EDSON KOJI TAKESHITA

Avaliação *in vitro* da transmissão de carga oclusal em próteses sobre implantes em função da inclinação de implantes através de análise fotoelástica

São Paulo

2011

EDSON KOJI TAKESHITA

Avaliação *in vitro* da transmissão de carga oclusal em próteses sobre implantes em função da inclinação de implantes através de análise fotoelástica

Versão Original

Dissertação apresentada à Faculdade de Odontologia da Universidade de São Paulo, para obter o título de Mestre, pelo Programa de Pós-Graduação em Ciências Odontológicas.

Área de Concentração: Prótese Dentária

Orientador: Profa. Dra. Tomie Toyota de Campos

São Paulo

2011

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

Catálogo-na-Publicação
Serviço de Documentação Odontológica
Faculdade de Odontologia da Universidade de São Paulo

Takeshita, Edson Koji

Avaliação *in vitro* da transmissão de carga oclusal em próteses sobre implantes em função da inclinação de implantes através de análise fotoelástica [versão original] / Edson Koji Takeshita; orientador Tomie Toyota de Campos. -- São Paulo, 2011.

63p. : fig.; 30 cm.

Dissertação -- Programa de Pós-Graduação em Ciências Odontológicas. Área de Concentração: Prótese Dentária. -- Faculdade de Odontologia da Universidade de São Paulo.

1. Prótese dentária – Carga oclusal. I. Campos, Tomie Toyota de. II. Título.

Takeshita EK. Avaliação *in vitro* da transmissão de carga oclusal em próteses sobre implantes em função da inclinação de implantes através de análise fotoelástica. Dissertação apresentada à Faculdade de Odontologia da Universidade de São Paulo para obtenção do título de Mestre em Ciências Odontológicas.

Aprovado em: / /2011

Banca Examinadora

Prof(a). Dr(a). _____ Instituição: _____

Julgamento: _____ Assinatura: _____

Prof(a). Dr(a). _____ Instituição: _____

Julgamento: _____ Assinatura: _____

Prof(a). Dr(a). _____ Instituição: _____

Julgamento: _____ Assinatura: _____

A Deus, pela vida.

Aos meus pais, Mario e Akemi. Minhas estrelas guias. A quem devo tudo que sou. Exemplos de amor, dedicação, ética, honestidade, bondade e dignidade de vida. Mais do que pais, são amigos em quem me espelho. Minha eterna gratidão e meu eterno amor.

A minha esposa Rejane, sempre companheira, nos momentos de tristezas, felicidades e dificuldades. Pessoa íntegra que escolhi para ser minha eterna car metade. Sou grato por ter sido o pilar do lar durante essa difícil caminhada que tive durante a pós-graduação.

Aos meus irmãos, cunhado, cunhada e sobrinhos. Alicerce e inspiração da minha vida. Sem vocês eu não seria nada.

AGRADECIMENTOS ESPECIAIS

À minha orientadora, Professora Doutora Tomie Toyota de Campos, que sempre me apoiou dentro da faculdade, desde meu ingresso no departamento como estagiário até o término deste trabalho, mostrando-se sempre presente e atuante, complementando com verdadeiros exemplos e lições de vida.

Aos meus queridos professores da Disciplina de Prótese Fixa do Departamento de Prótese da Faculdade de Odontologia da Universidade de São Paulo, Professor Doutor Ivo Contin, Professor Doutor Matsuyoshi Mori, e Professor Doutor Cláudio Luiz Sendyk, pela forma como me ensinaram a amar a odontologia e a amar ensinar odontologia.

AGRADECIMENTOS

A Profa. Dra. Dalva Cruz Laganá, responsável pelo Programa de Pós-Graduação em Ciências Odontológicas, com área de concentração em Prótese Dentária, pela dedicação, orientação e pelo exemplo de profissionalismo.

Ao Professor Doutor Mikiya Muramatsu por ter disponibilizado o Laboratório de Ótica do Instituto de Física para que este trabalho pudesse ser realizado.

Ao Doutor Diogo Soga pela intensa dedicação despendida durante o desenvolvimento e execução da pesquisa.

A todos os docentes do Departamento de Prótese, Pedro Tortamano Neto, José Antônio Lupi da Veiga, Hideki Yoshida, Atlas Edson Moleros Nakamae, Carlos Gil, Maria Luiza Moreira Arantes Frigerio e Regina Tamaki por todos os ensinamentos.

Ao amigo Marcus Vinícius Yamazato Kanashiro, praticamente irmão, pelo companheirismo, pelos ensinamentos, apoio e por dividir tantos momentos de felicidades e dificuldades nessa difícil jornada da pós-graduação.

Ao amigo Reinaldo Missaka, pelas lições de profissionalismo e da arte de ensinar, e por ser o responsável por incentivar meu ingresso à pós-graduação.

Ao Professor Doutor Edson Liberti, a quem admiro pela sua simplicidade apesar de tudo que representa para o ensino superior na área médica, pela sua simplicidade em estar sempre solícito mesmo nos momentos de dificuldades pelos quais passou.

Ao Laboratório Júlio, representado por Júlio Yamanochi, por acreditar na pesquisa e pelo apoio irrestrito em todos os momentos.

Ao Walter pela sua perspicaz habilidade em fabricar dispositivos que tanto auxiliam na pesquisa odontológica.

A todos os colegas da Pós-Graduação do Departamento de Prótese: Sérgio Sizo, Júlio Celso Nogueira, Carol Mayumi, Danilo, Vitor, Carol Laganá, Thiago, Mara Rejane, Patê e José Conde cujo bom convívio e a amizade foram de vital importância. Também a Juliana Marotti, pelas dicas, pelos implantes e pela ajuda.

A todos os funcionários do Departamento de Prótese: as secretárias Marlethe, Sandra e Coraci, pelo auxílio, mas, sobretudo por sofrerem junto conosco; os técnicos Lafa, Marcos, Luisão e, especialmente a Cristina; as técnicas Aninha e Lena, que ajudam a tornar mais alegres ainda o dia a dia da faculdade.

À Heraeus Kulzer pela doação dos dentes utilizados na pesquisa.

Ao amigo Renato Koga, inspirador e referência. Exemplo de profissional e de pessoa vencedora, por ter me ensinado a amar a odontologia.

Ao amigo Edson Sagara pela compreensão, amizade e por mostrar que podemos ser plenos como pessoa e profissional.

MUITO OBRIGADO!

"Embora ninguém possa voltar atrás e fazer um novo começo, qualquer um pode começar agora e fazer um novo fim".

"Deus nos concede, a cada dia, uma página de vida nova no livro do tempo. Aquilo que colocarmos nela, corre por nossa conta."

Chico Xavier

RESUMO

Takeshita EK. Avaliação *in vitro* da transmissão de carga oclusal em próteses sobre implantes em função da inclinação de implantes através de análise fotoelástica [dissertação]. São Paulo: Universidade de São Paulo, Faculdade de Odontologia; 2011. Versão Original.

A técnica All-on-Four foi idealizada visando diminuir a extensão do cantilever nas reabilitações de pacientes edêntulos com próteses implantossuportadas. Contudo, ainda persistem questionamentos relacionados ao comportamento biomecânico dos implantes e da própria técnica All-on-Four, posto que, questões como a perda óssea peri-implantar e falência de componentes da prótese ainda não estão claramente elucidadas. O objetivo da pesquisa foi avaliar a dissipação de tensões em próteses implantossuportadas dos tipos Branemark e All-on-Four, sob carga oclusal estática, e o papel do lado de balanceio e do comportamento do complexo implantes/próteses. Foram confeccionadas seis réplicas de mandíbula humana em resina fotoelástica, divididas em dois grupos: um com quatro implantes dispostos axialmente e paralelas entre si no espaço interforaminal (mandíbulas Branemark), e outro com quatro implantes inseridos de acordo com a técnica All-on-Four. Confeccionou-se uma prótese total implantossuportada, de maneira que se adaptasse em todas as seis mandíbulas. O experimento foi conduzido com o auxílio de um dispositivo giratório de carga, que permitiu a visualização das mandíbulas por todos os ângulos, sem alteração da carga aplicada. Após a fixação padronizada do corpo de prova no dispositivo, a prótese foi parafusada sobre os implantes da mandíbula. Os carregamentos de carga foram feitos em três pontos: no *cantilever* da prótese, no primeiro pré-molar e na incisal dos incisivos centrais inferiores. Para cada ponto de aplicação das cargas, fotografaram-se as mandíbulas nos lados de trabalho, de balanceio e na linha mediana, vestibular e na linha mediana também por lingual. Pelos resultados observados, quando as cargas foram aplicadas em regiões mais anteriores da prótese, as tensões nos implantes distais inclinados atenuaram-se e as outras regiões da mandíbula apresentaram tensões menores e melhor distribuídas. As franjas também mostraram que a angulação dos implantes distais promoveu mudanças no eixo de rotação do conjunto implantes/prótese. Assim como verificou-se que o implante mais distal do lado de balanceio mostrou atuação

conjunta com o implante distal do lado de trabalho nas mandíbulas com implantes axiais e, o mais distal do lado de balanceio nas mandíbulas com implantes inseridos segundo a técnica All-on-Four, mostrou tensão nos ápices, denotando função de estaca. Pela metodologia empregada foi possível concluir que, uma prótese total implantossuportada, segundo a técnica All-on-Four, apresentou melhor melhor dissipação das cargas oclusais e o lado de balanceio teve papel fundamental no auxílio à dissipação de cargas oclusais.

Palavras-chave: Implantes dentários. Biomecânica. Estresse mecânico. Arcada edentada. Prótese dentária fixada por implante.

ABSTRACT

Takeshita EK. *In vitro* evaluation of occlusal load transmission in prosthetic implant according to the inclination of implants by photoelastic analysis [dissertação]. São Paulo: Universidade de São Paulo, Faculdade de Odontologia; 2011. Versão Original.

The All-on-Four technique was conceived in order to decrease the length of the cantilever in the rehabilitation of edentulous patients with implant-supported prosthesis. However, still persist questions related to the biomechanical behavior of implants and the proper technique All-on-Four, since issues such as peri-implant bone loss and failure of the prosthetic components are not yet clearly elucidated. The purpose of the study was to evaluate the dissipation of tensions in the Branemark implant-supported prosthesis and All-on-Four, under static occlusal load, and the role of the balancing side and the complex behavior of implants / prostheses. Six replicas of the human mandible were made in photoelastic resin, divided into two groups: one with four implants placed axially and parallel to each other in interforaminal space (Branemark jaws), and another four implants inserted according to the All-on-Four technique. It was made an implant-supported denture, so that would fit in all six jaws. The experiment was conducted with the aid of a rotating load device, which permitted visualization of the jaws from all angles, without changing the applied load. After the standardized setting of specimen in the device, the prosthesis was screwed onto the implants in the jaw. The cargo shipments were made on three points: the cantilever prosthesis, in the first premolar and the lower central incisor incisal. For each point of application of loads, photograph was taken from the work sides of the jaws, balancing and the midline, bucal view and the midline lingual also. By the observed results, when loads were applied to more anterior regions of the prosthesis, the stresses in the distal inclined implants attenuated and other regions of the mandible showed lower stresses and better distributed. The fringes also showed that the angulation of the distal implants promoted changes in the axis of rotation of the implant / prosthesis. As it was found that the most distal implantat on the balancing side showed joint action with the distal implant of the working side in the jaw with axial implants, and the most distal implant on the balancing side of jaw with implants

inserted according to All-on Four technique, the tension showed apices, denoting stake function. For the methodology it was concluded that an implant-supported denture, according to the All-on-Four technique, had a better dissipation of occlusal loads and balancing side was fundamental hole in helping to dissipate occlusal loads.

