4/5:**

Para a estrutura retificada a concentração de tensões nesta seqüência também aconteceu de acordo com o momento e direção relacionados à ordem de aperto, mantendo-se concentradas, ao final da seqüência, principalmente ao redor dos implantes das extremidades, e entre os implantes 2 e 3 (**Figura 7a**).

A estrutura retificada e soldada, nesta seqüência, mostrou um padrão de concentração de tensões mais extenso entre os implantes, direcionado principalmente para o lado da ordem dos apertos, permanecendo concentradas principalmente entre os implantes 2,3,4 e 5 (**Figura 7b**).

Para a estrutura com soldagem de borda dos cilindros houve um padrão de formação de tensões também mais atenuado, mas localizado próximo ao implante 2. (**Figura 7c**).

Análise das tensões na seqüência de aperto 3/2/4/1/5):

Na estrutura retificada, ao final do aperto desta seqüência, as tensões ficaram muito concentradas ao redor dos implantes 2,3 e 4, principalmente no implante central (**Figura 8a**).

Para a estrutura retificada e soldada o aperto dos parafusos nesta seqüência promoveu a formação de padrão de tensões localizado ao redor de todos os implantes, principalmente nos terços apicais e ápices dos implantes mediais e no implante 5, e de maneira menos marcante no implante 1 (**Figura 8b**).

A estrutura com soldagem de borda dos cilindros mostrou formação de tensões um pouco menos concentradas, na região dos implantes mediais, principalmente no implante 2 e 4. (**Figura 8c**).

## **DISCUSSÃO**

Os resultados obtidos mostraram diferentes padrões de indução de tensões entre a estrutura que teve seus cilindros soldados a laser à supra-estrutura protética e aquela que teve seus cilindros retificados pelo Sistema Retificador de Cilindros Fundidos, até mesmo após a secção e soldagem desta, mostrando que, de um modo geral, a primeira apresentou formação de menor quantidade de franjas fotoelásticas ao redor dos implantes quando comparada à segunda. De maneira adicional, a seqüência de aperto dos parafusos protéticos também influenciou no padrão de formação de tensões induzidas pelas infra-estruturas de titânio. Verificou-se que a seqüência 3/2/4/1/5 induziu a formação de uma menor quantidade de tensões nos implantes de extremidade, ao contrário do que foi observado nas outras duas seqüências (1/2/3/4/5 e 5/4/3/2/1), onde estes ficaram mais sobrecarregados após o aperto do último parafuso. De acordo com isso, pode ser sugerido que a seqüência de aperto de parafusos 3/2/4/1/5 seja utilizada para esse tipo de reabilitação, pois aliviam as tensões em implantes de extremidade, geralmente os mais exigidos pelas extensões em cantilever quando da peça em função. Além do mais, esta seqüência mostra-se muito próxima àquela sugerida por Yemt (1991) que propõe a seqüência 2/4/3/1/5.

Ainda em relação ao comportamento fotoelástico, o menor padrão de tensões observado foi para a estrutura que teve seus cilindros soldados a laser, com exceção à pequena concentração de tensões nos implantes mediais na seqüência 3/2/4/1/5. No entanto, este resultado entrou em conflito com a média de desadaptação encontrado para esta infra-estrutura (165µm), seguido da retificada e soldada (117µm) e desta somen-

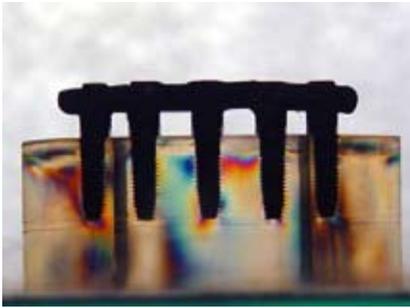


Figura 6a – Comportamento fotoelástico para a estrutura retificada após a seqüência de aperto 5/4/3/2/1

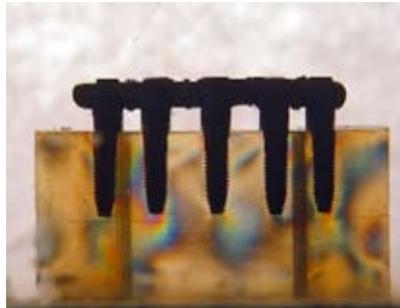


Figura 6b – Comportamento fotoelástico para a estrutura retificada e soldada após a seqüência de aperto 5/4/3/2/1

