



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS DA SAÚDE**

João Francisco Machado do Nascimento

Análise fotoelástica da distribuição de tensões peri-implantares em overdenture mandibular retida por implante unitário com diferentes tipos de conexão

**Goiânia
2013**

**TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAR AS TESES E
DISSERTAÇÕES ELETRÔNICAS (TEDE) NA BIBLIOTECA DIGITAL DA UFG**

Na qualidade de titular dos direitos de autor, autorizo a Universidade Federal de Goiás (UFG)

a disponibilizar, gratuitamente, por meio da Biblioteca Digital de Teses e Dissertações (BDTD/UFG), sem resarcimento dos direitos autorais, de acordo com a Lei nº 9610/98, o documento conforme permissões assinaladas abaixo, para fins de leitura, impressão e/ou download, a título de divulgação da produção científica brasileira, a partir desta data.

1. Identificação do material bibliográfico:

[]

[] Dissertação [X] Tese

2. Identificação da Tese ou Dissertação

Autor(a):	João Francisco Machado do Nascimento						
E-mail:	jfranasci@yahoo.com.br						
Seu e-mail pode ser disponibilizado na página? [] Sim [x] Não							
Vínculo empregatício do autor	Universidade Federal de Goiás						
Agência de fomento: Conselho Nacional de Pesquisa e Desenvolvimento Tecnológico					Sigla:	CNPq	
País:	BRASIL	UF:	GO	CNPJ:			
Título:	Análise fotoelástica da distribuição de tensões peri-implantares em overdenture mandibular retida por implante unitário com diferentes tipos de conexão						
Palavras-chave:	Edentulismo, sobredentadura mandibular, análise fotoelástica						
Título em outra língua:	Photoelastic stress distribution produced by different retention systems for a single-implant mandibular overdenture						
Palavras-chave em outra língua:	Edentulism, mandibular overdenture, photoelastic stress analysis						
Área de concentração:	Processo saúde doença						
Data defesa:	14/08/2013						
Programa de Pós-Graduação:	Ciências da Saúde						
Orientador:	Prof. Dr. Cláudio Rodrigues Leles						
E-mail:	claudio_leles@ufg.br						
Co-orientador(a):							
E-mail:							

3. Informações de acesso ao documento:

Liberação para disponibilização [X] total [] parcial

Havendo concordância com a disponibilização eletrônica, torna-se imprescindível o envio do(s) arquivo(s) em formato digital PDF ou DOC da tese ou dissertação.

O Sistema da Biblioteca Digital de Teses e Dissertações garante aos autores, que os arquivos contendo eletronicamente as teses e ou dissertações, antes de sua disponibilização, receberão procedimentos de segurança, criptografia (para não permitir cópia e extração de conteúdo, permitindo apenas impressão fraca) usando o padrão do Acrobat.

Data: ____ / ____ / ____

Assinatura do (a) autor (a)

João Francisco Machado do Nascimento

Análise fotoelástica da distribuição de tensões peri-implantares em overdenture mandibular retida por implante unitário com diferentes tipos de conexão

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências da Saúde da Universidade Federal de Goiás para obtenção do Título ou Mestre em Ciências da Saúde.

Orientador: Prof. Dr. Claudio Rodrigues Leles

**Goiânia
2013**

**Programa de Pós-Graduação em Ciências da Saúde
da Universidade Federal de Goiás**

**BANCA EXAMINADORA DA
DISSERTAÇÃO DE MESTRADO**

Aluno: João Francisco Machado do Nascimento

Orientador: Prof. Dr. Claudio Rodrigues Leles

Membros:

1. Prof. Dr. Cláudio Rodrigues Leles

2. Prof. Dr. Danilo Rocha Dias

3. Prof. Dr. Gersinei Carlos de Freitas

OU

4. Prof. Dr. José Luiz Rodrigues Leles

5. Prof. Dr. Elismauro Francisco de Mendonça

Data: 14.08.2013

DEDICATÓRIA

A Deus

Pela oportunidade de vida para poder evoluir e servir a humanidade.

Aos meus pais Moacir e Yvone

Por dedicar parte de suas vidas em cuidar e educar-me com atenção e afeto.

A minha esposa Rosália

Pelo o esforço, paciência e colaboração na realização deste trabalho.

Aos meus filhos Adriano e Diogo

Que dão razão a minha existência

Ao amigo Carlos Bernardo G Pecotche

Pela generosa oportunidade de evoluir conscientemente através dos
seus grandes ensinamentos.

AGRADECIMENTO ESPECIAL

Ao Prof. Dr. Claudio Rodrigues Leles

Pela oportunidade de grande aprendizado e convivência, pela confiança depositada. Obrigado por compartilhar seus conhecimentos, possibilitando a realização deste trabalho e contribuindo para minha formação.

Sou muito grato por tudo.

AGRADECIMENTOS

À Faculdade de Odontologia da Universidade Federal de Goiás (FO-UFG), na pessoa da diretora Profa Dra Enilza Maria M. de Paiva

Ao Programa de Pós-Graduação Ciências da Saúde-UFG, na pessoa do coordenador Prof. Dr. Paulo César Brandão Veiga Jardim.

À Profa. Dra. Renata Cristina Silveira Rodrigues Ferracioli, pela gentileza, assistência, ajuda na realização do desenvolvimento da análise fotoelástica.

Ao colega, Mestre Fábio Afrânio de Aguiar Júnior pela valiosa dedicação na realização deste trabalho.

Aos amigos de mestrado, pelas colaborações e por todos os momentos bons passamos juntos durante este curso.

A todos que, de alguma forma, foram importantes para realização deste trabalho.

RESUMO

Implantes osseointegrados vêm sendo utilizados com sucesso para restaurar a função e a estética de pacientes desdentados totais e parciais. No entanto há necessidade de tornar o tratamento de pessoas com necessidade de overdenture retida com implante menos oneroso e mais eficiente. O objetivo deste trabalho foi verificar pela técnica fotoelástica (Qualitativa) as tensões geradas ao redor do implante pela aplicação de carga sobre overdenture mandibular retida por um implante unitário na sínfise da mandibular. Foi confeccionado um modelo de resina fotoelástica Araldite, reproduzido de uma mandibular anatômica, onde foi fixado na região sínfise um implante 3.75x11mm (Titamax Ti Cortical, Neodent, Curitiba, Brasil). Com um modelo foi confeccionada uma prótese total e gingival artificial. Todos os pilares foram posicionados sobre o implante e apertado com 10 Ncm, a fêmea foi capturada de forma direta à prótese, com a réplica da mucosa em posição. Todos foram sucessivamente capturados e levados à máquina de ensaio universal. Com uma carga axial de 70 Ncm na fossa central do 46 e incisal do 41. Foram fotografados em um polariscópio as franjas resultantes das tensões. Foram feitas análises qualitativa dos resultados das tensões sobre o attachment. De acordo com os resultados obtidos pode-se concluir que a carga transferida para o implante, é baixo, independente do sistema de retenção.

Palavras-chave: sobredentadura mandibular, edentulismo, análise fotoelástica

ABSTRACT

For patients poorly adapted to conventional dentures, the single-implant mandibular overdenture has been proposed as a simplified alternative for the two-implant treatment, together with the use of immediate loading of the implant. The aim of this in vitro study was to compare the photoelastic characteristics of stress transfer to the implant in a single-implant mandibular overdenture using different types of attachments. A photoelastic model of an edentulous mandible with a resilient edentulous ridge and a unique implant located at the symphyseal region was obtained to reproduce a single implant-retained mandibular overdenture. Six 2.0 mm height attachments were selected and inserted in the same photoelastic model in a random order. A universal material testing machine was used to induce axial vertical loads of 70 N applied in the central incisor and in the central region of the first right molar without contact on the contralateral side. The photoelastic analysis was performed using a polariscope integrated into the testing machine. Standard separate views were photographed and evaluated visually for stress-induced fringes, to comparatively rank the different attachment systems. All attachments showed a similar tension distribution concentrated in the apical third, and the highest stress concentration at the apical level. There was a low stress concentration at the coronal third of the implant, with no discernible stress in the first threads of the implants, except for Dalla Bona which showed low stress at the coronal part of the implant (one fringe). No identifiable fringes were observed when the load was applied in the molar region, which resulted from the low amount of stress transmitted by the implant for all attachments. It was concluded that the load transferred to a single mandibular implant is low and within the limits of functional loading, irrespective of the type of retention system.

Keywords: mandibular overdentures, edentulismo, photoelastic stress analysis

SUMÁRIO

RESUMO	4
ABSTRACT	5
INTRODUÇÃO	8
Overdentures sobre implante	10
Protocolos de consenso quanto ao tratamento do edentulismo	11
Overdenture mandibular com implante unitário	12
Análise biomecânica das overdentures mandibulares retidas por implante unitário	14
Métodos para avaliação de carga sobre implantes	15
OBJETIVO	18
MATERIAL E MÉTODO	19
PUBLICAÇÃO	28
CONSIDERAÇÕES FINAIS	49
REFERÊNCIAS BIBIOGRÁFICAS	50

Análise fotoelástica da distribuição de tensões peri-implantares em overdenture mandibular retida por implante unitário com diferentes tipos de conexão

Introdução

Nas últimas décadas, foi notável o aumento da expectativa de vida da população brasileira, onde a proporção de idosos se elevou de 9,1% em 1999 para 11,3% em 2009, compondo hoje um contingente acima de 22 milhões de pessoas, superando a população de idosos de vários países da Europa, como a França e a Inglaterra. Junto a isso o edentulismo total continua sendo um problema de saúde pública no Brasil e dados do último levantamento nacional, realizado em 2010, confirmam esse fato (Oliveira, 2006; Brasil, 2011; Medeiros et al., 2012)

Sabe-se que, como resultado da perda de todos os dentes, várias consequências são percebidas. Comprometimento estético, na mastigação e na fonação, assim como redução da integração social e da autoestima são alterações evidentes nos indivíduos desdentados (Hugo et al., 2007; Vargas & Paixão, 2006; Musacchio et al., 2007; Slade et al., 2005; Steele et al., 2004).