Keywords: Edentulous Jaw. Biomechanics. Dental implants. Dental prosthesis implant-supported. Stress,mechanical.

LISTA DE FIGURAS

Figura 4.1 - Perfil da mandíbula com incidência perpendicular de luz e projeção da sombra	30
Figura 4. 2 - A. Moldeira confeccionada em resina acrílica para a obtenção do molde da mandíbula, porção superior (setas indicando posicionamento dos pinos); B. Moldeira em resina acrílica, porção inferior.	31
Figura 4. 3 - Moldeira fechada pelas partes superior e inferior após ter gesso vertido em seu interior.	31
Figura 4.4 - Réplica da mandíbula em gesso apresentando, pela vista vestibular, base de prova e montagem de dentes.....	32
Figura 4.5 - Réplica de mandíbula perfurada sobre o qual está posicionado o guia cirúrgico	33
Figura 4.6- Perfuração da mandíbula macerada. A. Perfuração do implante distal inclinado do lado esquerdo; B. Perfuração do implante distal reto do lado direito.....	34
Figura 4.7 - Os dois análogos distais, inclinado e reto	34
Figura 4.8 - A. Prótese com os seis acessos de fixação sobre os implantes; B. Prótese total parafusada sobre os seis análogos colados na mandíbula macerada	35
Figura 4.9 - Mandíbula macerada com a prótese parafusada indicando numeração dos implantes.....	36
Figura 4.10 - Detalhe da moldeira individual com a prótese fixa presa com resina Duralay.....	37
Figura 4.11 - Modelos em resina fotoelástica. A. Espécime apresentando os quatro implantes retos na região interforaminal; B. Espécime apresentando os quatro implantes segundo os moldes da filosofia All-on-Four na região inerforaminal	38
Figura 4.12- Dispositivo de carga. A. Componentes do dispositivo: a. haste horizontal; b. caixas que seguram as mandíbulas pelos ramos; c. pino de carga; d. placa base; e. plataforma giratória; B. Dispositivo de carga propriamente dito	39
Figura 4.13 - A posição da mandíbula macerada na platina do delineador.....	40

Figura 4.14 - Calibração do gabarito. A. Barra parafusada aos abutments e sendo fixo ao gabarito; B. Mandíbula macerada calibrada ao sistema mostrando a mesma posição que todos os corpos de prova do experimento ocuparam durante o estudo. Seta mostrando a barra que faz parte do gabarito	40
Figura 4.15 - Corpo de prova sendo posicionado no dispositivo de carga pelas caixas da haste horizontal. A. Modelo fotoelástico em sua posição auxiliado pelo gabarito; B. Vista frontal do corpo de prova com a prótese parafusada	41
Figura 4.16 - A:Fonte de luz; B:Difusor; C:Polarizador; D:Placa quarto de onda; E:Plataforma de carga; F:Placa quarto de onda; G:Analisador.....	42
Figura 4.17 - Marcas da padronização dos ângulos pelos quais as imagens foram obtidas nos posicionamentos nos lados de trabalho, linha média e balanceio, pelos vistas vestibular e lingual	45
Figura 5.1 - Corpos de prova em resina fotoelástica com as duas configurações mostrando os posicionamentos dos seus.....	46
Figura 5.2 - Mandíbula Branemark 3 sem carga.....	46
Figura 5.3 - Modelo Branemark 2.....	47
Figura 5.4 - mandíbula Branemark2: Imagens dos três pontos de aplicação de carga, em quatro vistas (V=Vestibular, L=Lingual). Com o filtro de $\frac{1}{4}$ de onda	48
Figura 5.5 - Mandíbula All-on-Four2	49
Figura 5.6 - Mandíbula All-on-Four 2: Imagens dos três pontos de aplicação de carga, em quatro vistas. Sem o filtro de $\frac{1}{4}$ de onda.....	50
Figura 5.7 - Mandíbula All-on-Four3: Imagens dos três pontos de carga em quatro vistas. Com o filtro de $\frac{1}{4}$ de onda.....	52

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

μm	micrômetro
mm	milímetro
$\frac{1}{4}$	Um quarto

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	16
2 REVISÃO DA LITERATURA	19
3 PROPOSIÇÃO	28
4 MATERIAL E MÉTODOS	29
4.1 OBTENÇÃO DA RÉPLICA EM GESSO DA MANDÍBULA.....	29
4.2 OBTENÇÃO DO GUIA CIRÚRGICO.....	32
4.3 PERFURAÇÃO GUIADA DA MANDÍBULA MACERADA E COLOCAÇÃO DOS ANÁLOGO.....	33
4.4 OBTENÇÃO DA PRÓTESE	35
4.5 OBTENÇÃO DAS RÉPLICAS DE MANDÍBULA	36
4.6 O DISPOSITIVO DE CARGA.....	39
4.7 O POLARISCÓPIO	41
4.8 OBTENÇÃO DAS IMAGENS FOTOELÁSTICAS.....	44
4.9 ANÁLISE DAS IMAGENS	45
5 RESULTADOS.....	46
6 DISCUSSÃO	53
7 CONCLUSÕES	58
REFERÊNCIAS.....	59
ANEXOS	63

1 INTRODUÇÃO

Um dos principais problemas apresentados pelas próteses totais, particularmente a prótese inferior, é a instabilidade, devido à área chapeável insuficiente, gerando insegurança na mastigação de alimentos mais consistentes, insatisfação de uma forma geral quanto ao conforto de todo sistema estomatognático e ineficiência mastigatória.

Entretanto, com o aparecimento dos implantes osseointegrados e sua evolução, vislumbrou-se a possibilidade da reabilitação de ausências dentais, possibilitando o restabelecimento da eficiência mastigatória e da satisfação dos pacientes, resultando em uma melhor qualidade de vida.

O precursor desta nova ferramenta, para a reabilitação de desdentados totais, foi Branemark, na década de 60. Esta técnica consistia na instalação de quatro a seis implantes na arcada inferior no espaço entre os forames mentuais. Sobre estes implantes adaptava-se uma estrutura de prótese total fixa, através de um sistema de parafusos, com extensões em balanço em ambas extremidades, denominados *cantilevers* (Adell et al., 1981).

Ao longo dos anos, houve um avanço tecnológico e científico na implantodontia, surgindo novos sistemas e um melhor entendimento dos princípios biológicos envolvidos.

Atualmente, a literatura oferece fundamentos experimentais e clínicos, tornando os implantes dentais osseointegrados uma alternativa confiável, para reabilitar pacientes desdentados totais a curto e a longo prazo (Köndel et al., 1988; Bryant; Zarb, 1998; Baat, 2000) .

Todavia, desde as primeiras pesquisas longitudinais publicadas, alguns problemas foram detectados durante os acompanhamentos pós tratamentos, tais como: a reabsorção de tecido ósseo ao redor dos implantes e a fratura da porção de extremidade livre da prótese.

Avaliando as forças e o torque sofrido pelas estruturas de uma prótese implantossuportada Rangert et al. (1989) ressaltaram a gravidade da extensão do *cantilever*. Os autores verificaram que ocorriam esforços de compressão no implante mais distal e esforço de tração nos mesiais, principalmente nos casos em que a

prótese estava apoiada sobre quatro implantes. A situação era mais crítica quanto maior a extensão do *cantilever* e maior o alinhamento dos implantes.

Visando amenizar tais deficiências, surgiu uma nova filosofia de tratamento reabilitador, denominado All-on-Four, executado em menor espaço de tempo, atraumático e apresentando menor custo. Nesta técnica, uma prótese fixa de arco total é apoiada e parafusada sobre quatro implantes, sendo que os dois implantes anteriores são inseridos verticalmente na região de incisivo lateral e os posteriores instalados com uma inclinação de 15° a 45°, tangenciando a parede anterior do seio maxilar.

Posteriormente, este conceito foi adaptado para que também pudesse ser aplicado em mandíbulas, de forma que os implantes posteriores fossem instalados com inclinação para distal, próximos e anteriormente ao forame mental (Maló et al., 2003; Maló et al., 2005). O intuito dessa técnica, originalmente, era diminuir a extensão do cantilever da prótese, inclinando-se os implantes mais posteriores para distal. Porém, essa técnica ainda demanda melhores análises a respeito do seu comportamento, assim como as mudanças que poderiam ocorrer clinicamente.

Em 2009, Begg et al. Pesquisaram a influência da angulação dos implantes distais na dissipação de tensões, em modelos segundo a técnica All-on-Four. As angulações de inserção dos implantes distais sofreram variações, e os autores concluíram que quanto mais inclinados, maiores eram as tensões geradas, principalmente nas regiões dos ápices dos implantes. Porém, os implantes do lado de balanceio deixaram de ser consideradas e as paredes do modelo foram confeccionadas de maneira geométrica nada semelhante à anatomia de uma mandíbula natural.

Ressalta-se que a maioria das pesquisas sobre biomecânica das próteses sobre implantes, utiliza prótese parcial fixa como modelo experimental e não simulam situações reais, tais como, contatos proximais com outros dentes vizinhos. Ademais, há a necessidade de se conhecer o comportamento das resultantes de força provenientes das cargas oclusais em todo o sistema quando se reabilita o paciente com uma prótese total, pois, nessa situação, o comportamento mecânico é completamente diferente do apresentado pelas próteses parciais.

Uma prótese fixa implantossuportada que envolva toda a arcada, devido à sua forma de “U”, apresenta comportamento particular, e, provavelmente, o lado de

balanceio deve ter papel fundamental na estabilização do conjunto, o que até o presente momento não foi pesquisado na literatura

Provavelmente, um estudo comparativo entre duas configurações diferentes de posicionamento dos implantes, sistema All-on-Four e outro sistema com os implantes dispostos axialmente, analisando ainda as tensões geradas no lado de balanceio, esclareça de maneira mais completa a forma como as cargas oclusais são dissipadas na mandíbula.

Dessa forma, o presente estudo se propõe a comparar a dissipação das cargas oclusais incidentes sobre uma prótese total inferior parafusada sobre quatro implantes variando-se a inclinação dos implantes distais, pelo método da fotoelasticidade.

2 REVISÃO DA LITERATURA

A abordagem da revisão da literatura foi direcionada para as pesquisas relacionadas à biomecânica de funcionamento das estruturas protéticas sobre implantes, em função do seu posicionamento no arcada dentária, sobretudo os inclinados, dentro da terapia reabilitadora oral e dos métodos mais utilizados para estudá-los no campo da odontologia.