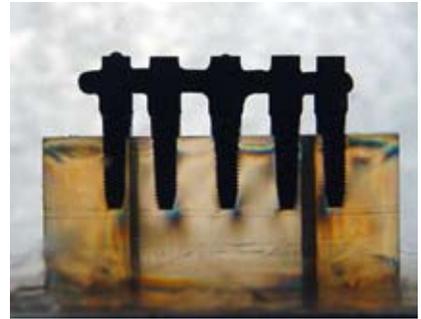


Figura 6c – Comportamento fotoelástico para a estrutura com soldagem de borda de cilindros após a seqüência de aperto 5/4/3/2/1

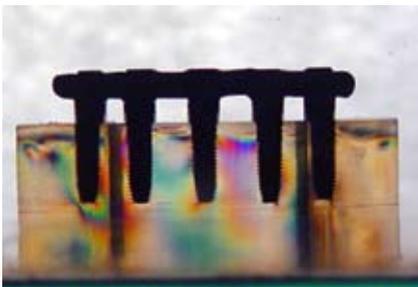


Figura 7a – Comportamento fotoelástico para a estrutura retificada após a seqüência de aperto 1/2/3/4/5

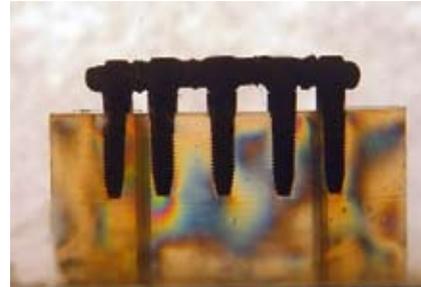


Figura 7b – Comportamento fotoelástico para a estrutura retificada e soldada após a seqüência de aperto 1/2/3/4/5



Figura 7c – Comportamento fotoelástico para a estrutura com soldagem de borda de cilindros após a seqüência de aperto 1/2/3/4/5

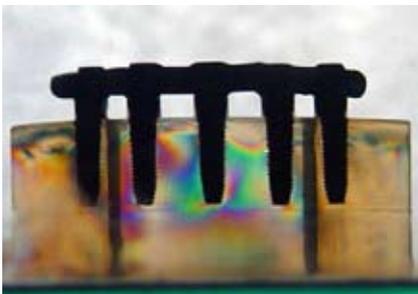


Figura 8a – Comportamento fotoelástico para a estrutura retificada após a seqüência de aperto 3/2/4/1/5

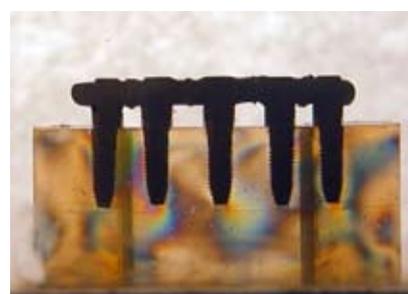


Figura 8b – Comportamento fotoelástico para a estrutura retificada e soldada após a seqüência de aperto 3/2/4/1/5



Figura 8c – Comportamento fotoelástico para a estrutura com soldagem de borda de cilindros após a seqüência de aperto 3/2/4/1/5

te retificada (54µm). Isto poderia ser explicado através do método da avaliação através do teste do parafuso único aqui utilizado. Após a retificação da estrutura do grupo II, notou-se que a retificação eliminou irregularidades das bordas dos cilindros e, principalmente, da base de assentamento dos parafusos protéticos, fatos estes que podem influenciar na fidelidade do teste do parafuso único em peças não retificadas.

Outro fator a ser considerado é que o método de soldagem de borda de cilindros permite uma compensação tridimensional da distorção da peça, diferentemente da estrutura retificada, a qual permitiu compensação de maneira individual para cada cilindro. Isto explicaria o diferente comportamento fotoelástico das tensões para as infra-estruturas. Neste contexto ainda podemos dizer que *“... se a soma das distorções provocadas pelos procedimentos laboratoriais de confecção das estruturas forem colocados em uma equação de distorção e se o resultado for igual a zero, o assentamento passivo da peça sobre os pilares é alcançado”*<sup>29</sup>. Isto também explicaria o melhor comportamento fotoelástico para a soldagem de borda de cilindros a laser, apesar do resultado numérico de sua desadaptação.

Verificamos também que a secção e soldagem da peça retificada melhoraram o padrão de tensões ao redor dos implantes, apesar de o mesmo ter obtido um aumento da média de desadaptação. Este aumento poderia ser explicado pela soldagem vertical utilizada para a união das partes, a qual promove uma maior contração e, conseqüentemente, maior desadaptação vertical. Já a soldagem horizontal realizada entre interfaces de cilindros e supra-estrutura do grupo I permite um melhor controle da distorção de soldagem<sup>10</sup>, pois compensa componentes horizontais e angulares de desta distorção.