Entre as modalidades de tratamento para o edentulismo total estão as próteses totais convencionais mucossuportadas e as próteses sobre implante. Dentro da opção envolvendo implantes, duas formas podem ser diferenciadas: o tipo removível (overdenture) e a prótese fixa sobre implantes (protocolo), havendo variações quanto ao sistema de retenção e ao número e disposição dos implantes na arcada dentária (Carlsson & Omar, 2010; Fitzpatrick, 2006).

Tradicionalmente, a forma de reabilitação mais utilizada em pacientes desdentados totais é a prótese total mucossuportada, sendo a retenção e estabilidade determinantes fundamentais para resultados de sucesso desse tipo de tratamento. O comprometimento de algum desses fatores, fato frequente nas próteses totais inferiores em indivíduos com acentuada reabsorção do rebordo alveolar inferior, traz redução da qualidade de vida e interfere até mesmo nas relações sociais de forma considerável (Fiske et al., 1998; Grover et al., 2013) Sabe-se também que a saúde geral e o estado nutricional dos indivíduos usuários de próteses totais são fortemente associadas com o estado de reabilitação (Hyland et al., 2009; Smith et al., 2009; Harder et al., 2011).

Para atingir retenção e estabilidade adequadas, fatores relacionados não somente a aspectos técnicos da confecção das próteses como também relativos à condição bucal devem ser levados em consideração. A qualidade e a quantidade de saliva, condições da anatomia intraoral (características do rebordo alveolar residual, localização de inserções musculares e freios, presença de tórus, entre outras) e coordenação neuromuscular são características de relevância que devem ser analisadas.

Embora a maioria desses pacientes esteja satisfeita com suas próteses totais, uma parcela significativa apresenta reclamações quanto à estética, retenção e função, especialmente no que se diz respeito à arcada inferior. (Critchlow & Ellis, 2010). Percebe-se que em relação às próteses totais superiores, resultados mais satisfatórios são alcançados em relação à retenção e estabilidade, já que o padrão de reabsorção óssea e as características

relacionadas ao rebordo alveolar maxilar geralmente são mais favoráveis do que o mandibular (Carlsson & Omar, 2010).

Overdentures sobre implante

Uma alternativa para melhorar a retenção/estabilidade e características funcionais (como mastigação e fala, por exemplo) das próteses totais inferiores em pacientes com prognóstico desfavorável devido a morfologia do rebordo é a utilização de implantes osseointegráveis, seja para retenção de prótese total fixa ou para overdentures (removível).

Vários relatos têm documentado desfechos de sucesso com as overdentures mandibulares implantossuportadas (Freeman et al., 2001; Gotfredsen & Holm, 2000; Raghoobar et al., 2000; Timmerman et al., 2004). Enquanto alguns estudos mostraram resultados excelentes quando 4 implantes unidos eram utilizados para reter uma overdenture mandibular, há evidência de que 2 implantes instalados na área interforaminal pode satisfatoriamente suportar uma overdenture, independente se sejam utilizados como pilares separados ou unidos com uma barra (Gotfredsen & Holm, 2000; Timmerman et al., 2004). Parece não haver diferença entre os sujeitos tratados com 2 ou 4 implantes no que se diz respeito à função e à satisfação geral. (Timmerman et al., 2004; Dedic & Mericske-Stern, 2005).

Os conceitos de tratamento para adultos desdentados totais utilizando implantes têm progredido com o objetivo de simplificar e tornar o tratamento de menor custo e eficiente. (Mericske-Stern & Zarb 1993; Zarb & Bolender 2004).

Estudos de longa duração têm indicado que 2 implantes esplintados ou não-esplintados retendo overdentures mandibulares (opondo-se a próteses totais maxilares) são uma forma de tratamento globalmente aceita. (Carlsson et al., 2004; Naert et al. 2004; Visser et al. 2006; Stoker et al. 2007; Meijer et al. 2009).

Mesmo frente a divulgação de resultados promissores relativos a diferentes abordagens na reabilitação de desdentados totais, ainda não há um consenso na literatura odontológica quanto à real superioridade de uma determinada modalidade de tratamento protético na abordagem do paciente desdentado inferior. Uma revisão sistemática, por exemplo, falhou ao mostrar evidência suficiente para apoiar alguma modalidade de tratamento universalmente superior para a mandíbula edêntula (Rich & Goldstein, 2002). Tanto as reabilitações com prótese mucossuportada quanto aquelas com próteses sobre implantes têm sido associadas a benefícios e custos fisiológicos, psicossociais e financeiros.

Protocolos de consenso quanto ao tratamento do edentulismo

Em 2002 foi realizado um simpósio no Canadá (McGill University, Montreal), com especialistas na área e participantes de ensaios clínicos com tratamento protético (Feine et al., 2002). A overdenture mandibular sobre dois implantes foi colocada como tratamento de escolha para o cuidado mínimo a ser ofertado ao indivíduo desdentado total. Isso foi reafirmado em 2009, no consenso de York, elaborado durante a conferência anual da *British Society for the Study of Prosthetic Dentistry* (Thomason et al., 2009). No entanto, em

pacientes geriátricos com atrofia mandibular severa, o número mínimo de implantes necessário não é claramente compreendido (Cordioli et al., 1997).

O sucesso destas modalidades de tratamento, embora excelentes, estão infelizmente fora do poder aquisitivo de muitos pacientes nesta situação. Um estudo de comparação de custos entre overdentures mandibulares retidas por 2 implantes separados e próteses totais inferiores convencionais mostrou que o custo direto da overdenture é 2.4 vezes o custo da prótese convencional (Takanashi et al., 2004). É desejável, portanto que os clínicos estejam aptos para oferecer uma melhora funcional significativa em relação às próteses inferiores problemáticas de uma maneira custo-efetiva. Além disso, seria vantajosa uma redução no tempo total de procedimentos clínicos, técnicos e de manutenção necessárias para atingir os objetivos do tratamento.

Overdenture mandibular com implante unitário

O uso da overdenture mandibular retida por um único implante localizado na sínfise mandibular foi proposto como uma alternativa de tratamento para pacientes idosos com experiência prévia de desconforto e dificuldades funcionais com as próteses totais convencionais (Cordioli et al., 1997).

Estudos incluindo diferentes características relacionadas ao tamanho amostral, idade média dos participantes e grupos de comparação avaliaram diferentes protocolos cirúrgicos e relacionados à prótese para a realização da overdenture mandibular com implantes (Cordioli et al., 1997; Krennmair & Ulm,

2001; Liddelow & Henry, 2007; Wolfart et al., 2008; Walton et al., 2009; Alsabeeha et al., 2010; Kronstrom et al., 2010; Gonda et al., 2010; Harder et al., 2011; Cheng et al., 2012; Grover et al., 2013).

Em algumas pesquisas foram observados desfechos relativos ao impacto do tratamento na percepção do paciente, como satisfação com as próteses a partir de parâmetros selecionados, impacto da condição bucal na qualidade de vida (OHRQoL), capacidade subjetiva de mastigação e manuseio da overdenture; e também do ponto de vista do profissional, através do teste da eficiência mastigatória objetiva (teste da peneira), avaliação das overdentures após captura dos implantes utilizando protocolos estruturados, entre outros (Cordioli et al., 1997; Krennmair & Ulm, 2001; Liddelow & Henry, 2007; Wolfart et al., 2008; Walton et al., 2009; Kronstrom et al., 2010; Harder et al., 2011; Cheng et al., 2012; Grover et al., 2013).

Aspectos envolvendo avaliações clínico-radiográficas, como taxa de sobrevida dos implantes, estabilidade implantar, sucesso das próteses, necessidade de ajustes/reparos, perda óssea marginal, condições dos tecidos peri-implantares e higienização das próteses também já foram relatados na literatura científica (Cordioli et al., 1997; Krennmair & Ulm, 2001; Liddelow & Henry, 2007; Wolfart et al., 2008; Walton et al., 2009; Alsabeeha et al., 2010; Kronstrom et al., 2010; Gonda et al., 2010; Harder et al., 2011; Cheng et al., 2012; Grover et al., 2013).

No entanto, poucos trabalhos relacionam o desempenho clínico e propriedades mecânicas de diferentes sistemas de retenção no uso da

overdenture mandibular retida por um único implante (Maeda et al, 2007; Alsabeeha et al., 2010; Alsabeeha et al., 2011).