Um dos fatores mais questionados nas próteses do tipo totais implantossuportadas está relacionado com a extremidade livre posterior, conhecida como *cantilever*. Isso se deve às resultantes em forma de torção geradas pelas cargas mastigatórias. As situações mais críticas não seriam as resultantes axiais, que transmitem tensões em todo o eixo do implante, mas os componentes transversais. A flexão transferida aos implantes pioram à medida que o *cantilever* é estendido, podendo provocar falência de componentes da prótese ou perda de tecido ósseo ao redor do implante (Rangert et al., 1989).

Uma das maiores preocupações de clínicos e pesquisadores em relação à sobrevida dos implantes está relacionada à perda óssea, que poderia ocorrer numa eventual sobrecarga proveniente dos movimentos mastigatórios. Outras questões também são abordadas nos estudos relacionadas à biomecânica dos tratamentos dentários com implantodontia, tais como a falência das próteses ou parte delas, a anatomia oclusal que devem ter os dentes sobre implantes, a natureza dos elementos antagonistas, e o tipo de material mais adequado a ser utilizado nas próteses.

Segundo Misch (2006), os implantes dentários estão sujeitos às cargas mastigatórias que podem ser, até mesmo, provenientes da musculatura jugal ou da língua. A presença de hábitos parafuncionais pode alterar a variação dessas cargas. Ainda, ressalta a importância da avaliação de fatores relacionados à força aplicada aos implantes, tais como: magnitude, duração, direção, tipo e ampliação. Normalmente, são mencionados apenas os fatores magnitude e direção. Segundo o autor, um contato oclusal raramente resulta em uma força em uma única direção, mas, geralmente, tem resultantes tridimensionais. Da forma como as forças podem ser classificadas, compressiva, de tração e de cisalhamento, esta última é a que mais causa danos ao implante e ao tecido ósseo circundante. Um momento de

carga pode ser descrito como um vetor, que, por sua vez, é tratado em termos de magnitude e direção. Na prótese, observa-se a magnitude de um vetor, quando se multiplica a sua força com a distância perpendicular, também conhecido como braço de resistência; em um *cantilever*, por exemplo, essa distância compreende os pontos de resistência da aplicação da força. Tais momentos de carga provocam microrrotações e concentrações de tensão na crista do rebordo alveolar na interface implante-tecido, o que leva à perda de crista óssea.

Alguns autores tentaram buscar uma relação entre sobrecarga oclusal e perda óssea periimplantar. Dentre eles, Miyata et al. (2000) conduziram um experimento em macacos. Num primeiro momento, uma estrutura protética com altura excessiva em 100µm foi instalada, não observando nenhum sinal de reabsorção óssea. Verificaram perda de estrutura óssea apenas quando, além da altura excessiva, inocularam uma inflamação experimental. Entretanto, com aumento gradativo da altura da prótese observaram aumento de reabsorção óssea, mesmo na ausência de inflamação, e comentaram sobre a possibilidade do osso possuir um limiar a partir do qual entraria em colapso estrutural, independente da presença de inflamação.

Outros autores delinearam estudos seguindo linhas semelhantes de pensamento. Duyck et al. (2000), por exemplo, inseriram três implantes em tíbias de dez coelhos. Um foi carregado estaticamente, outro foi carregado dinamicamente e um terceiro, sem carga, serviu como controle. Após duas semanas de tensão sobre os implantes, os animais foram sacrificados para se procederem as medições. Não houve diferenças entre os implantes controle e com carga estática. Porém, foi observada perda óssea ao redor do implante que sofreu carga dinâmica. Dados estes que coincidem tanto na avaliação radiológica quanto na histológica.

Melsen; Lang (2001) extraíram pré-molares e molares de macacos e, após a cicatrização, inseriram implantes com comprimento e diâmetro especialmente fabricados para esse estudo. Após a osseointegração, aplicaram carga com um dispositivo de força para avaliar como afetaria o implante e o tecido adjacente, e mantiveram rígido controle sobre a placa bacteriana, química e mecanicamente. Os resultados mostraram que não houve nenhuma mudança em relação à mobilidade e nem em relação à perda óssea. Quanto à remodelação óssea, encontraram um aumento considerável nas suas atividades celulares. Porém, também foi registrado aumento na densidade do tecido ósseo adjacente aos implantes que tinham sofrido

carga, o que levou os autores a suspeitarem de que a presença de carga fosse fundamental na manutenção do implante no meio bucal. Esse estudo também mostrou o vínculo que o comprometimento do tecido ósseo periimplantar tem com a presença de uma inflamação prévia e não à carga.

O *cantilever* e a sobrecarga estão intimamente relacionados. Isso significa que reduzindo a extensão do *cantilever*, conseqüentemente, diminui-se a tensão transmitida ao implante distal.

Buscando amenizar tais problemas, Krekmanov et al. (2000) optaram pela tentativa de diminuição da extensão da extremidade livre. Para tal, inclinaram os implantes das posições mais posteriores. Trataram 47 pacientes, associando implantes sem inclinação e inclinados, tanto em mandíbula (25 pacientes) como em maxila (22 pacientes). Como não encontraram nenhum comprometimento quanto à força axial aplicada pelos pacientes, tampouco no momento fletor, comparando implantes retos e inclinados, concluíram que a inclinação de implantes não resultaria em nenhuma desvantagem sob o ponto de vista biomecânico. Porém, acreditaram que o comportamento favorável do tratamento deveu-se ao fato da prótese ser rígida e o implante fazer parte de uma estrutura única.

No intuito de oferecer um tratamento reabilitador, executado em menor tempo, com custo reduzido e menos traumático, Maló propôs, em 2003, a inserção de quatro implantes conectados a uma prótese fixa de arcada total através de parafusos. Esta técnica ficou conhecida como All-on-Four. Neste formato, os dois implantes anteriores eram inseridos verticalmente em região de incisivo lateral e, os posteriores, instalados com inclinação de 15° a 45°, tangenciando a parede anterior do seio maxilar (Maló et al., 2003; Maló et al., 2005). Posteriormente, este conceito foi também adaptado para a mandíbula, de forma que os posteriores fossem instalados inclinados para distal, próximos e anteriormente, ao forame mental (Maló et al., 2003). Mais tarde, em situações clínicas de extrema severidade na atrofia da maxila, adaptou-se outro tipo de implante, mais longo, buscando ancoragem no osso zigomático (Maló et al., 2008).

Com o intuito de comprovar a confiabilidade da técnica, Maló et al. (2003) realizaram um estudo clínico retrospectivo a fim de desenvolver e documentar um protocolo cirúrgico-protético simples, seguro e efetivo para casos de próteses fixas em mandíbulas para pacientes desdentados totais no sistema de carga ou função imediata. Selecionaram 44 pacientes, num total de 176 implantes inseridos na região

anterior ao forame mental, segundo o conceito All-on-Four. As próteses de resina acrílica de arcada completa, parafusadas, foram apoiadas sobre quatro implantes. As próteses definitivas foram colocadas após quatro a seis meses. Após seis meses de controle, os altos índices de sobrevida, tanto das próteses quanto dos implantes, sugeriram que a técnica All-on-Four associado à carga precoce era um conceito viável.

Outros autores também buscaram dados que pudessem oferecer confiabilidade quando se insere implantes com angulação. Testori et al. (2008) acompanharam clinicamente 41 pacientes, desdentados totais na maxila e, que tiveram fixados seis implantes na região anterior da maxila, sendo os dois mais posteriores inclinados para distal, com um ângulo de aproximadamente 30-35° em relação ao plano vertical e tangente à parede anterior do seio maxilar. Cada paciente recebeu uma prótese provisória, do tipo total parafusada, 48 horas após a cirurgia e, uma prótese definitiva foi instalada após três meses. O acompanhamento foi executado por um período de 6 semanas e anualmente, até completar cinco anos. Relataram que a aceitação por parte dos pacientes poderia ter sido prejudicada se houvesse a necessidade de procedimentos prévios como, por exemplo, cirurgias de elevação de assoalho de seio maxilar e enxertia óssea, que acrescentariam um componente extra, traumático e oneroso.

Muitas publicações mostram casos considerados de sucesso clínico, relatando as vantagens alcançadas após a reabilitação pelo conceito de implantes inclinados em pacientes que apresentavam arcadas que disponibilizavam pouco tecido ósseo, (Krekmanov et al., 2000; Maló et al., 2003; Maló et al., 2005; Maló et al., 2008; Testori et al., 2008). Outras vantagens foram encontradas: o número de implantes necessários para apoiar a prótese final era menor; por serem inclinados, era possível inserir implantes de maior comprimento; evitava-se procedimentos prévios, considerados pelos pacientes como sendo mais invasivos, mórbidos, traumáticos e com custo adicional, tais como, enxerto e elevação do assoalho do seio maxilar; o tratamento tornava-se mais previsível; e implantes mais longos e angulados, por percorrerem áreas de maior densidade óssea, propiciavam maior travamento primário, contribuindo na previsibilidade (Krekmanov et al., 2000; Maló et al., 2003; Testori et al., 2008).

Também foi mostrado que, para suportar as cargas mastigatórias do dia a dia sem comprometer a sobrevida de implantes e da prótese com seus respectivos

componentes, não eram necessários mais do que quatro implantes (Maló et al., 2003; Branemark et al., 1995; Rangert et al., 1989; Duyck et al., 2000; Fortin et al., 2002) embora outros autores tenham mostrado que próteses sobre quatro implantes com dois anteriores retos e dois posteriores inclinados para distal provocavam um aumento de tensão no conjunto prótese/abutment/implante/osso (Duyk et al., 2000; Çaglar et al., 2006; Geremia et al., 2009, Tashkand et al., 1996; Begg et al., 2009).

Os métodos mais empregados no estudo das distribuições de tensões são feitos com o uso de extensômetros, conhecidos como células de carga (Geremia et al., 2009), pelo método da fotoelasticidade (Begg et al., 2009), pela técnica da holografia (Rodrigues et al., 2005; Campos et al., 2006), ou por meio de um modelo virtual conhecido como elemento finito (Akça ; Iplikçiouglu, 2001; Çaglar et al., 2006).

A técnica de elemento finito constitui de um modelo virtual, matemático e que procura simular uma situação próximo ao real. É um programa alimentado previamente com as características físicas dos corpos envolvidos no estudo.

Para avaliar o efeito gerado com a inclinação de implantes que suportam próteses em região posterior de maxila, Çaglar et al. (2006), por exemplo, usaram um modelo em elemento finito. Os autores desenharam duas configurações diferentes de modelo. Na primeira situação foram colocados implantes em regiões de primeiro pré-molar, segundo pré-molar e segundo molar. Na segunda configuração, os implantes foram colocados em regiões de segundo pré-molar e segundo molar, sendo que, neste caso, a prótese ficaria com um *cantilever* mesial na região de primeiro pré-molar. No implante localizado no segundo molar, nas duas configurações, foram usados três inclinações diferentes (0° , 15° e 30°). As cargas foram aplicadas em três direções: a vertical, oblíqua e horizontal. O estudo mostrou que o aumento da inclinação do implante distal também aumentava a tensão sobre ele. Também foi notado que o nível de tensão no implante contíguo ao *cantilever* era considerável. Porém, segundo os autores, mesmo os mais altos graus de tensões encontrados nos implantes, sempre na região próxima à cervical, não passavam do limite de dureza do titânio e concluíram que não havia problemas em inclinar implantes.