Por fim, podemos dizer que existem diferenças entre as técnicas de aprimoramento de adaptação aqui comparadas e que a disponibilização de outros méto-

dos de avaliação de desadaptação poderiam facilitar o dia-a-dia profissional na avaliação da desadaptação de próteses fixas implanto-suportadas. Alguns autores sugerem o método computadorizado “centróide” de captura de dados, ou o método fotogramétrico para melhor avaliação<sup>11</sup>.

Ainda devemos salientar que existem outros fatores não abordados neste trabalho que exercem influência no comportamento biomecânico das próteses, com menor ou maior grau de passividade, como cargas oclusais, módulo de elasticidade do material de cobertura protética, frequência mastigatória e qualidade óssea ao redor dos implantes. No entanto, de forma sugestiva, pode-se indicar a soldagem de borda de cilindros em busca da passividade a seqüência de aperto de parafuso de mesial para distal em busca da melhora da distribuição de tensões em próteses fixas implanto-suportadas.

## CONCLUSÕES

Os resultados deste estudo permitiram concluir que:

- 1) O grupo I submetido à técnica da soldagem de borda de cilindros a laser promoveu padrão mais atenuado de formação de tensões
- 2) A secção e soldagem da estrutura retificada do grupo II proporcionaram maior nível de desadaptação, porém, melhorou o padrão de distribuição de tensões.
- 3) A seqüência de aperto de parafusos protéticos 3/2/4/1/5 promoveu alívio de tensões em implantes de extremidade.
- 4) A análise de adaptação pelo teste do parafuso único pode ter seus resultados influenciados pelo grau de irregularidades internas das bordas e principalmente bases de assentamento de parafuso protético.

---

## ABSTRACT

The passive fit of implanted-supported fixed rehabilitation may be achieved with laboratorial procedures. The aim of this study was evaluate the stress formation induced by two techniques indicated to obtain implant-supported fixed prostheses with satisfactory passive fit by means of photoelastic analysis. Two titanium casts groups were fabricated in a metallic master cast: Group I- three frameworks fabricated by laser welded cylinder technique and Group II- three frameworks cast in one-piece and submitted to cylinder refinement system. After optical microscopy evaluation, only the better-fit framework of both groups was submitted to the photoelastic analysis, testing three screw tightening sequences. Subsequent to the first analysis the selective framework of Group II was sectioned and laser welded to be submitted to a new evaluation. Results showed superior stress magnitude formation in screw tightening sequences from left to right and vice-versa of both groups, while medial to distal screw tightening sequence presented better results to Branemark protocolo rehabilitation. The group

I framework illustrated better results, even though had showed superior values of misfit (165 $\mu$ m) compared to group II before (54 $\mu$ m) and after section and laser welded (117 $\mu$ m). Laser welded cylinder technique achieved better results to this type of rehabilitation mainly allied to the medial to distal prosthetic screw tightening sequence.