Análise biomecânica das overdentures mandibulares retidas por implante unitário

No que se diz respeito à avaliação biomecânica das overdentures mandibulares retidas por implante unitário localizados na sínfise mandibular, poucos estudos são encontrados na literatura. Maeda et al., (2007) analisaram a biomecânica do implante unitário para overdenture mandibular utilizando um modelo in vitro e observaram que retentores do tipo ímã ou bola (O-ring), em termos de forças laterais para o pilar prótético e movimentos funcionais sob carga nos molares, têm os mesmos efeitos biomecânicos que overdentures sobre dois implantes. Isso se explica pelo fato de que quanto maior a distância entre o implante e o ponto de carga, como na região molar, menor carga lateral ao implante e maior movimento da base da prótese (Maeda et al, 2008).

Em outra investigação in vitro, Alsabeeha et al., (2010) analisou a força de retenção de 6 sistemas de fixação utilizados em overdentures mandibulares com um implante. Concluíram que sistemas de retenção de dimensões maiores proporcionaram maior força de retenção, porém é necessário consolidar essa informação através de estudos clínicos nos quais as forças de carga sobre os sistemas seriam reais (Alsabeeha et al., 2010).

Em 2011, Alsabeeha et al. avaliaram as propriedades mecânicas de diferentes sistemas de retenção usados para overdentures mandibulares com

um implante e compararam suas características de desgaste/deformação com o desempenho clínico em pacientes após 1 ano. Observaram que sistemas de retenção bola grandes com “machos” de titânio revestidos de nitreto e “fêmeas” plásticas mostraram comportamento de desgaste e desempenho clínico favoráveis (Alsabeeha et al., 2011).

Métodos para avaliação de carga sobre implantes

Uma das técnicas experimentais que permite prever a resposta mecânica de uma estrutura simulada mediante um esforço é a fotoelasticidade. Esta técnica é baseada nas propriedades que os materiais transparentes têm de exibir padrões coloridos quando visualizados com luz polarizada, e estes diferentes padrões são desenvolvidos pela distribuição das tensões internas e são denominados de efeitos fotoelásticos. A resina fotoelástica muda de cor quando submetida ao estresse e deformação, alterando seus índices de refração, sendo esta mudança visível através de uma polaríscópio (Vaz et al., 1999).

O efeito das forças aplicadas aos corpos é manifestado com o desenvolvimento de uma tensão interna que é distribuída de acordo com a direção e a forma com que o corpo é sustentado. Logicamente, as estruturas dentárias, bem como os implantes ósseointegrados, não são exceções a esta regra. As forças que ultrapassam o limiar da resposta biológica do osso alveolar causarão inevitavelmente reabsorções ósseas e poderão levar a uma degeneração do rebordo alveolar, o qual é de fundamental importância para a retenção dos aparelhos protéticos totais (Lavelle et al., 1993).

Além disso, a função biomecânica dos implantes é fundamentalmente diferente daquela dos dentes naturais, devido à ausência do ligamento periodontal (Lindh *et al.*, 1997), a possibilidade de transferência de sobrecarga ao implante e deste ao osso circunjacente pode ultrapassar o limite fisiológico e provocar a perda da osseointegração e falha das reabilitações (Kenney & Richards, 1998). Segundo Watanabe *et at.* (2000) os dentes podem ser movimentados até 100 μ m dentro do ligamento periodontal; entretanto, os implantes têm mobilidade de no máximo 10 μ m, limitada pela elasticidade óssea. Sendo assim, é imprescindível equilibrar a distribuição das forças mastigatórias por meio das próteses e destas para os implantes e osso suporte (De Boer, 1993).

Devido à união rígida entre os implantes osseointegrados e o osso alveolar, onde o ligamento periodontal não está presente, o comportamento biomecânico dos implantes osseointegrados difere de dentes naturais. A transmissão de cargas é mais elevada e a sobrecarga oclusal sobre a prótese e os implantes pode causar perda óssea ao redor dos implantes, fratura de implantes, afrouxamento dos componentes protéticos e afetar o sucesso do tratamento (Schwarz, 2000; Goodacre *et al.*, 2003).

Sob o ponto de vista da transferência de carga e de remodelamento ósseo adequado, overdentures apresentam técnica mais difícil do que uma prótese parcial fixa devido aos problemas criados pelo menor controle sobre as cargas. O uso de fixação rígida entre a overdenture e os implantes vai aumentar as forças horizontais sobre os implantes, e consequentemente, aumentar a reabsorção ao redor destes (Hertel & Kalk, 1993). Acredita-se que

a overdenture suportada por um único implante, a qual se usa suporte mucoso total, desenvolva uma distribuição de tensão mais favorável no sentido horizontal (Cordioli et al., 1997).

Objetivo

Avaliar as tensões geradas ao redor do implante pela aplicação de carga sobre overdenture mandibular retida por um implante unitário localizado na linha média para retenção de uma overdenture mandibular, através de análise fotoelástica de modelo.

Material e Método

A partir de mandíbula anatômica (mandíbula desdentada, Nacional Ossos, Jaú, São Paulo, Brasil) (Figura 1), foi confeccionado um modelo mestre curvo em polimetilmetacrilato obtido por meio de moldagem com silicone de duplicação. O modelo foi preparado para conter um análogo de implante regular (Neodent, Curitiba, Paraná, Brasil) localizado na região de sínfise. Com auxílio de um paralelômetro, o implante foi posicionado verticalmente e fixado à perfuração utilizando cola à base de cianoacrilato (Super Bonder, Loctite, São Paulo, Brasil).



Figura 1. Réplica de mandíbula desdentada

Em seguida, foi obtido um molde de transferência com o tipo de implante dos protótipo mandibular utilizando silicone para duplicação (Silicone Master - Talladium do Brasil) (Figura 2). Foi utilizada técnica de transferência do implante com transferente quadrado, transferente de hexágono externo, da dimensão 3.75 por 11mm (Figura 3).



Figura 2. Silicone para duplicação (Silicone Master - Talladium do Brasil)



Figura 3. Molde de transferência do implante

A partir deste molde foi obtido um modelo em resina fotoelástica Araldite (Araltec Produtos Químicos Ltda., Hunstman, Guarulhos, São Paulo) (Figura x) com um implante 3.75 x 11mm (Titamax TI Cortical, Neodent, Curitiba, Brasil) incorporado na matriz fotoelástica (Figura 3). Os dois componentes (Base e Catalizador) foram dosados em provetas individualizadas, com proporção de 1

de catalisador para 2 de base, em seguida vertida em um becker, de maneira lenta, no qual usou-se um bastão de vidro para manipular com movimentos circulares,lentos , em única direção até homogeneizá-la. Os movimentos lentos foram para minimizar a formação de bolhas no interior da resina. Aguardado 15 min. descanso em câmara de vácuo, o preenchimento do molde de silicone com o implante já posicionado, foi realizado com suavemente para não incorporar bolhas no interior do modelo.

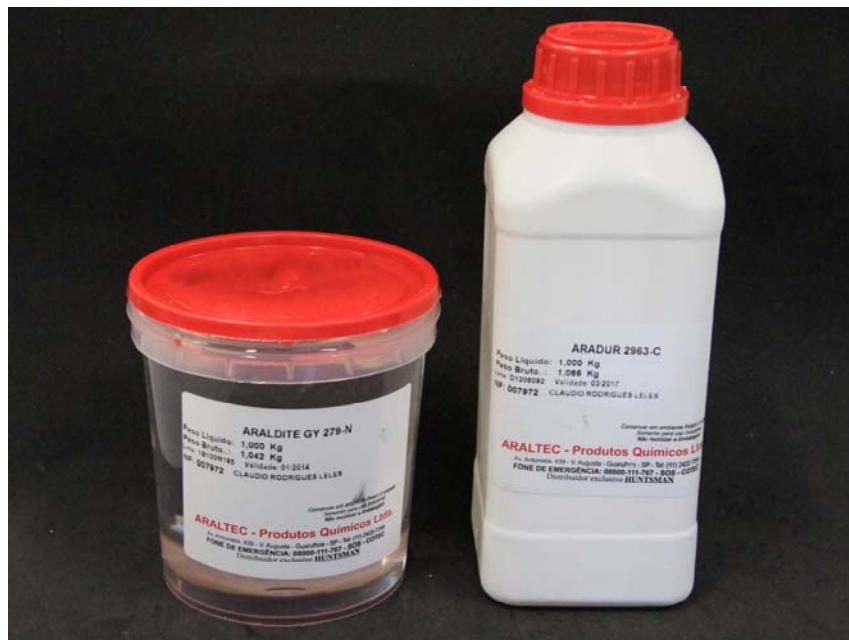


Figura 4. Resina fotoelática (Araltec Produtos Químicos Ltda., Hunstman,

Guarulhos, São Paulo)

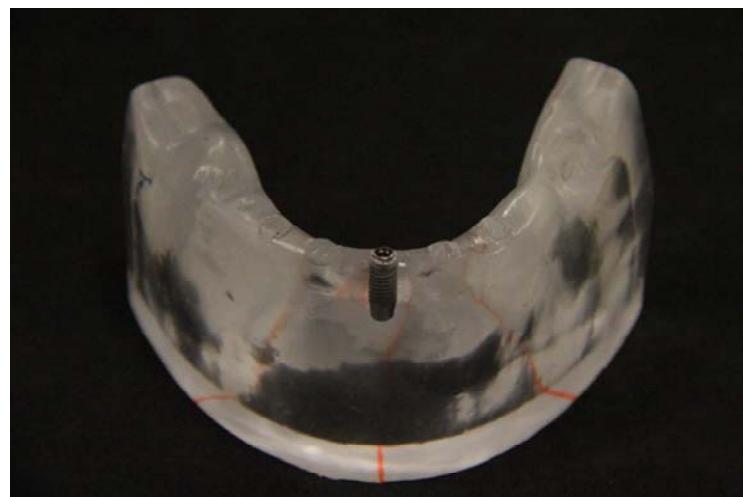


Figura 5. Modelo fotoelástico com implante incorporado

A partir do modelo de acrílico (polimetilmetacrilato) mandibular (Figura 5) foi realizada uma moldagem de transferência para obtenção de um modelo de gesso. Nova moldagem foi realizada com enceramento da mucosa originando um modelo para confecção de uma prótese total mandibular. Para a confecção da prótese foi utilizada resina acrílica termopolimerizada por microondas (Figura 6).