Os extensômetros são células de carga que codificam deformações sofridas pelo corpo de prova estudado em números. Preocupados com os possíveis efeitos deletérios do *cantilever* da prótese sobre pilares de implantes, Geremia et al. (2009), através desse método, elaboraram dois modelos de estudo. Em um deles, os

implantes eram inseridos axialmente e, no outro, os implantes distais eram angulados para distal. No caso do modelo com o implante distal inclinado, por conta da própria angulação, o comprimento do *cantilever* era menor. Para medir forças de compressão e tração, foram colocados extensômetros nos pilares e concluíram que o implante distal inclinado apresentava maiores forças compressivas em pilares do que o reto e, o conjunto como um todo, apresentava melhor distribuição de forças nos pilares.

A holografia é uma técnica desenvolvida por Garbor em 1948 e teve um grande desenvolvimento após a invenção do laser em 1962. O laser foi aplicado pela primeira vez para a holografia em 1963 por Leith e Upatnieks quando se tornou possível a aplicação prática para registro de objetos em três dimensões. Ela poderia ser definida como um filme fotográfico, slide, ou placa sobre a qual é gravado um padrão de interferência produzido pelo reforço ou cancelamento da interseção de duas diferentes frentes de onda de luz e o aspecto tri-dimensional é único, pois ele reconstrói o efeito paralaxe natural na imagem, o que significa que um observador que esteja olhando para um holograma, mudando o ângulo de visão, poderá ver detalhes sendo encobertos por outros que estão em primeiro plano. A imagem pode ser gravada quando um filme holográfico simultaneamente registra a luz refletida pelo objeto, chamada de feixe objeto, e outro proveniente diretamente da fonte de luz, chamado de feixe de referência. Na técnica de dupla exposição, se o objeto é movido minimamente entre as exposições, um segundo padrão de interferência é produzido. Esse segundo padrão de interferência cria franjas escuras sobre a imagem holográfica reconstruída do objeto original. Essas franjas indicam o deslocamento do objeto entre as exposições e podem mostrar em qual intensidade e direção que ocorreu tal fato. As franjas interferométricas podem ser usadas para medir alterações dimensionais por variação de temperatura, distorção por tensão ou variações de posição devido à vibrações (Young ; Altschuler, 1977).

Rodrigues et al. (2005) compararam próteses apoiadas sobre implantes e sobre dente associado a implante. Demonstraram, utilizando a técnica holográfica, que as próteses apoiadas somente sobre implantes apresentaram melhor distribuição de tensões.

A outra técnica é a fotoelasticidade, que foi desenvolvida na virada do século XX, amplamente aplicada no setor industrial, excedendo as técnicas em alcance, confiabilidade e praticidade. Na implantodontia, o processo consiste na

incorporação de um implante dentário dentro de um material de revestimento, fabricado com uma formulação controlada de resinas misturadas, para proporcionar propriedades conhecidas e repetíveis. A interpretação é baseada nos princípios de que quanto maior o número de franjas, maior a magnitude da tensão e quanto mais próximas as franjas estiverem umas das outras, maior a concentração de tensão. Em outros métodos, os testes sequenciais de comparação requerem a produção de vários modelos, o que dificulta a análise, uma vez que sempre existirá uma tensão interna inerente a cada material produzido. A fotoelasticidade permite a integridade do corpo de prova, mesmo após repetidos testes. A cada franja pode ser atribuído um número ordinal e conserva-se sua identidade individual ("Ordens") em toda a seqüência de carregamento. O benefício da análise é que cada franja não é apenas ordenada, mas sempre mantém a sua respectiva posição na seqüência ordenada, na qual cada franja é um processo contínuo, destacando a magnitude da mesma tensão principal. As diferentes franjas nunca se cruzam ou se fundem. O osso é constituído de uma cortical externa e de uma porção interna medular. A resina, por sua vez, tem a característica de ser homogênea e, por isso, os implantes tendem a apresentar uma distribuição mais consistente dos padrões de tensão neste material, permitindo comparações mais controladas em diferentes condições de carga. A fotoelasticidade ainda pode oferecer uma apresentação exata dos pontos de tensão crítica em torno dos materiais de geometria irregular (Curtis; Watson, 2008).

A fotoelasticidade permite uma visão mais panorâmica do objeto estudado.

Meyer et al. (2002), procurando um posicionamento mais adequado para barras de reforço no tratamento de fraturas na mandíbula, utilizaram uma variação no método de fotoelasticidade. No estudo empregaram três hemimandíbulas humanas frescas e cobriram a superfície do ramo ascendente com uma camada de resina fotoelástica. Foram colados cordões de polietileno nas áreas da mandíbula onde estariam os músculos masseter, pterigóideo mesial e temporal. Um dispositivo de tração foi utilizado para aplicação de cargas, simulando apenas o lado de trabalho. Os resultados mostraram que apareceram tensões de tração ao longo da borda anterior do ramo e fóvea no colo do côndilo da mandíbula e tensões de compressão na borda posterior do ramo da mandíbula.

Alguns autores lançaram mão da fotoelasticidade para avaliar o comportamento de implantes e de próteses.

Em 1994, White et al. confeccionaram uma mandíbula em resina fotoelástica, simulando considerável reabsorção óssea. Foram colocados cinco implantes do tipo Branemark e, sobre eles, uma estrutura metálica, com *cantilever* extenso do lado esquerdo, que foi cortada e soldada até que se atingisse total assentamento passivo sobre os implantes. Na superfície oclusal foi colocada uma cobertura de resina. Foram aplicadas cargas sobre o *cantilever*, em locais pré-determinados, que variavam a cada 5 mm, até que a carga mais distal se situasse a 30 mm do implante mais distal. Os resultados mostraram que o aumento de tensão não era proporcional ao aumento da distância. No implante distal, as tensões aumentavam em menor proporção do que o local de aplicação de carga. Em contrapartida, os implantes mesiais, mostravam aumento de tensões em maior proporção do que a distalização da carga. Os autores relataram certo comportamento de proteção mútua entre os implantes, em situação de carga extrema.

Sadowsky; Caputo (2000) avaliaram quatro diferentes tipos de retenção de próteses, sobre quatro implantes e verificaram se a transmissão de tensão também sofreria interferência, pelo fato da prótese estar apoiada no rebordo ou não. Foi construído o modelo fotoelástico, com quatro implantes de 3,75 x 10 mm, na região anterior ao forame mental. Foram confeccionadas quatro próteses do tipo overdentures, com as características: barra em *cantilever*; barra sem *cantilever*; barra eletroerodida e com quatro encaixes tipo bola, para apoiar sobre os implantes. Concluíram que o fato da prótese apoiar ou não no rebordo influenciou mais do que as suas configurações.

Ochiai et al. (2003) compararam padrões de transferência de tensão com um ou dois implantes conectados a dentes naturais, simulados e localizados anteriormente. Além da quantidade de implantes, outra variável do trabalho foram os abutments. Foram denominados de não segmentados quando as coroas eram confeccionadas sobre os próprios UCLAs diretamente, parafusados sobre os implantes e, de segmentados, quando as próteses eram fixas sobre os abutments e estes parafusados sobre os implantes. Para o experimento foram fabricados modelos fotoelásticos de mandíbula com materiais de diferentes módulos de elasticidade para as diferentes estruturas, tais como corpo da mandíbula, dente e ligamento periodontal. Os lados esquerdos dos modelos desdentados a partir do segundo pré-molar, inclusive, receberam dois implantes de 3,75 x 13 mm. Sobre

estes e, no primeiro pré-molar foram confeccionadas próteses fixas. A única diferença encontrada, tanto em casos de implante único, como em casos de dois implantes e com pilares segmentados e não segmentados foi que, na situação de implante único com pilar não segmentado, as cargas distais apresentaram maiores tensões não axiais. Assim, os autores recomendaram que a escolha de componentes sobre implantes tal como a sua aplicação deveriam seguir critérios clínicos.

Begg et al. (2009) estudaram o padrão de transferência de tensões em torno de implantes, segundo o modelo All-on-Four, por meio de fotoelasticidade. Confeccionaram quatro modelos fotoelásticos, sempre com os dois implantes anteriores posicionados retos e, os outros posteriores, posicionados a 0°, 15°, 30° e 45°, para cada um dos modelos, respectivamente. Para cada modelo foi fundida uma barra. Foram aplicadas cargas de cinco, dez e quinze quilos. Não foram encontradas diferenças significantes entre os modelos de 15° e 30°. Os resultados mostraram que, sob qualquer variável, as menores tensões sempre foram encontradas na região central do implante, as tensões apicais mais altas sempre foram maiores do que as cervicais e as maiores foram vistas nos implantes inclinados a 45° que, segundo os autores, são os mais propícios a sofrerem sobrecarga do que os menos angulados. Os autores estranharam os dados encontrados na pesquisa, ou sejam, as maiores tensões no ápice dos implantes, enquanto que a literatura associa a sobrecarga à perda óssea cervical.

3 PROPOSIÇÃO

Devido aos questionamentos ainda presentes em relação à técnica All-on-Four, quanto ao seu comportamento biomecânico, este estudo se propõe, através do método da fotoelasticidade, a:

- Comparar duas configurações em que os implantes são inseridos para a sustentação de uma prótese implantossuportada.
- Avaliar qual é o papel do lado de balanceio na dissipação de cargas oclusais à mandíbula.

4 MATERIAL E MÉTODOS

Para a confecção dos corpos de prova em resina fotoelástica, foi utilizada como modelo padrão uma mandíbula humana macerada pertencente ao Departamento de Anatomia do Instituto de Ciências Biológicas da USP.

Esta pesquisa foi submetida ao Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) da Faculdade de Odontologia da Universidade de São Paulo (FOUSP), parecer número CAAE 0011.0.017.000-11. (Anexo A)

Os critérios de seleção da mandíbula foram: que a mandíbula apresentasse ausência de dentes, não tivesse falta de estruturas importantes ao estudo e que apresentasse características típicas de caso em que a técnica All-on-Four são indicados, tais como presença de quantidade óssea anterior e reabsorção severa na porção posterior da mandíbula.

4.1 Obtenção da réplica em gesso da mandíbula

Primeiramente, determinou-se a linha limítrofe aproximada da mandíbula que separava a porção superior, onde se encontrava a maior parte das áreas expulsivas, e a porção inferior, onde estava a maior parte das áreas retentivas. Para essa etapa, apoiando a mandíbula sobre uma superfície plana horizontal, incidiu-se a luz de uma lâmpada, situada a 1,5 m de altura.

Figura 4.1. – Perfil da mandíbula com incidência perpendicular de luz e projeção da sombra

A linha limítrofe foi delimitada com grafite e serviu de orientação para a confecção de uma moldeira individual em resina acrílica autopolimerizável (Jet, Clássico, São Paulo, Brasil). Esta moldeira era composta de duas partes: uma acima do equador e a outra abaixo do mesmo (Figura 4.1).