## UNITERMS

Fixed implant prosthesis; passivity; photoelastic analysis

## REFERÊNCIAS

- Akama CM, Vasconcellos DK, Bottino M, Nishioka RS, Jóias RM, Camargo FP. Avaliação in vitro do emprego de retificadores de cilindros fundidos na adaptação de próteses implanto-suportadas. *Braz Oral Res.* 2004 Set; 18 (supplement ) 87.
- Bergendal B, Palmquist S. Laser-welded titanium frameworks for fixed prosthesis supported by osseointegrated implants: a 2-year multicenter study report. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 1995; 10(2):199-206.
- Clelland NL, Gilat A, Mcglumphy EA, Brantley WA. A photoelastic and strain gauge analysis of angled abutments for an implant system. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 1993; 8(5):541-8.
- Clelland NL, Van Putten MC. Comparison of strains produced in a bone simulant between conventional cast and resin-luted implant frameworks. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 1997; 12(6):793-9.
- Contreras EFR, Henriques GEP, Giolo SR, Nóbilo MAA. Fit of cast commercially pure titanium and Ti-6Al-4V alloy crowns before and after marginal refinement by electrical discharge machining. *J Prosthet Dent.* 2002; 88(5):467-2.
- Gordon TE, Smith DL. Laser welding of prostheses – an initial report. *J Prosthet Dent.* 1970; 24(4):472-76.
- Haraldson T. A photoelastic study of some biomechanical factors affecting the anchorage of osseointegrated implants in the jaw. *Scand J Plast Reconstr Surg.* 1980; 14:209-14.
- Horblyon BZ, Simamoto-Júnior PC, Soares CJ, Barboza GAS, Neves FDD. Avaliação do ajuste vertical após o emprego de retificadores para pilares de prótese implantada tipo UCLA fundíveis. *Braz Oral Res.* 2004 Set; 18 (supplement): 87.
- Yemt t, Carlsson L, Boss A, Jorneus L. In vivo load measurements on osseointegrated implants supporting fixed or removable prostheses: a comparative pilot study. *Int J Maxillofac Implants.* 1991; 6(4):413-7.
- Jemt T, Linden B. Fixed implant-supported prostheses with welded titanium frameworks. *Int J Periodontics Restor Dent.* 1992; 12(3):177-84.
- Jemt T, Rubeinstein JE, Carlsson L, Lang BR. Measuring fit at the implant prosthodontic interface. *J Prosthet Dent.* 1996; 75(3):314-25.
- Jiménez-López. Reabilitação bucal em prótese sobre implantes. São Paulo: Quintessence; 2000.
- Kenney R, Richards MW. Photoelastic stress patterns by implant-retained overdentures. *J Prosthet Dent.* 1998; 80(5):559-64.
- Kleine A. Análise do assentamento passivo de infra-estruturas implanto-suportadas obtidas pela técnica do cilindro cimentado e soldado a laser [dissertação]. Piracicaba: Faculdade de Odontologia de Piracicaba, Universidade Estadual de Campinas, UNICAMP; 2002.
- Lindh T, Gunne J, Danielsson S. Rigid connections between natural teeth and implants: A technical note. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 1997; 12(5):674-8.
- Lindquist LW, Rockler B, Carlsson GE. Bone resorption around fixtures in edentulous patients treated with mandibular tissue-integrated prostheses. *J Prosthet Dent.* 1988; 59(1):59-63.
- McCartney J. Intraoral connection of individual abutment attachments for osseointegrated implant-supported prostheses. *J Prosthet Dent.* 1991; 66:799-803.
- Ortop A, Jemt T. Clinical experiences of implant-supported prostheses with laser-welded titanium frameworks in the partially edentulous jaw: A 5-year follow-up study. *Clin Implant Dent Relat Res.* 1999; 1(2):84-91.
- Riedy SJ, Lang BR, Lang BE. Fit of implant frameworks fabricated by different techniques. *J Prosthet Dent.* 1997; 78(6): 596-604.
- Rubeinstein J, Ma T. Comparison of interface relationships between implant components for laser-welded titanium frameworks and standard cast frameworks. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 1999; 14:491-5.
- Sertgoz A. Finite element analysis study of the effect of superstructure material on stress distribution in an implant- supported fixed prosthesis. *Int J Prosthodont.* 1997; 10(1):19-27.
- Silva TBP. Análise da adaptação marginal de próteses fixa implanto-suportadas em liga de titânio, fundidas em monobloco ou submetidas à soldagem a laser e eletroerosão através do assentamento passivo [dissertação]. Piracicaba: Faculdade de Odontologia de Piracicaba, Universidade Estadual de Campinas, UNICAMP; 2002.
- Skalak R. Biomechanical considerations in osseointegrated prostheses. *J Prosthet Dent.* 1983; 49 (6):843-8.
- Sousa Sa. Análise da adaptação marginal de infra-estruturas implanto-suportadas pré-fabricadas ou fundidas em titânio, submetidas a eletroerosão [dissertação]. Piracicaba: Faculdade de Odontologia de Piracicaba, UNICAMP; 2003.
- Thayer HH, Caputo A. A Photoelastic stress analysis of overdenture attachments. *J Prosthet Dent.* 1980; 43(6):611-7.
- Wang S, Hobkirk JA. Load distribution on implants with a cantilevered superstructure: an in vitro pilot study. *Implant Dent.* 1996; 5(1):36-42.
- Waskewicz GA, Ostrowski JS, Parks VJ. Photoelastic analysis of stress distribution transmitted from fixed prostheses attached to osseointegrated implants. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 1994; 9(4):405-11.
- Watanabe F, Uno I, Neuendorff G, Kirsch A, Hata Y. Analysis of stress distribution in screw-retained implant prostheses. *Int J Oral Mxillofac Implants.* 2000; 15(2):209-18.
- Wee AG, Aquilino SA, Schneider R. Strategies to achieve fit in implant prosthodontics: a review of the literature. *Int J Prosthodont.* 1999; 12 (2):167-78.

Recebido em 08/03/06  
Aprovado em 19/10/06

Correspondence to:  
Mauro Antonio de Arruda Nobilo  
Av. Limeira, 901 - Areiaio  
CEP 13414-903  
Piracicaba/Sao Paulo – Brazil  
E-mail: nobilo@fop.unicamp.br