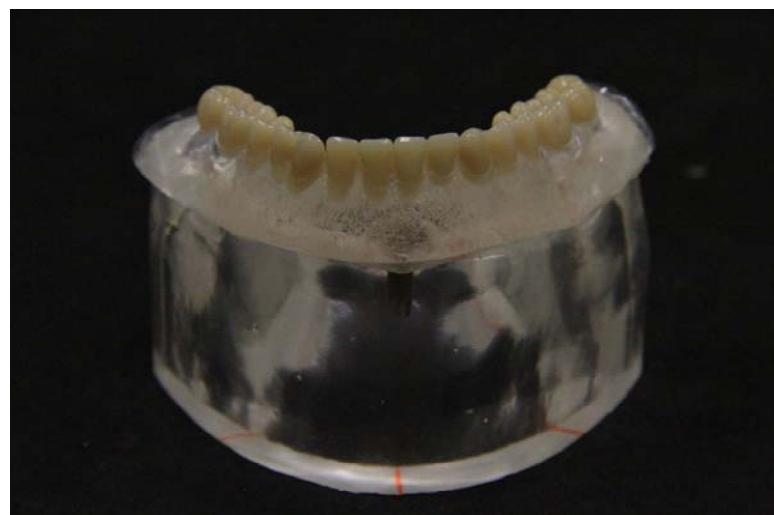


Figura 6. Prótese total posicionada sobre o modelo fotoelástico

Sobre o modelo mestre foi delimitada a área de gengiva. O modelo foi coberto por uma camada de cera 7 com espessura uniforme de 2mm . Dois pontos posteriores e um anterior foram recortados e sobre a cera foi confeccionado moldeira em resina acrílica. A cera foi removida do modelo mestre, a moldeira foi reenchida com resina resiliente incolor (Soft Confort, Dencril, Pirassununga, São Paulo, Brasil) e posicionada sobre o modelo até a total polimerização do material. Após a polimerização, a camada de gengiva foi removida do modelo mestre e excessos foram recortados (Figura 7).



Figura 7. Gengiva artificial posicionada sobre o modelo fotoelástico.

Seis pilares foram utilizados: O'ring Neodent, O'ring CNG, O'ring Dala Bona, Locator Biomet 3i, ERA Sterngold e O'ring Conexão (Tabela 1 e Figura 8), Todos os pilares foram posicionados sobre o implante e apertados com 10 Ncm, a parte fêmea foi capturada de forma direta à prótese, com a réplica da

mucosa em posição. Todos os tipos de pilares foram sucessivamente capturados e levados a maquina de ensaios universal.

Tabela 1. Sistemas de retenção

Sistema	Código	Fabricante
Locator	(LOC)	Biomet 3i, Palm Beach Gardens, USA
Conexão	(CON)	Conexão Sistema de Próteses, São Paulo
CNG	(CNG)	Conexão Sistemas de Prótese, São Paulo, Brasil
ERA	(ERA)	Sterngold, Attleboro, MA, USA
Neodent	(NEO)	Neodent, Curitiba, Paraná, Brasil
Dalla Bona	(DB)	CNG Soluções Protéticas, São Paulo, Brasil



Figura 8. Sistemas de retenção: Locator (LOC), Conexão (CON), CNG, ERA, Neodent (NEO) and Dalla Bona (DB).

Para a análise fotoelástica, as cargas foram aplicadas utilizando uma máquina de teste universal (EMIC Corp, Canton, Massachusetts) com cargas axiais de 70N aplicadas em duas situações: na região central dos primeiros molares direito e na região entre os incisivos centrais (Figura 9). O modelo fotoelástico foi submetido a simulação de cargas nos dentes incisivo central inferior esquerdo e segundo molar inferior direito e posterior, sem o contato do contra-lateral lado de balanceio, a fim de simular a indução de estresse durante a mastigação (Machado, 2009).



Figura 9. Pontos de aplicação de carga

O modelo fotoelástico assim obtido foi levado ao polariscópio (PS- 100 Polarimeter Systems / Strainoptics, Inc., North Wales, EUA) que estava posicionado na máquina de ensaios, para realização das análises (Figura10). Registros fotográficos de cada situação de interesse para análise foram realizados com auxílio de uma câmara digital (Canon 7D Tóquio, Japão) acoplada ao polariscópio (Figura 10).



Figura 10. Aparato para obtenção de fotografias

Para a análise qualitativa o polariscópio foi ajustado no modo de polarização circular. Foi observado o padrão de distribuição de franjas isocromáticas em torno do implante sob as diferentes condições de aplicação de carga, onde quanto maior o número de franjas, maior a intensidade de tensão, e quanto mais próximas, maior a concentração.

Após o carregamento, os modelos foram mantidos em estufa a uma temperatura de 50º C por 10 minutos para liberar as tensões induzidas. Três visões distintas (posterior direito, frontal e posterior esquerda) dos modelos serão fotografados para cada tipo de configuração de carga, perpendicularmente à área vestibular dos modelos.

A intensidade de tensões (número de franjas) e sua localização foram avaliados pelo mesmo examinador e classificados segundo a interpretação

adotada por Machado (2009), considerando os seguintes critérios: (1) Baixa Tensão - 1 franja ou menos; (2) a tensão moderada - entre 1 e 3 franjas; (3) Alta Tensão - mais de 3 franjas, conforme ilustra a Figura 11, a seguir.

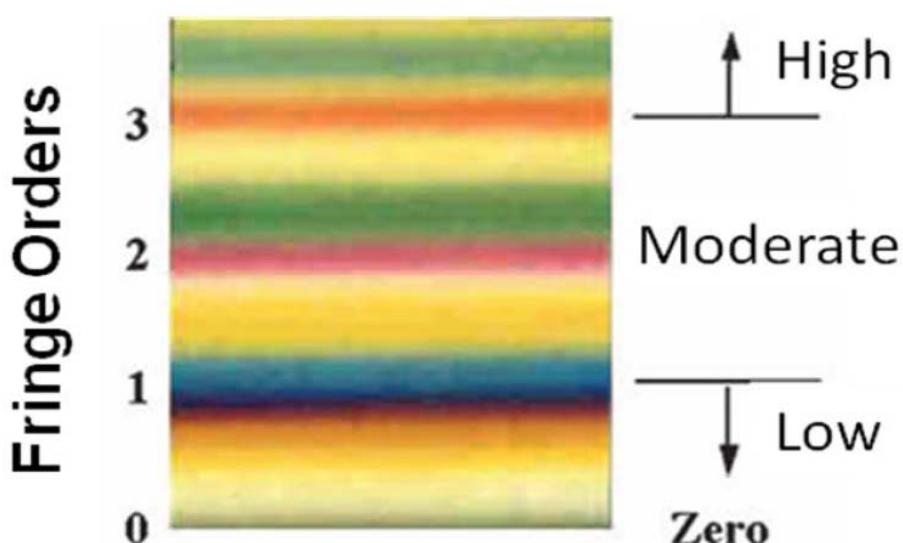


Figura 11. Relação entre o nível de tensão e o número de franjas, utilizado para interpretação das imagens obtidas a partir do modelo fotoelástico (Gotfredsen et al., 2001).

Em cada ciclo de aplicação de carga foi avaliado o nível de tensão e o número de franjas. A partir das fotografias obtidas foi feita análise comparativa do resultado através de análise qualitativa dos respectivos sistemas de retenção sobre os implantes.

Publicação

Nascimento JFM, Aguiar-Jr FA, Nogueira TE, Rodrigues RCS, Leles CR.

**Photoelastic stress distribution produced by different retention systems
for a single-implant mandibular overdenture.**

Artigo submetido ao Journal of Prosthodontics

Photoelastic stress distribution produced by different retention systems for a single-implant mandibular overdenture

João Francisco do Nascimento¹

Fábio Afrânio de Aguiar Júnior²

Túlio Eduardo Nogueira¹

Renata Cristina Silveira Rodrigues²

Cláudio Rodrigues Leles¹

¹ School of Dentistry, Federal University of Goias, Goiania, Goias, Brazil

² Ribeirao Preto School of Dentistry, Sao Paulo University, Ribeirao Preto, Sao Paulo, Brazil

ABSTRACT

Background: For patients poorly adapted to conventional dentures, the single-implant mandibular overdenture has been proposed as a simplified alternative for the two-implant treatment, together with the use of immediate loading of the implant. **Purpose:** The aim of this in vitro study was to compare the photoelastic characteristics of stress transfer to the implant in a single-implant mandibular overdenture using different types of attachments. **Methods:** A photoelastic model of an edentulous mandible with a resilient edentulous ridge

and a unique implant located at the symphyseal region was obtained to reproduce a single implant-retained mandibular overdenture. Six 2.0 mm height attachments were selected and inserted in the same photoelastic model in a random order. A universal material testing machine was used to induce axial vertical loads of 70 N applied in the central incisor and in the central region of the first right molar without contact on the contralateral side. The photoelastic analysis was performed using a polariscope integrated into the testing machine. Standard separate views were photographed and evaluated visually for stress-induced fringes, to comparatively rank the different attachment systems.