Para a confecção desta moldeira foi feito um alívio na porção superior da mandíbula macerada com alginato (Jeltrate, Dentsply, Petrópolis, Brasil) de, aproximadamente, um centímetro, seguindo orientação da delimitação de grafite. Em seguida, esse alginato foi coberto com resina acrílica. Da mesma forma, a porção inferior da mandíbula foi coberta com uma espessura aproximada de um centímetro de alginato, e, também, coberto com resina.

Tomou-se o cuidado de posicionar pinos para que as duas partes se encaixassem sempre na mesma posição. Na figura 4.2 nota-se os pinos estão fixos à moldeira superior por intermédio de resina de cor vermelha (Duralay, Reliance Dental MFG Co., EUA), e seus respectivos encaixes, confeccionados na moldeira inferior com a mesma resina.

Figura 4.2 – A. Moldeira confeccionada em resina acrílica para a obtenção do molde da mandíbula, porção superior (setas indicando posicionamento dos pinos); B. Moldeira em resina acrílica, porção inferior

A mandíbula macerada foi fixada à moldeira através de cilindros de cera (Sprue, Babinete, Maringá, Brasil). Posteriormente, esses cilindros formaram os condutos por onde foi vertido o gesso. Foi feita a injeção do silicone (Aerojet, São Paulo, Brasil) somente na porção superior da moldeira. Após seis horas de cura do silicone, foi feito o isolamento da primeira camada de silicone com vaselina sólida, fechamento da moldeira através do posicionamento da porção inferior e vedamento com cera utilidade (Asfer, São Caetano, Brasil) das bordas para que não houvesse vazamento do silicone. Procedeu-se a injeção do silicone na porção inferior.

A partir do molde bipartido finalizado, a mandíbula macerada foi removida. Verteu-se gesso especial (Durone, Dentsply, Petrópolis, Brasil) no seu interior, obtendo desta forma, a réplica em gesso. (Figura 4.3)

Figura 4.3 – Moldeira fechada pelas partes superior e inferior após ter gesso vertido em seu interior.

4.2 Obtenção do guia cirúrgico

Sobre a réplica da mandíbula em gesso foram executados todos os procedimentos simulando a confecção de uma prótese total convencional, ou seja: preparo de base de prova em resina, muralha de cera e montagem dos dentes (Premium, Heraeus Kulzer, Hanau, Germany) (Figura 4.4). Em seguida, a prótese foi clonada em resina acrílica (Jet, Clássico, São Paulo, Brasil), obtendo-se o guia cirúrgico.

Figura 4.4 – Réplica da mandíbula em gesso apresentando, pela vista vestibular, base de prova e montagem de dentes

Removeu-se a prótese total, e o guia cirúrgico foi adaptado à mandíbula de gesso, onde foram realizadas seis perfurações. Os locais onde as perfurações deveriam ser executadas foram previamente marcados com grafite na mandíbula de gesso. Com o guia cirúrgico em posição duas perfurações axiais se localizaram nas regiões correspondentes aos incisivos laterais inferiores, outras duas também axiais tangenciando anteriormente o forame mentual e, as duas últimas, também tangenciando o forame mentual, porém inclinado em torno de 35° para distal. A cada perfuração feita, uma haste metálica, que foi obtida de instrumentos rotatórios para peça de mão cuja ponta ativa foi removida, foi colocado no furo para certificar-se que a perfuração estava na angulação correta. Figura 4.5.

Figura 4.5 – Réplica de mandíbula perfurada sobre o qual está posicionado o guia cirúrgico

4.3 Perfuração guiada da mandíbula macerada e colocação dos análogos

Para as seis perfurações (Figura 4.6) foram utilizadas brocas de menor ao maior diâmetro, até que o da última, fosse compatível com o diâmetro dos análogos (plataforma regular 4,1mm de conexão externa, Nobel Biocare, Zurique, Suíça). A fixação dos análogos foi executada com o auxílio de um delineador (Fedi 18, Mariotti & C, Forli, Itália) apenas para se assegurar que os implantes retos mantivessem suas direções sempre paralelas e, estas foram fixadas à mandíbula, com cola do tipo cianocrilato (Super Bonder – Loctite, São Paulo, Brasil) (Figura 4.7).

Figura 4.6 – Perfuração da mandíbula macerada. A. Perfuração do implante distal inclinado do lado esquerdo; B. Perfuração do implante distal reto do lado direito

Para que os dois análogos distais, o angulado e o reto, de ambos os lados, pudessem ser colados simultaneamente, um deles teria que ser recortado. No caso deste estudo, o análogo recortado foi o inclinado.

Esta mandíbula macerada apresentou, portanto, seis análogos posicionados nas angulações e posições desejadas, ou seja, dois sem inclinação em relação ao corpo da mandíbula na região de incisivos laterais inferiores, outros dois também sem inclinação, um de cada lado e tangenciando a parede anterior dos forames mentuais, e os dois últimos, também tangenciando os forames mentuais, porém inclinados a 35°, de modo que a plataforma ficasse voltada para distal.

Figura 4.7 – Os dois análogos distais, inclinado e reto

Sobre os análogos foram colocados seus respectivos abutments do tipo microunit (para plataforma regular, ou seja, de 4,1 mm de diâmetro com conexão externa do tipo hexágono externo), sendo quatro retos nos quatro análogos mais anteriores (Multi-unit Straight, reto de 4,0mm de altura - Nobel Biocare, Zurique, Suíça) e dois angulados de 30° nos dois mais posteriores (Multi-unit angulado de 30° de 4,0mm de altura - Nobel Biocare, Zurique, Suíça).

4.4 Obtenção da prótese

A prótese total parafusada foi confeccionada da seguinte maneira: uma barra de reforço para a prótese foi encerada seguindo orientação da montagem de dentes, que anteriormente serviu para a obtenção do guia cirúrgico e, posteriormente foi fundida em liga de cobalto-cromo (Degudent, Dentsply, Hanau, Alemanha), de maneira que se adaptasse perfeitamente sobre os abutments. Sobre esta barra foram montados os dentes artificiais (Premium, Heraeus Kulzer, Hanau, Alemanha) e, a porção que corresponde à gengiva da prótese, foi acrilizada. Figura 4.8.

Figura 4.8 – A. Prótese com os seis acessos de fixação sobre os implantes; B. Prótese total parafusada sobre os seis análogos colados na mandíbula macerada

Com a intenção de facilitar e agilizar a compreensão da interpretação dos dados, foram determinados números aos implantes correspondentes às posições que eles ocuparam na arcada. Assim, cada implante teve um número agregado, conforme a sua localização, de um a seis, da sua direita para a esquerda. Figura 4.9.

Assim, as mandíbulas com a configuração segundo a técnica All-on-Four, por exemplo, apresentaram os implantes 1, 3, 4 e 6, ao passo que as mandíbulas com implantes retos apresentaram-nos nas posições 2, 3, 4 e 5.

Figura 4.9 – Mandíbula macerada com a prótese parafusada indicando a numeração dos implantes

4.5 Obtenção das réplicas de mandíbulas

Procedeu-se a moldagem da mandíbula macerada com a prótese implantossuportada fixada, com a moldeira do item 4.1 modificada. Foi realizado um recorte na superfície da moldeira no local da prótese para que a mesma pudesse ser fixada e para permitir o acesso das chaves nos acessos aos parafusos de fixação. Figura 4.10.

Figura 4.10 – Detalhe da moldeira individual com a prótese fixa presa com resina Duralay

Como os implantes foram encaixados na prótese antes da resina ser vertida no molde, a prótese se adaptou sobre todos os modelos de mandíbula em resina fotoelástica.

A partir desta moldagem foram obtidas as seis cópias da mandíbula, sendo, porém, três mandíbulas em resina fotoelástica com quatro implantes perpendiculares e paralelos entre si e outras três com implantes dispostos segundo a técnica All-on-Four (Maló et al., 2003). Os implantes que foram utilizados nesta pesquisa foram de 3,75 mm de diâmetro por 10,0 mm de comprimento (Nobel Biocare, Zurique, Suíça), mas, como uma das vantagens citada na técnica All-on-Four é o fato de se poder inserir os implantes inclinados com maior comprimento, neste estudo, estes implantes, os mais distais, tinham 15,0 mm de comprimento.

Para a confecção das cópias com os implantes perpendiculares nos moldes, estes foram colocados nas quatro posições mais anteriores do molde (posições 2, 3, 4 e 5) e, as duas posições mais posteriores (1 e 6), foram isoladas para que não entrasse resina no acesso à prótese (Figura 4.11A).

Para se confeccionar as cópias de mandíbula com os implantes posicionados segundo a técnica All-on-Four, por sua vez, os implantes foram posicionados nas duas posições mais anteriores e nas duas mais posteriores do molde (posições 1, 3, 4 e 6) (Figura 4.11B).

Figura 4.11 – Modelos em resina fotoelástica. A. Espécime apresentando os quatro implantes retos na região interforaminal; B. Espécime apresentando os quatro implantes segundo os moldes da filosofia All-on-Four na região inforaminal.

A resina com a qual foram feitas as réplicas (Polipox Indústria e Comércio Ltda., São Paulo, Brasil), possui características fotoelásticas. Foram utilizados dois tipos desta resina, a GIII flexível e a GIII rígida na proporção de 50% de cada uma. Estas proporções foram determinadas após testes de resistência do material, qualidade de apresentação de franjas fotoelásticas sob tensão simulada com cargas e liberação da mesma após a remoção da carga. As massas das resinas e seus respectivos endurecedores foram medidas e misturadas cuidadosamente em um becker com bastão de vidro para haver a menor quantidade de inclusão de bolhas possível. Ainda assim, após a mistura estar homogênea, o recipiente foi incluído em uma câmara e mantido sob vácuo em dois ciclos de dois minutos cada um para que as bolhas inclusas na resina pudessem ser eliminadas. A Câmara de vácuo é um recipiente acrílico, constituído por base e tampa, que, quando juntas, se tornam hermeticamente fechadas. Ela também contém um manômetro, que controla a pressão interna, e uma bomba de vácuo.

As recomendações do fabricante foram seguidas não só em relação às proporções das resinas e seus respectivos endurecedores, mas também quanto ao tempo de sete dias necessários para que as réplicas de mandíbulas pudessem ser removidos do molde e, assim, serem submetidos aos testes.

4.6 O dispositivo de carga

Há que se considerar as limitações do estudo conhecida a complexidade que apresentam as estruturas e os movimentos mandibulares. Porém, como o intuito era o de reproduzir com a maior fidelidade possível o comportamento físico e mecânico de estruturas envolvidas nos esforços mastigatórios, o dispositivo de carga foi produzido com base em modificações no dispositivo utilizado por Campos et al., (2006).

O dispositivo possui uma placa base, e sustenta a plataforma de carga propriamente dita, que gira em seu próprio eixo, possibilitando as leituras no lado onde foram aplicados os pesos, que foi denominado “Lado de trabalho”, no ponto central, que foi denominado “Ponto central” e no lado oposto ao que foram aplicados os pesos, o “Lado de balanceio”. A plataforma giratória permitiu análises em todos os lados de interesse, inclusive pela lingual, sem a necessidade de se alterar o peso aplicado. Tomou-se o cuidado de verificar que, sempre que aplicada a carga, o pino sobre o qual os pesos foram colocados estivesse na perpendicular em relação ao conjunto.

A plataforma giratória também apresenta duas caixas que fixam os ramos da mandíbula (Figura 4.12).

Figura 4.12 – Dispositivo de carga. A. Componentes do dispositivo: a. haste horizontal; b. caixas que seguram as mandíbulas pelos ramos; c. pino de carga; d. placa base; e. plataforma giratória; B. Dispositivo de carga propriamente dito.

O conjunto também é constituído de um gabarito metálico, utilizado para padronizar a posição dos corpos de prova. Para a determinação desta posição, que permaneceu constante durante todo o experimento, os abutments foram colocados sobre os análogos da mandíbula macerada e, sobre os abutments, a prótese foi parafusada. Com o auxílio de um delineador (Bioart, São Carlos, Brasil), foi determinado o plano oclusal de acordo com Roach. Figura 4.13.

Figura 4.13 – A posição da mandíbula macerada na platina do delineador

Após a remoção da prótese, o plano oclusal foi transferido para o gabarito.

O gabarito é fixado à haste horizontal do dispositivo, e permite movimentação nos três eixos (Figura 4.14 e figura 4.15).

Figura 4.14 – Calibração do gabarito. A. Barra parafusada aos abutments e sendo fixo ao gabarito; B. Mandíbula macerada calibrada ao sistema mostrando a mesma posição que todos os corpos de prova do experimento ocuparam durante o estudo. Seta mostrando a barra que faz parte do gabarito.

Figura 4.15 – Corpo de prova sendo posicionado no dispositivo de carga pelas caixas da haste horizontal. A. Modelo fotoelástico em sua posição auxiliado pelo gabarito; B. Vista frontal do corpo de prova com a prótese parafusada.

4.7 O polariscópio

O polariscópio é o arranjo principal para todo o estudo, posto que é a base da análise na metodologia da fotoelasticidade. Ele se encontra no laboratório de ótica do Instituto de Física da USP (IFUSP), sob responsabilidade do Prof. Dr. Mikiya Muramatsu, local onde o experimento foi realizado. O polariscópio é um instrumento óptico que utiliza as propriedades da luz polarizada, pois o estado de tensão do material é determinado a partir do padrão de interferência que este material provoca nas ondas luminosas polarizadas. Logo, conclui-se que é fundamental que a luz esteja em estado polarizado para que se possa realizar a análise experimental. Em um estudo como o presente, são utilizados, freqüentemente, dois tipos de polariscópio: o plano e o circular; sendo que a diferença entre eles é o estado de polarização que é empregada à luz.

Na técnica de fotoelasticidade o polariscópio plano é o arranjo óptico mais simples que é utilizado. Essa configuração é constituída de uma fonte luminosa e dois polarizadores de luz.

Figura 4.16 - A:Fonte de luz; B:Difusor; C:Polarizador; D:Placa quarto de onda; E:Plataforma de carga; F:Placa quarto de onda; G:Analisador

Em seguida à fonte de luz foi utilizado um difusor para homogeneizar o feixe. O primeiro filtro após o difusor é chamado de polarizador. A função do polarizador, como o próprio nome sugere, é filtrar a luz e polarizá-la em apenas um eixo. Embora o segundo filtro tenha a mesma função, ele é denominado de analisador e recebe a luz após este passar pelo corpo estudado. No arranjo, os eixos de polarização do polarizador e do analisador são cruzados perpendicularmente e, por isso, a intensidade da luz resultante é nula. Então, conforme explica Ferreira Jr. (2003), o estado tensionado do material produz mudanças no estado de polarização da luz e determina um padrão de interferências que é observado no analisador do polariscópio. Na análise do padrão referente às direções principais de tensão, quando uma das direções principais estiver alinhada com o eixo do polarizador a intensidade da luz é nula e é chamado de padrão de

franja isoclínica. Em outras palavras, as franjas isoclínicas são escuras e utilizadas para a determinação das direções principais de tensão.

O polariscópio circular, além da fonte luminosa, é composto por mais quatro elementos ópticos. O primeiro, um filtro chamado de polarizador, que filtra o feixe transformando-o em plano. Em seguida, um elemento óptico conhecido por placa de quarto de onda, que tem a função de receber esse feixe proveniente do polarizador, que está planamente polarizada, e transformá-lo em circular. Esse feixe passando pelo terceiro elemento, a segunda placa quarto de onda, se torna novamente do tipo plano-polarizado. Enfim, o analisador, o último elemento do polariscópio circular, é o responsável pela extinção da luz e a intensidade da luz em sua saída está relacionada com a diferença das tensões principais (Figura 4.16).

Ainda conforme Ferreira Jr. (2003), as duas principais configurações do polariscópio circular são a de campo claro e a de campo escuro. Na configuração de campo escuro, o polarizador e o analisador são orientados ortogonalmente e, com essa orientação, o fundo do padrão de franja é escuro. Já na configuração de campo claro, o polarizador e o analisador são orientados paralelamente e, como consequência, o fundo do padrão de franja é claro. Neste estudo a configuração do polariscópio circular foi de campo escuro e a fonte luminosa utilizada foi a branca e, neste caso, o padrão de franjas se torna um somatório de intensidades de cada comprimento de onda. O resultado desse somatório de intensidades gera franjas isocromáticas coloridas. As cores destas franjas variam de acordo com o valor da diferença entre as tensões.

No presente estudo, foram feitas leituras tanto com arranjo plano como com arranjo circular com uma câmera digital Sony modelo DSC-H50 Cybershot (Sony Corp., Japan). Porém, quando a configuração do polariscópio é do tipo plano, a análise das informações das franjas ficou dificultada, pois as franjas isoclínicas ficaram sobrepostas às isocromáticas.

4.8 Obtenção das imagens fotoelásticas

As tomadas fotográficas foram feitas em quatro posições (pela vestibular do lado de trabalho, pela vestibular na linha mediana, pela vestibular no lado de balanceio e pela lingual na linha média). Quando a mandíbula foi fotografada sem carga, essas tomadas foram registradas nas configurações plana e circular, assim como, quando na mandíbula estava sob carga, as fotos foram registradas nas configurações plana (franjas isocromáticas sobrepostas às isoclínicas), circular (franjas isocromáticas). Também na condição tensionada, a carga teve variação no local onde o peso foi colocado; na região de *cantilever* da prótese, na cúspide vestibulo-medial, e nas regiões interimplantares, na cúspide vestibular do primeiro pré-molar e na região mediana, entre os dois incisivos centrais inferiores. No presente ensaio, convencionou-se o lado esquerdo como lado de trabalho, uma vez que as cargas foram aplicadas somente deste lado.

Resumidamente, foram realizadas trinta e duas tomadas fotográficas para cada uma das seis mandíbulas.

Para cada mandíbula:

FOTO CARGA	VESTIBULAR			LINGUAL
	TRABALHO	LINHA MÉDIA	BALANCEIO	LINHA MÉDIA
CANTILEVER	1, 2	1, 2	1, 2	1, 2
INTERMEDIÁRIO	1, 2	1, 2	1, 2	1, 2
MEIO	1, 2	1, 2	1, 2	1, 2
SEM CARGA	1, 2	1, 2	1, 2	1, 2

1. Arranjo plano; 2. Arranjo circular(Com placas $\frac{1}{4}$ de onda)

Para que não houvesse alteração na carga, faz parte do dispositivo uma plataforma giratória para que o corpo estudado permanecesse sempre na mesma posição, enquanto eram feitas todas as fotografias necessárias. Para que

todas as tomadas pela vestibular no lado de balanceio, por exemplo, fossem feitas na mesma posição, foi feita uma marcação na base do dispositivo. Figura 4.17.

Figura 4.17 – Marcas da padronização dos ângulos pelos quais as imagens foram obtidas nos posicionamentos nos lados de trabalho, linha média e balanceio, pelos vistas vestibular e lingual

4.9 Análise das imagens

A análise das franjas pode ser feita qualitativamente observando-se qual foi o padrão resultante, através de características como: o número de franjas, sua inclinação, espaçamento e densidade. Cada detalhe denuncia de que forma e de quanto foi a deformação causada pela carga estática aplicada. A interpretação é baseada nos princípios de que quanto maior o número de franjas, maior a magnitude da tensão e quanto mais perto as franjas forem uma das outras, maior a concentração de tensão, sendo que elas sempre ocorrem perpendicularmente às franjas (Curtis ; Watson, 2008).

5 RESULTADOS

As imagens observadas nos registros fotográficos têm características auto-explicativas, permitindo uma avaliação qualitativa.

Para facilidade de compreensão, colocamos a figura 5.1, que possui as devidas posições dos implantes dos modelos referidos como mandíbula Branemark e All-on-Four.

Figura 5.1 – Corpos de prova em resina fotoelástica com as duas configurações mostrando os posicionamentos dos seus respectivos implantes. A. mandíbula Branemark; B. mandíbula All-on-Four

Figura 5.2 – mandíbula Branemark 3 sem carga

A figura 5.2 mostra uma Mandíbula Branemark de número três, com os implantes localizados nas posições 2, 3, 4 e 5, sem carga, com filtro $\frac{1}{4}$ de onda, vista vestibular na linha média.

Figura 5.3 – modelo Branemark 2

A figura 5.3 mostra fotos da mandíbula Branemark 2, sem carga e com a prótese parafusada, pronta para o experimento. Em A, mostra as vistas no lado vestibular de balanceio, linha média, lado de trabalho e vista lingual na linha média, sem o filtro $\frac{1}{4}$ de onda, da esquerda para a direita e, as mesmas vistas, com o filtro $\frac{1}{4}$ de onda, em B na mesma seqüência.

Não houve franjas no estado inicial de aplicação de cargas no arranjo do polariscópio do estudo. Porém, devido à alta sensibilidade própria desta resina fotoelástica, pode-se observar que a contração do material usado para a fixação das mandíbulas, foram o suficiente para que se formassem tensões no ramo ascendente da mandíbula, próximo à caixa do dispositivo onde os corpos de prova são presos.

As três mandíbulas (Branemark) apresentaram comportamentos semelhantes, em todas as situações.

Figura 5.4 - mandíbula Branemark2: Imagens dos três pontos de aplicação de carga, em quatro vistas (V=Vestibular, L=Lingual). Com o filtro de $\frac{1}{4}$ de onda

A figura 5.4 representa a mandíbula Branemark 2. Nela observa-se as vistas vestibulares (balanceio, linha média e trabalho) e lingual (linha média), nas situações em que a carga foi aplicada no *cantilever*, no pré-molar, e nos incisivos centrais.

Primeiramente, com a carga aplicada no *cantilever*, notou-se, no lado de trabalho, maior quantidade de franjas nas regiões, cérvico distal e ápico mesial, do implante 5, sendo este, o que recebeu maior esforço. No lado de balanceio, houve presença de tensão na distal do implante 2, com maior concentração na região ápico-distal, dissipando por todo corpo, em direção ao ramo da mandíbula.