Results: All attachments showed a similar tension distribution concentrated in the apical third, and the highest stress concentration at the apical level. There was a low stress concentration at the coronal third of the implant, with no discernible stress in the first threads of the implants, except for Dalla Bona which showed low stress at the coronal part of the implant (one fringe). No identifiable fringes were observed when the load was applied in the molar region, which resulted from the low amount of stress transmitted by the implant for all attachments. **Conclusion:** It was concluded that the load transferred to a single mandibular implant is low and within the limits of functional loading, irrespective of the type of retention system.

INTRODUCTION

An implant-retained overdenture using two implants in the interforaminal region of the mandible has been recommended as the standard of care for the edentulous patient (Feine et al., 2002; Thomason et al., 2009; Das et al.,

2012), since it is more satisfying for the majority of patients than conventional dentures (Emami et al., 2009). However, there is no reliable evidence to demonstrate that a particular number of implants offers a better outcome as compared to another (Roccuzzo et al., 2012). Thus, no single specific treatment modality is recommended for the edentulous mandible. The standard of care is an intervention judged by the well-informed patient, carried out by a trained and experienced prosthodontist, to best meet the needs and circumstances of the patient (Fitzpatrick, 2006).

The single-implant mandibular overdenture is a simplification of the protocol with two implants, placed in the symphyseal region of the mandible. This alternative was proposed as an appropriate treatment for geriatric patient groups because of their diminished functional demands and the favorable conditions of local bone quality and quantity to promote good primary stability of the implant (Cordioli et al., 1997; Krennmair and Ulm, 2001). Furthermore, clinical studies have shown satisfactory results in terms of patient satisfaction with the denture and other clinical outcomes such as implant survival, marginal bone loss, implant stability, reduction of costs, and the need for adjustment and repair (Walton et al., 2009; Alsabeeha et al., 2009; Liddelow and Henry, 2010; Alsabeeha et al., 2011). Satisfactory results have also been observed for immediate and early loading of the implant (Liddelow and Henry, 2007, 2010; Alsabeeha et al., 2011).

A high degree of primary implant stability is essential for a successful immediate/early loading procedure (Esposito et al., 2007), and occlusal load and load transfer to the implant may have an influence on the outcomes of prosthesis failure, implant failure, or bone loss (Esposito et al.,

2013). Cordioli et al. suggested that the masticatory stress distribution in a single implant overdenture uses full mucosal support and develops a more favorable stress distribution in the horizontal dimension, which may limit the problems encountered with the standard mandibular overdenture approach (Cordioli et al., 1997).

Several studies have investigated the biomechanical behavior of implant overdentures under load with different prosthetic designs, the number of implants ranging from two to four implants, retention systems using ball/O'ring, bar-clip or magnet attachments, and methods for stress distribution analysis (Frederick and Caputo, 1996; Kenney and Richards, 1998; Sadowsky and Caputo, 2000; Tokuhisa et al., 2003; Fanuscu and Caputo, 2004; Celik and Uludag, 2007; Machado et al., 2011, Hong et al., 2012). Overall, the results have shown that the load to the implants is dependent on the position and distribution of the implants, and that resilient caps directly attached to the implants provide better force distribution, evidenced by uniform stress transfer from the implants to the supporting structures (Frederick and Caputo, 1996). Conflicting results have been observed regarding the ability of different retention system (ball/O'ring, bar, and combinations of attachments) to optimize stress transfer and minimize denture movement. However, differences in implant and attachment designs, methods for stress analysis, and loading characteristics make it difficult to compare studies.

Although there is reliable clinical evidence of the effectiveness of the single-implant mandibular overdenture, few studies have explored the biomechanics of this treatment approach (Maeda et al., 2008; Liu et al., 2012). Understanding the load distribution around the implant may provide important information to

guide the surgical and prosthetic treatment protocol, particularly in the case of immediate or early loading. Maeda et al. (Maeda et al., 2008) in an in vitro study using strain gauges observed that single-implant overdentures have similar biomechanical effects as two-implant overdentures in terms of lateral forces to the abutment and denture base movements under molar functional loads. Liu et al. (Liu et al., 2013) used finite element analysis to conclude that a single-implant overdenture showed low strain in peri-implant bone within physiological limits. Under vertical load on the anterior region, the single-implant overdenture tends to rotate over the implant from side to side; however, no significant increase in strain was observed in the peri-implant region (Liu et al., 2012).

In a two-implant mandibular overdenture, the denture saddles tend to function like a fulcrum and implants may be submitted to considerable bending moment transferred to the implants by the attachments. Potential denture movement is minimized by the type of attachment, producing different stress distributions on implants (Setz et al., 2000; Tokuhisa et al., 2003). We hypothesized that load transfer to the implant in a single-implant mandibular overdenture design results in low stress intensity, and is influenced by the retention system, which could encourage the widespread use of an immediate loading protocol. Thus, the aim of this in vitro photoelastic study was to compare the characteristics of stress transfer to the implant in a single-implant mandibular overdenture using different types of attachments.

MATERIALS AND METHODS

A life-sized polymethylmethacrylate model of an edentulous mandible was fabricated with an external hexagon 3.75x11 mm implant replica (Neodent,

Curitiba, Paraná, Brazil) located in the symphyseal region. This model was duplicated using a silicone duplicating material (Silicone Master, Talladium do Brazil) and the implant was transferred using a transfer coping. A 3.75x11 mm implant was incorporated into the model matrix (Titamax TI cortical, Neodent, Curitiba, Paraná, Brazil) and the photoelastic model was obtained with a photoelastic resin (Araldite GY 278-N and Aradur 2963-C, Araltec Produtos Químicos Ltda., Hunstman, Guarulhos, São Paulo). According to the manufacturer's instructions, the base and catalyst components were mixed in a 2:1 ratio, avoiding the inclusion of bubbles and gently poured into the silicone molding.

Prior to the fabrication of the photoelastic model, the original polymethylmethacrylate mandible was duplicated. The gingival supporting area of the edentulous mandible was delimited in the polymethylmethacrylate model and a uniform 2 mm thick wax layer was adapted. This area was molded, the wax removed and the mold repositioned with a soft liner (Soft Confort, Dencril, Pirassununga, São Paulo, Brazil), which was trimmed after setting. Subsequently, this model was duplicated and a conventional complete mandibular denture was constructed using artificial acrylic resin teeth (Biotone, Dentsply Ind. e Com., Rio de Janeiro, Brazil) and a heat-cured denture base resin (Vipi Wave, VIPI Indústria e Comércio de Produtos Odontológicos Ltda., Pirassununga, São Paulo, Brazil).

Six retention systems for overdentures were selected for this study and are detailed in Table 1 and Figure 1. The 2.0 mm height attachments were inserted into the implant and rotated into position using the specific abutment driver and 20 Ncm torque was applied with a calibrated torque wrench. The matrices were

incorporated into the intaglio surface of the dentures using a direct pick-up technique with the denture in position under light occlusal pressure. All attachments were inserted in the same photoelastic model in a random order.

Table 1. Retention systems

System		Manufacturer
ERA	(ERA)	Sterngold, Attleboro, MA, USA.
CNG	(CNG)	CNG Soluções Protéticas, São Paulo, Brazil
Conexão	(CON)	ConexãoSistemas de Prótese, São Paulo, Brazil
Dalla Bona	(DB)	CNG Soluções Protéticas, São Paulo, Brazil
Locator	(LOC)	Biomet 3i, Palm Beach Gardens, USA
Neodent	(NEO)	Neodent, Curitiba, Paraná, Brazil



Figure 1. Retention systems: Locator (LOC), Conexão (CON), CNG, ERA, Neodent (NEO) and Dalla Bona (DB).

A universal material testing machine (Instron Corp, Canton, MA) was used to induce the occlusal loading tests. Axial vertical loads of 70 N were individually applied in two schemes: in the central incisor and in the central region of the first right molar without contact on the contralateral side. This load amount was chosen because it is within a range of normal occlusal mastication and near loads in maximal bite force of a patient in the transition from a conventional denture to an implant-retained overdenture (Haraldson et al., 1988). It also provided an adequate visualization of fringes during loading, which was identified in preliminary tests. The first molar was chosen for loading in the posterior region because maximum occlusal forces are often exerted in this area where there is maximum contraction of all elevator muscles (Celik and Uludag, 2007).

After each loading cycle, the model was heated to a temperature of 50°C for 10 minutes to release the stress induced within the model. Subsequently, the model was cooled down to the original temperature for the same period of time at room temperature and then rechecked in the polariscope for the absence of residual stresses (Aguiar-Júnior et al., 2012).

The photoelastic analysis was performed using a polariscope (PS-100 Polarimeter Systems, Strainoptics Inc., North Wales, PA, USA) integrated into the testing machine. Standard separate lateral (right and left) and frontal views were photographed using a digital camera (Canon 7D, Tokyo, Japan), perpendicular to the buccal aspect of the photoelastic model.