Outra região que recebeu grande quantidade de tensão foi a anterior, entre os implantes 3 e 4, dissipando-se para a região do mento

Com a carga aplicada sobre o pré-molar, ocorreu alívio de tensão na distal do implante 5, situação que também se observou no implante 2 no qual se distribuiu entre o ápice e corpo do implante. Porém, houve um considerável aumento em torno do ápice na distal do implante 3, que era o mais mesial do lado de balanceio, assim como no espaço entre os implantes 3 e 4, localizados na linha média.

Nas situações em que as mandíbulas Branemark tiveram aplicação de carga nas bordas incisais, as tensões se mostraram melhor distribuídas entre os

quatro implantes quando comparadas àquelas em que a carga foi aplicada em *cantilever*. As tensões se fizeram presentes nas regiões apicais e, nos implantes distais, evidenciaram-se ao seu redor, principalmente nas áreas distais.

Figura 5.5 - mandíbula All-on-Four

A figura 5.5, em A, representa o estado do ponto de partida, isto é, sem carga, dos corpos de prova das Mandíbulas All-on-Four. Nela observa-se as vistas vestibulares (balanceio, linha média e trabalho) e lingual (linha média), da esquerda para a direita, sem o filtro $\frac{1}{4}$ de onda, na posição superior. Em B, as mesmas vistas, porém, com o filtro $\frac{1}{4}$ de onda. Foi observado que nos casos com os implantes localizados nos moldes da técnica All-on-Four, o estado inicial não era a de ausência total de tensão. Embora mínima, elas aparecem na cor amarelada, tênue, nos implantes 1,4 e 6 na região de terço médio tanto na mesial como na distal. Vale lembrar que no estudo as análises são feitas baseadas nas diferenças das tensões principais, isto significa que, no momento da interpretação, é necessário subtrair as tensões pré-existentes das imagens observadas após a carga.

As três mandíbulas All-on-Four apresentaram comportamentos semelhantes em todas as situações.

Figura 5.6 - mandíbula All-on-Four 2: Imagens dos três pontos de aplicação de carga, em quatro vistas. Sem o filtro de $\frac{1}{4}$ de onda

Pela figura 5.6 observa-se quando a carga foi aplicada em *cantilever* houve maior concentração de tensões localizada próxima ao ponto de aplicação da carga, ou seja, na distal do implante 6, desde a cervical até o seu ápice. No implante 4, as tensões situaram-se na região apical, com tendência à mesial, e também, na disto cervical. No lado de balanceio, o padrão de cores foi diferente, mostrando áreas amareladas na região cérvico mesial e na distal, do terço médio para cervical.

No experimento seguinte, quando o carregamento foi sobre o pré-molar, o implante de número 4, que está mais próximo do ponto de aplicação, apresentou tensões consideráveis ao seu redor, como mostram as ordens de franjas. Elas se apresentaram mais intensas na região cervical, até o seu terço médio, ocorrendo, também, no ápice do implante. Na mesial do corpo do implante e na cervical, onde tensões de tração podem estar presentes, a coloração era mais amarelada. O implante 6 recebeu maior tensão na região cérvico distal, até o terço médio do corpo do implante, por mesial.

Analisando o lado em balanceio, as tensões sobre o implante de número 1, mais distal e inclinado foram muito acentuadas, distribuindo-se em todo seu redor, de cervical à apical. Observou-se também, que o implante 3 apresentou considerável quantidade de franjas na distal, em toda a extensão

Quando foi aplicada no pré-molar, pelo lado de trabalho (vista vestibular), houve um nível de tensão acentuado nos implantes distais, porém, com menor intensidade, quando comparado à carga aplicada no *cantilever*. Foram observadas tensões no ápice do 4, não demonstrando grande intensidade e, mais acentuadas, na região cervical.

Quando vistas pela vestibular no lado de trabalho, quanto mais anteriorizado o ponto de aplicação de carga, maior era o alívio nos implantes mais distalizados. É o que se verifica com as franjas presentes na região cervico-distal do implante 6, All-on-four, que migram para anterior na mesma direção da carga.

Quando se aplicou carga sobre os dois incisivos centrais inferiores na mandíbula All-on-Four, as tensões continuaram mais intensas nos implantes mais posteriores, os inclinados 1 e 6, apesar de ter sido observado uma diminuição das tensões quando comparados com a carga aplicada em *cantilever*. Além disso, notou-se que as tensões se apresentaram em todo o redor, por igual e de forma semelhante.

Houve proteção dos implantes mais anteriores quando a carga foi aplicada no *cantilever*. Porém, mesmo com a carga na incisal, numa suposta situação de protrusão, embora houvesse um alívio nos implantes distais, eles continuaram sendo os mais tensionados.

Observou-se uma participação importante da crista óssea, ângulo e ramo ascendente da mandíbula na dissipação de tensões.

Figura 5.7 - mandíbula All-on-Four 3: Imagens dos três pontos de carga em quatro vistas. Com o filtro de $\frac{1}{4}$ de onda

Houve similaridades nos padrões de franja entre os três corpos de prova, como se verifica na figura 5.7, a qual mostra imagens com as franjas isoclínicas filtradas pelas placas $\frac{1}{4}$ de onda, da mandíbula All-on-Four 3.

Na imagem que mostra o lado de balanceio (vista vestibular), quando a carga está foi aplicada no *cantilever*, não se observou tensão no ápice do implante 1, porém, percebeu-se franjas indicando forças de compressão na região do seu terço médio distal, dissipando-as para o corpo da mandíbula. Assim como nos outros dois corpos de prova com a configuração All-on-Four, é possível observar um halo claro entre os implantes 1 e 3, como também, tensões nos ápices dos implantes 4 e 6 e na distal do 4, da cervical até o seu ápice.

No lado de balanceio houve acúmulo de tensões na região de terço médio e mesial do implante 3, sugerindo uma tendência a deslocar a prótese para o lado onde a carga foi aplicada.

De uma forma geral quando a carga foi aplicada no pré-molar, houve aumento de tensão na cervical no implante 4, acentuando-a nos implantes 1 e 3, do lado de balanceio.

6 DISCUSSÃO

A reabilitação de pacientes com total ausência de elementos dentários por uma prótese total fixa sobre implantes é uma proposta de tratamento, que requer análise criteriosa para uma indicação adequada. É preciso considerar as expectativas dos pacientes, principalmente para aqueles com relatos prévios de sucessivas trocas de próteses convencionais e recorrentes queixas, geralmente quanto à sua estabilidade e insegurança durante a mastigação, fatores econômicos envolvidos, idade do paciente e seu estado geral de saúde, planejamento prévio e a aceitação deste por parte do paciente e disponibilidade e comprometimento de todas as pessoas envolvidas no tratamento.

É válida a intenção de evitar procedimentos mais invasivos e que representam custos adicionais, como são os casos de enxertia óssea e cirurgias de levantamento de assoalho de seio maxilar, por exemplo. Até mesmo antes do preconizador da técnica All-on-Four (Maló, 2003) apresentá-la à comunidade odontológica, essa preocupação já existia, com alguns autores como Krekmanov et al. (2000) e Fortin et al. (2002) que já inclinavam implantes em suas épocas em busca de melhores leitos ósseos sem cirurgias prévias, ditas mórbidas, por alguns autores (Testori et al., 2008). O estudo das tensões sobre as estruturas do complexo prótese/implante é valiosa para orientar o planejamento dos casos clínicos, e, para tanto, o conhecimento do comportamento biomecânico é fundamental.

Contudo não há estudos conclusivos sobre as reais vantagens da técnica All-on-Four. Maló (2003), criador da técnica, citou seus benefícios. Porém, baseou-se em observações coletadas nos seus inúmeros casos clínicos, que apenas sugerem o comportamento mecânico, posto que não se apóiam em evidências científicas.

Dessa forma, a presente pesquisa, dotada de parâmetros controlados, pôde avaliar comparativamente as duas técnicas, como se segue.

Os resultados mostraram que, quando a carga foi aplicada no *cantilever* da mandíbula Branemark, ocorreu maior quantidade de franjas fotoelásticas na região ápico-distal do implante 2, no lado de balanceio, denotando tensões compressivas no local. No lado de trabalho, nas regiões cérvico distal e ápico mesial do implante 5, as franjas se apresentaram de forma mais significativa.. Este efeito

encontrou subsídios nos trabalhos realizados por Duyk et al., (2000); Çaglar et al., (2006); Geremia et al., (2009), Tashkand et al., (1996); Begg et al., (2009). Outra área que apresentou considerável quantidade de tensões, foi a região anterior, entre os implantes 3 e 4, dissipando-as em direção ao mento e base da mandíbula.

Essas informações estão em concordância com o raciocínio de Rangert et al. (1989) quando descreveram o comportamento do conjunto prótese/implante como um sistema de alavanca de classe I, adquirido pelo carregamento na extremidade do *cantilever*, gerando um braço de potência, cujo comprimento foi do ponto de aplicação da carga até a localização do implante de número 5, o qual representa o fulcro ou o eixo de rotação dos componentes em questão. A partir dele, é formado o braço de resistência, que consiste na presença dos implantes, 2, 3 e 4, cuja disposição em arco possibilita a ocorrência de tensões de compressão e tração ao redor dos implantes.

Entretanto, nas mandíbulas All-on-Four, quando a carga foi aplicada no *cantilever*, a prótese apresentou a tendência a girar sobre dois eixos, promovendo um movimento transrotacional (báscula esquerda e direita e no sentido mesio-distal). O implante 3 parece estar livre de tensões, ao passo que o 4 apresenta franjas na apical, aparentando um comportamento como se estivesse sofrendo um processo de intrusão, inclinando-se para distal, adquirindo papel de fulcro do complexo prótese/implantes. A intensidade de tensões ao seu redor é bem mais discreta quando comparada àquelas presentes no implante 6, o mais sobrecarregado. No lado de balanceio, no implante 1, as tensões foram observadas ao seu redor, de apical a cervical. A partir desta imagem, pode-se assumir que a inclinação dos implantes distais parece ter, de certa forma, exercido uma função de proteção aos implantes mais anteriores, principalmente ao do número 3, lado de balanceio. Portanto, quando a disposição dos implantes estiver seguindo o modelo All-on-Four, a tensão sobre os implantes anteriores é invertida.

Este desempenho foi constatado de forma similar por Geremia et al. (2009), com o uso de extensômeros e, por Çaglar et al. (2006), que desenvolveram um modelo em elemento finito, apesar das suas respectivas limitações.

Em um *cantilever*, em ambas as situações, conforme Misch (2006), observou, a magnitude de um vetor, quando se multiplica a sua força com a distância perpendicular do braço de potência, o momento de força resultante provoca microrrotações e concentração de tensões na crista do rebordo alveolar, na

interface implante-tecido ósseo, o que leva à perda da crista óssea. Esse fenômeno é perfeitamente visível no modelo fotoelástico, quando se analisa as imagens, por exemplo, das figuras 5.4 - mandíbula Branemark 2 e 5.6 - mandíbula All-on-Four 2. Os estudos relacionados ao momento fletor em próteses, indicam que, em se tratando de extremidade livre, a quantidade de transmissão de forças originárias da mastigação é aumentada (Çaglar et al. 2006; Geremia et al., 2009).