The polariscope was adjusted to allow linearly polarized light to be converted to circularly polarized light. Before loading, the model was analyzed to confirm the absence of any tension within the model. After each loading cycle, the model was photographed to record the stress distributions of the isochromatic fringes around the implant in the photoelastic mandible. All photographs were evaluated visually for stress-induced fringes, to comparatively rank the different attachment systems. The stress intensity (number of fringes) and location were compared subjectively. A greater number of fringes indicated greater intensity of tension, and the closer the fringes were to each other, the greater the stress concentration. Interpretation was performed using the following scale: (1) low stress – one fringe or less, (2) moderate stress – between one and three fringes, and (3) high stress – more than three fringes (Fanuscu and Caputo, 2004; Akça et al., 2008).

RESULTS

A stress-free condition was observed in the photoelastic model prior to load application. For vertical loading applied to the central incisor, all attachments showed a similar tension distribution concentrated at the apical region of the implant (Figure 2).

Stress distribution patterns were similar for all attachments, with stress concentrated in the apical third, and the highest stress concentration at the apical level. However, the intensity of the load-induced stress tended to be somewhat higher with the Neodent and Dalla Bona attachments.

There was a low stress concentration at the coronal third of the implant, with no discernible stress in the first threads of the implants, except for Dalla Bona which showed low stress at the coronal part of the implant (one fringe). Figure 2 shows a lower number of fringes with the Locator attachment (one fringe) and a lower spread of stress, compared to the other systems. The Neodent and Dalla Bona attachments showed a greater number of fringes (two fringes). The Conexão, CNG and ERA attachments showed intermediary patterns (< two fringes).

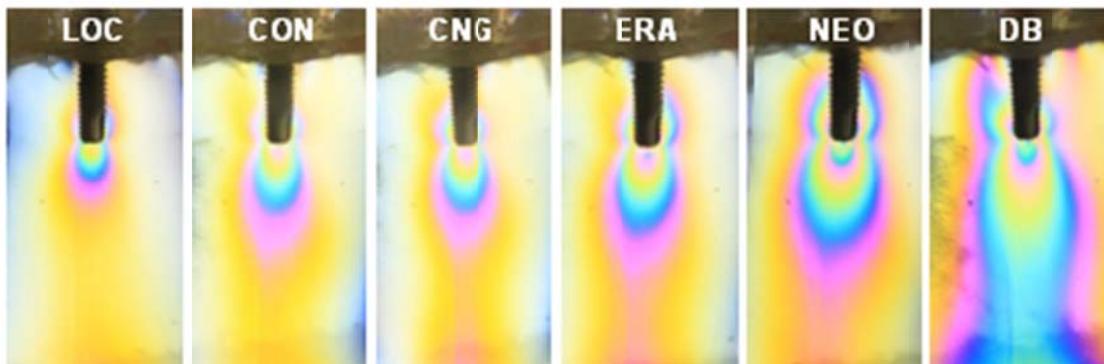


Figure 2. Stress distribution around the implant after axial loading on the central mandibular incisor, according to the retention system: Locator (LOC), Conexão (CON), CNG, ERA, Neodent (NEO) and Dalla Bona (DB).

No identifiable fringes were observed when the load was applied in the molar region, which resulted from the low amount of stress transmitted by the implant for all attachments (Figure 3). Similarly, Figure 4 shows that there was a low concentration of stress in the posterior mucosal area for a load applied to both

anterior and posterior teeth. Only one fringe was identified in the retromolar area when the load was applied to the first molar.

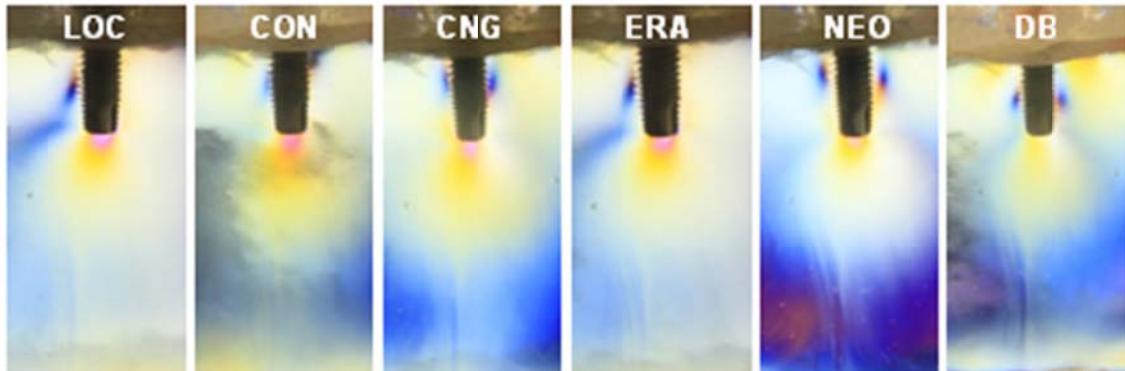


Figure 3. Stress distribution around the implant after axial loading on the central part of the first right molar, according to the retention system: Locator (LOC), Conexão (CON), CNG, ERA, Neodent (NEO) and Dalla Bona (DB).

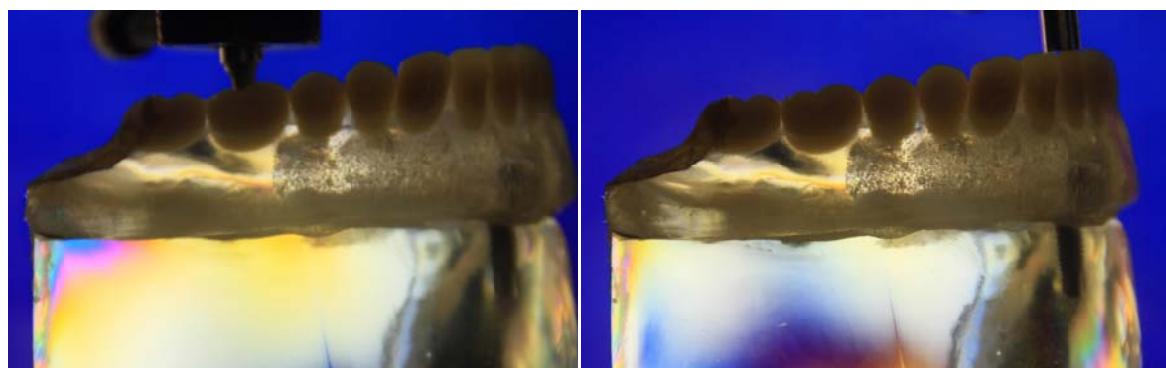


Figure 4. Stress distribution to the posterior ridge under loading to the first molar (right) and central incisor (left).

DISCUSSION

This study showed that there is a favorable concentration and distribution of stress to the implant in the single-implant mandibular overdenture, suggesting that the greatest part of the occlusal load is consistently transferred to the denture-bearing mucosa. The slight differences amongst different retention systems also suggest that all tested attachment may produce an acceptable level of stress to the implant and surrounding tissues.

The photoelastic experimental model is a commonly used method for stress analysis using optic principles to analyze how the fringes dissipate around implants toward the surrounding photoelastic resin body. The stress-induced fringes are visually evaluated, providing good qualitative information on the overall location and concentration of stresses (Assunção et al., 2009). However, the photoelastic analysis of implants has inherent limitations in its capacity to simulate the nonhomogeneous and anisotropic characteristics of alveolar bone, associated with certain limitations in predicting the bone biological response to applied loads (Akça et al., 2008; Assunção et al., 2009).

Nevertheless, this photoelastic model was adequate for the experimental design of our study, depicting the comparative characteristics of stress-related outcomes for the different attachments during their activation under loading. In addition, the axial load force of 70 N applied in our study was defined during preliminary tests, which prioritized the accuracy of the photoelastic method. A maximum number of three fringes was obtained, since a large number of fringes would complicate the visual analysis and comparison among attachments.

In addition, the shortcomings of the in vitro experiment should be considered. For example, bone density and morphological characteristics may have great variation in different clinical situations, and the patterns of loading in the mouth are far more complex than the application of loads in vitro. Moreover, the simulation of the thickness of the oral mucosa and its properties may change in the mouth, which affects the vertical mobility of the denture (Setz et al., 2000).

Our study corroborates the results of Maeda et al. (Maeda et al., 2008), which suggested that single-implant overdentures with dome-type magnet or ball attachments had biomechanical effects similar to two-implant overdentures in terms of lateral forces to the abutment and denture movements under functional loads. These authors hypothesized that loads applied at the midline would result in horizontal denture movements that are transformed into rotational movements around the axis through the implant, thus increasing the lateral force and decreasing denture movements. Hence, it was suggested that the midline area of the mandible might coincide with the center of the denture base in a three-dimensional rotation, providing a biomechanical rationale for the longitudinal clinical success of a single-implant overdenture (Maeda et al., 2008). Similarly, Liu et al. (Liu et al., 2013), using finite element analysis, found that a single-implant overdenture tends to rotate over the implant with no deleterious strain concentration around the implant.

This study reinforces the concept that a single-implant overdenture has similar biomechanical features to the conventional denture, with primary mucosal support and with the additional advantage of implant retention. Although a single implant is generally less retentive than the two-implant overdenture, patient satisfaction in clinical studies is greatly improved by increasing retention

using a single implant (Cordioli et al. 1997; Krennmair & Ulm 2001), with the additional advantages of lower costs and simpler clinical procedures.

The significant improvement in patient satisfaction and other patient-centered outcomes, and the high implant survival rates reported in previous clinical studies corroborate the findings of this in vitro study. Nevertheless, future well-controlled clinical trials are essential to provide reliable evidence regarding the effectiveness of single-implant overdentures, and to support the recommendation of this treatment approach as an intermediary intervention between conventional dentures and two-implant overdentures.

CONCLUSION

These results show that the load transferred to a single mandibular implant is low and within the limits of functional loading, irrespective of the type of retention system.

REFERENCES

- Aguiar FA Jr, Tiossi R, Macedo AP, Mattos MG, Ribeiro RF, Rodrigues RC. Photoelastic analysis of stresses transmitted by UCLA abutments on different types of implant-supported single restorations under static occlusal loads. J Craniofac Surg. 2012; 23 (7 Suppl 1):2019-2023.
- Akça K, Fanuscu MI, Caputo AA. Effect of compromised cortical bone on implant load distribution. J Prosthodont. 2008 Dec; 17(8):616-20.

Alsabeeha N, Payne AG, De Silva RK, Swain MV. Mandibular single-implant overdentures: a review with surgical and prosthodontic perspectives of a novel approach. *Clin Oral Implants Res.* 2009; 20:356-65.

Alsabeeha NH, Payne AG, De Silva RK, Thomson WM. Mandibular single-implant overdentures: preliminary results of a randomised-control trial on early loading with different implant diameters and attachment systems. *Clin Oral Implants Res.* 2011 Mar; 22(3):330-7.

Assunção WG, Barão VA, Tabata LF, Gomes EA, Delben JA, dos Santos PH. Biomechanics studies in dentistry: bioengineering applied in oral implantology. *J Craniofac Surg.* 2009 Jul; 20(4):1173-7.

Celik G, Uludag B. Photoelastic stress analysis of various retention mechanisms on 3-implant-retained mandibular overdentures. *J Prosthet Dent.* 2007 Apr; 97(4):229-35.

Cordioli G, Majzoub Z, Castagna S. Mandibular overdentures anchored to single implants: a five-year prospective study. *J Prosthet Dent* 1997; 78:159-165.

Das KP, Jahangiri L, Katz RV. The first-choice standard of care for an edentulous mandible: a Delphi method survey of academic prosthodontists in the United States. *J Am Dent Assoc.* 2012 Aug; 143(8):881-9.

Emami E, Heydecke G, Rompré PH, de Grandmont P, Feine JS. Impact of implant support for mandibular dentures on satisfaction, oral and general health-related quality of life: a meta-analysis of randomized-controlled trials. *Clin Oral Implants Res.* 2009; 20:533-544.

Esposito M, Grusovin MG, Maghaireh H, Worthington HV. Interventions for replacing missing teeth: different times for loading dental implants. Cochrane Database Syst Rev. 2013 Mar 28;3:CD003878.

Esposito M, Grusovin MG, Willings M, Coulthard P, Worthington HV. The effectiveness of immediate, early, and conventional loading of dental implants: a Cochrane systematic review of randomized controlled clinical trials. Int J Oral Maxillofac Implants. 2007 Nov-Dec; 22(6):893-904.

Fanuscu MI, Caputo AA. Influence of attachment systems on load transfer of an implant-assisted maxillary overdenture. J Prosthodont. 2004 Dec;13(4):214-20.

Frederick DR, Caputo AA. Effects of overdenture retention designs and implant orientations on load transfer characteristics. J Prosthet Dent. 1996 Dec; 76(6):624-32.

Feine JS, Carlsson GE, Awad MA, Chehade A, Duncan WJ, Gizani S, Head T, Lund JP, MacEntee M, Mericske-Stern R, Mojon P, Morais J, Naert I, Payne AG, Penrod J, Stoker GT Jr, Tawse-Smith A, Taylor TD, Thomason JM, Thomson WM, Wismeijer D. The McGill Consensus Statement on Overdentures. Montreal, Quebec, Canada. May 24-25, 2002. Int J Prosthodont. 2002 Jul-Aug; 15(4):413-4.

Fitzpatrick B. Standard of care for the edentulous mandible: a systematic review. J Prosthet Dent. 2006; 95:71-78.

Haraldson T, Jemt T, Stålblad PA, Lekholm U. Oral function in subjects with overdentures supported by osseointegrated implants. Scand J Dent Res. 1988; 96:235-242.

Hong HR, Pae A, Kim Y, Paek J, Kim HS, Kwon KR. Effect of implant position, angulation, and attachment height on peri-implant bone stress associated with mandibular two-implant overdentures: a finite element analysis. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 2012 Sep-Oct; 27(5):e69-76.

Kenney R, Richards MW. Photoelastic stress patterns produced by implant-retained overdentures. *J Prosthet Dent*. 1998 Nov; 80(5):559-64.

Krennmaier G, Ulm C. The symphyseal single-tooth implant for anchorage of a mandibular complete denture in geriatric patients: a clinical report. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 2001 Jan-Feb; 16(1):98-104.

Liddelow G, Henry P. The immediately loaded single implant-retained mandibular overdenture: a 36-month prospective study. *Int J Prosthodont*. 2010 Jan-Feb; 23(1):13-21.

Liddelow GJ, Henry PJ. A prospective study of immediately loaded single implant-retained mandibular overdentures: preliminary one-year results. *J Prosthet Dent* 2007; 97:126-137.

Liu J, Pan S, Dong J, Mo Z, Fan Y, Feng H. Influence of implant number on the biomechanical behaviour of mandibular implant-retained/supported overdentures: a three-dimensional finite element analysis. *J Dent*. 2013 Mar; 41(3):241-9.

Machado AC, Cardoso L, Brandt WC, Henriques GE, de Arruda Nóbilo MA. Photoelastic analysis of the distribution of stress in different systems of overdentures on osseous-integrated implants. *J Craniofac Surg*. 2011 Nov; 22(6):2332-6.

Maeda Y, Horisaka M, Yagi K. Biomechanical rationale for a single implant-retained mandibular overdenture: an in vitro study. *Clin Oral Implants Res.* 2008; 19:271-275.

Roccuzzo M, Bonino F, Gaudioso L, Zwahlen M, Meijer HJ. What is the optimal number of implants for removable reconstructions? A systematic review on implant-supported overdentures. *Clin Oral Implants Res.* 2012 Oct; 23 Suppl 6:229-37.

Setz JM, Wright PS, Ferman AM. Effects of attachment type on the mobility of implant-stabilized overdentures - an in vitro study. *Int J Prosthodont.* 2000 Nov-Dec; 13(6):494-9.

Sadowsky SJ, Caputo AA. Effect of anchorage systems and extension base contact on load transfer with mandibular implant-retained overdentures. *J Prosthet Dent.* 2000 Sep; 84(3):327-34.

Thomason JM, Feine J, Exley C, Moynihan P, Müller F, Naert I, Ellis JS, Barclay C, Butterworth C, Scott B, Lynch C, Stewardson D, Smith P, Welfare R, Hyde P, McAndrew R, Fenlon M, Barclay S, Barker D. Mandibular two implant-supported overdentures as the first choice standard of care for edentulous patients--the York Consensus Statement. *Br Dent J.* 2009 Aug 22; 207(4):185-6.

Tokuhisa M, Matsushita Y, Koyano K. In vitro study of a mandibular implant overdenture retained with ball, magnet, or bar attachments: comparison of load transfer and denture stability. *Int J Prosthodont.* 2003 Mar-Apr; 16(2):128-34.

Walton JN, Glick N, Macentee MI. A randomized clinical trial comparing patient satisfaction and prosthetic outcomes with mandibular overdentures retained by one or two implants. *Int J Prosthodont.* 2009; 22:331-339.

Considerações finais

Os resultados deste estudo in vitro reforçam a viabilidade da utilização de implante unitário como meio de retenção para overdentures mandibulares, independentemente do sistema de retenção selecionado. Entretanto, estudos clínicos são necessários para se comprovar a efetividade deste tipo de tratamento pois, apesar de fornecerem boas indicações, as diferenças fisiológicas entre os modelos experimentais in vitro e os seres humanos fazem com que muitas vezes os pacientes respondam de forma diferente aos desafios biomecânicos sobre os tecidos de suporte e sobre os implantes.

Sendo assim, considerando os princípios de simplificação do tratamento e a escassez de pesquisas voltadas à interface entre a efetividade e os aspectos econômicos das diferentes intervenções protéticas para o edentulismo mandibular, o tratamento com overdenture retidas por 1 implante constitui-se uma alternativa de tratamento que tem o potencial de ser adotado em situações em que o fator econômico e a simplificação da intervenção são preponderantes.

Referências Bibliográficas

- Alsabeeha N, Atieh M, Swain MV, Payne AG. Attachment systems for mandibular single-implant overdentures: an in vitro retention force investigation on different designs. *Int J Prosthodont.* 2010 Mar-Apr;23(2):160-6.
- Alsabeeha NH, Payne AG, De Silva RK, Thomson WM. Mandibular single-implant overdentures: preliminary results of a randomised-control trial on early loading with different implant diameters and attachment systems. *Clin Oral Implants Res.* 2011 Mar;22(3):330-7.
- Alsabeeha NHM, Swain MV, Payne AGT. Clinical performance and material properties of single-implant overdenture attachment systems. *International Journal of Prosthodontics* 2011;24:247–54.
- Brasil, Ministério da Saúde, Secretaria de Atenção à Saúde, Departamento de Atenção Básica (BR). Projeto SBBRASIL 2010: Pesquisa Nacional de Saúde Bucal: resultados principais. Brasília: Ministério da Saúde, 2011. 92 p.
- Carlsson G, Kronstrom M, de Baat C, Cune M, Davis D, Garefis P, Heo SJ, Jokstad A, Matsuura M, Narhi T, Ow R, Pissiotis A, Sato H & Zarb G. A survey of the use of mandibular implant overdentures in 10 countries. *Int J Prosthodont.* 2004;17: 211-7.
- Carlsson GE, Omar R. The future of complete dentures in oral rehabilitation. A critical review. *J Oral Rehabil.* 2010 Feb;37(2):143-56.
- Cheng T, Sun G, Huo J, He X, Wang Y, Ren YF. Patient satisfaction and masticatory efficiency of single implant-retained mandibular overdentures using the stud and magnetic attachments. *J Dent.* 2012 Nov;40(11):1018-23.
- Cordioli G, Majzoub Z, Castagna S. Mandibular overdentures anchored to single implants: A five-year prospective study. *J Prosthet Dent.* 1997;78:159-65.
- Critchlow SB, Ellis JS. Prognostic indicators for conventional complete denture therapy: a review of the literature. *J Dent.* 2010 Jan;38(1):2-9.
- Dudic A, Mericske-Stern R. Retention mechanisms and prosthetic complications of

implant-supported mandibular overdentures: Long-term results. *Clin Implant Dent Relat Res* 2005;4:212-9.

Feine JS, Carlsson GE, Awad MA, Chehade A, Duncan WJ, Gizani S, Head T, Lund JP, MacEntee M, Mericske-Stern R, Mojon P, Morais J, Naert I, Payne AG, Penrod J, Stoker GT Jr, Tawse-Smith A, Taylor TD, Thomason JM, Thomson WM, Wismeijer D. The McGill Consensus Statement on Overdentures. Montreal, Quebec, Canada. May 24-25, 2002. *Int J Prosthodont*. 2002 Jul-Aug;15(4):413-4.

Fiske J, Davis DM, Frances C, Gelbier S. The emotional effects of tooth loss in edentulous people. *British Dental Journal* 1998;184:90-3.

Fitzpatrick B. Standard of care for the edentulous mandible: a systematic review. *J Prosthet Dent*. 2006 Jan;95(1):71-8.

Freeman C, Brook I, Joshi R. Long-term follow-up of implantstabilised overdentures. *Eur J Prosthodont Restorative Dent* 2001;9:147-50.

Gonda T, Maeda Y, Walton JN, MacEntee MI. Fracture incidence in mandibular overdentures retained by one or two implants. *J Prosthet Dent* 2010;103:178-81.

Gotfredsen K, Holm B. Implant-supported mandibular overdentures retained with ball or bar attachments: A randomized prospective 5-year study. *Int J Prosthodont* 2000;13:125-30.

Grover M, Vaidyanathan AK, Veeravalli PT. OHRQoL, masticatory performance and crestal bone loss with single-implant, magnet-retained mandibular overdentures with conventional and shortened dental arch. *Clin Oral Implants Res* 2013 Jan 21. doi: 10.1111/cir.12111. [Epub ahead of print]

Harder S, Wolfart S, Egert C, Kern M. Three-year clinical outcome of single implant-retained mandibular overdentures--results of preliminary prospective study. *J Dent*. 2011 Oct;39(10):656-61.

Hugo FN, Hilgert JB, de Sousa Mda L, da Silva DD, Pucca GA Jr. Correlates of partial tooth loss and edentulism in the Brazilian elderly. *Community Dent Oral Epidemiol*. 2007 Jun;35(3):224-32.

Hyland R, Ellis J, Thomason M, El-Feky A, Moynihan P. A qualitative study on

patient perspectives of how conventional and implant-supported dentures affect eating. *Journal of Dentistry* 2009;37:718–23.

Krennmaier G, Ulm C. The symphyseal single-tooth implant for anchorage of a mandibular complete denture in geriatric patients: a clinical report. *International Journal of Oral and Maxillofacial Implants* 2001;16:98-104.

Kronstrom M, Davis B, Loney R, Gerrow J, Hollender L. A prospective randomized study on the immediate loading of mandibular overdentures supported by one or two implants: a 12emonth follow-up report. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2010;25:181-8.

Liddelow GJ, Henry PJ. A prospective study of immediately loaded single implant-retained mandibular overdentures: preliminary one-year results. *Journal of Prosthetic Dentistry* 2007;97:S126-37.

Maeda Y, Horisaka M, Yagi K. Biomechanical rationale for a single implant-retained mandibular overdenture: an in vitro study. *Clinical Oral Implants Research* 2008;19:271–5.

Medeiros JJ, Rodrigues LV, Azevedo AC, Lima Neto EA, Machado LS, Valença AMG. Edentulismo, uso e necessidade de prótese e fatores associados em município do nordeste brasileiro. *Pesq Bras Odontoped Clin Integr.* 2012 Out-Dec;12(4):573-78.

Meijer HJ, Raghoebar GM, Batenburg RH, Visser A. & Vissink A. Mandibular overdentures supported by two or four endosseous implants: a 10-year clinical trial. *Clinical Oral Implants Research* 2009;20: 722-8.

Mericske-Stern R, Zarb GA. Overdentures: an alternative implant methodology for edentulous patients. *Int J Prosthodont* 1993;6:203-8.

Musacchio E, Perissinotto E, Binotto P, Sartori L, Silva-Netto F, Zambon S, Manzato E, Corti MC, Baggio G, Crepaldi G. Tooth loss in the elderly and its association with nutritional status, socio-economic and lifestyle factors. *Acta Odontol Scand.* 2007 Apr;65(2):78-86.

Naert I, Alsaadi G & Quirynen M. Prosthetic aspects and patient satisfaction with

two-implantretained mandibular overdentures: a 10-year randomized clinical study. Int J Prosthodont. 2004;17:401-10.

Oliveira AGRC. Edentulismo. In: Antunes JLF, Perez MA, editores. Epidemiologia da Saúde Bucal. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan; 2006. p. 205-18.

Raghoebar GM, Meijer HJ, Stegenga B, van't Hof MA, van Oort RP, Vissink A. Effectiveness of three treatment modalities for the edentulous mandible. A five-year randomized clinical trial. Clin Oral Implants Res 2000;11:195–201.

Rich B, Goldstein GR. New paradigms in prosthodontic treatment planning: a literature review. J Prosthet Dent. 2002 Aug;88(2):208-14.

Slade GD, Nuttall N, Sanders AE, Steele JG, Allen PF, Lahti S. Impacts of oral disorders in the United Kingdom and Australia. Br Dent J. 2005 Apr 23;198(8):489-93.

Smith B, Baysan A, Fenlon M. Association between oral health impact profile and general health scores for patients seeking dental implants. Journal of Dentistry 2009;37:357–9.

Steele JG, Sanders AE, Slade GD, Allen PF, Lahti S, Nuttall N, Spencer AJ. How do age and tooth loss affect oral health impacts and quality of life? A study comparing two national samples. Community Dent Oral Epidemiol. 2004 Apr;32(2):107-14.

Stoker G, Wismeijer D & van Waas M. An eight-year follow-up to a randomized clinical trial of aftercare and cost-analysis with three types of mandibular implant retained overdentures. Journal of Dental Research 2007;86: 276-80.

Takanashi Y, Penrod JR, Lund JP, Feine JS. A cost comparison of mandibular two-implant overdenture and conventional denture treatment. Int J Prosthodont 2004;17:181-6.

Thomason JM, Feine J, Exley C, Moynihan P, Müller F, Naert I, Ellis JS, Barclay C, Butterworth C, Scott B, Lynch C, Stewardson D, Smith P, Welfare R, Hyde P, McAndrew R, Fenlon M, Barclay S, Barker D. Mandibular two implant-supported overdentures as the first choice standard of care for edentulous patients – the York

Consensus Statement. Br Dent J. 2009 Aug 22;207(4):185-6.

Timmerman R, Stoker GT, Wismeijer D, Oosterveld P, Vermeeren JIJF, van Waas MAJ. An eight-year follow-up to a randomized clinical trial of participant satisfaction with three types of mandibular implant-retained overdentures. J Dent Res 2004;83:630-3.

Vargas AMD, Paixão HH. Perda dentária e seu significado na qualidade de vida de adultos usuários de serviço público de saúde bucal do Centro de Saúde Boa Vista em Belo Horizonte. Cien Saude Colet. 2006 Out-Dez;10(4):1015-24.

Visser A, Meijer H, Raghoebar G & Vissink A. Implant-retained mandibular overdentures versus conventional dentures: a 10 years of care and aftercare. International Journal of Prosthodontics 2006;19:271-8.

Walton JN, Glick N, Macentee MI. A randomized clinical trial comparing patient satisfaction and prosthetic outcomes with mandibular overdentures retained by one or two implants. International Journal of Prosthodontics 2009;22:331-9.

Wolfart S, Braasch K, Brunzel S, Kern M. The central single implant in the edentulous mandible: improvement of function and quality of life. A report of 2 cases. Quintessence Int 2008; 39:541-8.

Zarb, G. & Bolender, C. (2004) Prosthodontic Treatment for Edentulous Patients. Complete Dentures and Implant-Supported Prostheses. 12th edition. St Louis: Mosby.