A concentração de tensão localizada na cervical é um dado importante do ponto de vista clínico, pois, esta é a região mais passível de sofrer perda de tecido ósseo, gerando consequências indesejáveis, como a a perda de tecido ósseo (Rangert et al., 1989; Miyata et al., 2000; Duyck et al., 2001; Misch, 2006). A concentração de tensão ápico mesial, observada no implante 4 (mandíbula All-on-Four), também é interessante, pois, no planejamento dos casos com a técnica All-on-Four, devem ser consideradas a densidade óssea e as características dos implantes, tais como, o comprimento, tipo de rosca, tipo da plataforma e diâmetro, que melhor atendam às necessidades de resistência às tensões atuantes (Misch, 2006).

Os implantes inclinados, pelo que revelaram as análises experimentais, são os suportes mais requisitados, ostentando esta função com muita propriedade. Provavelmente, assim se comportam, por serem implantes mais longos e angulados, percorrendo áreas de maior densidade óssea, diminuindo o *cantilever*, propiciando maior travamento primário e permitindo maior previsibilidade, como relatado por Krekmanov et al., (2000); Maló et al., (2003); Maló et al., (2005); Maló et al., (2008); Testori et al., (2008).

Os resultados visualizados no modelo fotoelástico da mandíbula All-on-Four, poderiam causar perda óssea ao redor dos implantes que sofrem sobrecargas oclusais, ocasionando altos índices de perda de implantes (Miyata et al., 2000; Misch, 2006), porém, os achados clínicos contrariam tal tese. O que pode explicar os altos índices de sucesso clínico dos tratamentos que são feitos segundo essa técnica (Maló et al., 2003; Maló et al., 2005; Maló et al., 2006), pode ser devido ao fato de que ocorra reabsorção óssea ao redor de implantes apenas na presença de inflamação prévia provocadas por biofilme bacteriano (Miyata et al., 2000; Duyck et al., 2001; Melsen; Lang, 2001) e, pela inclinação do último implante do lado de

balanceio, apresentar papel fundamental de travamento, como denomina Maló et al. (2003).

Os resultados do presente estudo também revelam uma participação significativa dos implantes do lado de balanceio, quando a carga foi aplicada no *cantilever* nas duas configurações de implantes do estudo. A distribuição de tensões de forma mais branda ao longo de todo o implante 1 na mandíbula All-on-Four, foi mais favorável em relação à concentração de tensões mais intensas no implante 2 na mandíbula Branemark. De qualquer, esses padrões de dissipação de tensões precisam ser consideradas.

A distribuição de tensões apresentou-se de maneiras semelhantes quando a carga foi aplicada nas regiões mais anteriores (pré-molar e incisal) nas mandíbulas Branemark. O mesmo verificou-se nas mandíbulas All-on-Four.

Nas mandíbulas Branemark, houve uma atenuação das tensões na distal dos implantes 2 e 5, distribuindo-se entre o seu ápice e o corpo. Porém, há um considerável aumento em torno do ápice na distal do implante 3, que é o mais mesial do lado de balanceio, assim como no espaço entre os implantes 3 e 4, localizados na linha média. Tal concentração de esforços pode prejudicar a sobrevida desses implantes.

Por sua vez, as mandíbulas All-on-Four, quando tiveram cargas aplicadas nas regiões mais anteriores, houve uma distribuição mais uniforme e atenuada entre os implantes, o que mostrou uma melhor condição de equilíbrio, principalmente em relação à preservação dos implantes anteriores o que, clinicamente, significaria menores esforços de extrusão desses implantes.

O que muito se discute são as conseqüências geradas pelo posicionamento de implantes inseridos com angulação não tradicional, pois isso poderia comprometer o desempenho da reabilitação. Os problemas mais comuns relacionados a fracassos na implantodontia são: fratura da prótese, quebra ou perda de componentes da prótese, perda de integração óssea, perda de parte ou todo nível ósseo periimplantar. E muitos desses fracassos têm sido atribuídos ao esforço mecânico que o conjunto prótese/componente/implante/osso sofre durante os ciclos mastigatórios (Duyck et al. 2001; Misch, 2006).

É importante observar, que as tensões, em todos os corpos de prova, foram dissipadas pelo corpo da mandíbula, em toda sua extensão, em direção ao ramo mandibular, concordando com a pesquisa realizada por Meyer et al (2002).

Embora a resina com a qual foi confeccionada a mandíbula tenha características uniformes e sólidas, os dados encontrados estão de acordo com anatomistas (Sicher; Tandler, 1930) em relação aos pilares mandibulares, o que comprova a credibilidade do método fotoelástico.

Constatou-se, em todos os casos, participação bastante ativa das regiões do corpo das mandíbulas na dissipação de cargas, mesmo onde não havia a presença de implantes, tais como, ângulo e na linha oblíqua externa do ramo ascendente. Observando-se grande quantidade de tensão gerada ao redor do forame mental, talvez possam ser considerados, futuramente, estudos clínicos mais detalhados para averiguar a possibilidade de que essas tensões possam ser responsáveis por algum sintoma de sensibilidade ou desconforto relatado pelos pacientes.

Nas condições em que esta pesquisa foi desenvolvida, os seus resultados poderão oferecer respaldo para planejamentos na resolução de casos clínicos de pacientes totalmente desdentados, uma vez que envolve o comportamento biomecânico implanto/protético sob a ação de cargas a que as estruturas de suporte ósseo poderão se submeter e seus respectivos efeitos.

Pode-se deduzir, baseado na metodologia utilizada, que a inclinação dos implantes distais, como preconiza a técnica All-on-Four, implica em um melhor comportamento biomecânico, que se traduz, clinicamente, como aumento na sobrevida da prótese e dos implantes.

7 CONCLUSÕES

Dentro das limitações deste estudo pode-se concluir que:

- Uma prótese total fixa implantossuportada, segundo a técnica All-on-Four, promoveu melhores dissipações das cargas oclusais à estrutura mandibular.
- Os implantes do lado de balanceio desempenharam papel fundamental no auxílio da dissipação de cargas, em ambas as configurações de implantes.

REFERÊNCIAS

- Adell R, Lekholm U, Rockler B, Brånemark PI. A 15-year study of osseointegrated implants in the treatment of the edentulous jaw. *Int J Oral Surg.* 1981;10(6):387-416.

- Akça K, Iplikcioglu H. Finite element stress analysis of the influence of staggered versus straight placement of dental implants. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2001 Sep-Oct;16(5):722-30.

- Baat C. Success of dental implants in elderly people: a literature review. *Gerodontology* 2000;17(1):45–8.

- Bryant S R, Zarb G A. Osseointegration of oral implants in older and younger adults. *Int J OralMaxillofac Implants* 1998;13(4):492-9.

- Begg T, Geerts GAVM, Gryzagoridis J. Stress patterns around distal angled implants in the All-on-Four concept configuration. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2009;24(4):663-71.

- Branemark PI, Svensson B, van Steenberghe D. Ten-year survival rates of fixed prostheses on four or six implants ad modum Branemark in full edentulism. *Clin Oral Implants Res.* 1995;6(4):227-31.

- Çaglar A, Aydin C, Özen J, Tilmaz C, Korkmaz T. Effects of mesiodistal inclination of implants on stress distribution in implant-supported fixed prostheses. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2006;21(1):36-44.

- Campos TN, Adachi LK, Chorres JE, Campos AC, Muramatsu M, Gioso MA. Holographic interferometry method for assessment of static load stress distribution in dog mandible. *Braz Dent J.* 2006;17(4):279-84.

- Curtis R, Watson T. Dental biomaterials (Imaging, testing and modeling). First published 2008. Woodhead Publishing and Maney Publishing, Cambridge, Inglaterra. P.409-11.

- Duyck J, Van Oosterwyck H, Vander Sloten J, De Cooman M, Puers R, Naert I. Magnitude and distribution of occlusal forces on oral implants supporting fixed prostheses: an in vivo study. *Clin Oral Implant Res.* 2000;11(5):465-75.

Ferreira Jr, AFG. Desenvolvimento de um sistema para análise automática do padrão de franjas fotoelásticas isocromáticas [Dissertação de Mestrado]. São Paulo: Universidade de São Paulo, Escola Politécnica; 2003.

Fortin Y, Sullivan RM, Rangert BR. Tha Marius implant bridge: surgical and prosthetic rehabilitation for the completely edentulous jaw with moderate to severe resorption: a 5-year retrospective clinical study. Clin Implant Dent Relat Res. 2002;4(2):69-77.

Geremia T, Naconecy MM, Mezzomo LA, Cervieri A, Shinkai RSA. Effect of *cantilever* length and inclined implants on axial force and bending moment in implant-supported fixed prostheses. Rev Odonto Ciênc. 2009;24(2):145-50.

Köndel PA, Nordenram A, Landt H. Titanium implants in the treatment of the edentulousness: influence of patients age in the prognosis. Gerodontology. 1988;4(6):280-4.

Krekmanov L, Kahn M, Rangert B, Hakan L. Tilting of Posterior Mandibular and Maxillary Implants for Improved Prosthesis Support. Int J Oral Maxillofac Implants. 2000;15(3):405-14.

Maló P, Rangert B, Nobre M. "All-on-Four" Immediate-Function Concept with Branemark System® Implants for Completely Edentulous Mandible: A Retrospective Clinical Study. Clin Implant Dent Relat Res. 2003;5 Suppl 1:2-9.

Maló P, Rangert B, Nobre M. All-on-4 Immediate-function Concept with Branemark System® Implants for Completely Edentulous Maxillae: A 1-year Retrospective Clinical Study. Clin Implant Dent Relat Res. 2005;7 Suppl 1:S88-S94.

Maló P, Nobre MA, Lopes I. A new approach to rehabilitate the severely atrophic maxilla using extra maxillary anchored implants in immediate function: A pilot study. J Prosthet Dent. 2008;100(5):354-66.

Markarian RA, Ueda C, Sendyk CL, Laganá DC. Stress distribution after installation of fixed frameworks with marginal gaps over angled and parallel implants: a photoelastic analysis. J Prosthodont. 2007;16(2):117-22.

Melsen B, Lang NP. Biological reactions of alveolar bone to orthodontic loading of oral implants. Clin Oral Implants Res. 2001;12(2):144-52.

Meyer C, Kahn JL, Boutemi P, Wilk A. Photoelastic analysis of bone deformation in the region of the mandibular condyle during mastication. *J Cranio Maxillofac Surg*. 2002 Jun;30(3):160-9.

Misch CE. *Prótese sobre implantes.*: São Paulo: Editora Santos; 2006.

Miyata T, Kobayashi Y, Araki H, Ohto T, Shin K. The influence of controlled occlusal overload on peri-implant tissue. Part 3: A histologic study in monkeys. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 2000;15(3):425-31.

Ochiai KT, Ozawa S, Caputo AA, Nishimura RD. Photoelastic stress analysis of implant-tooth connected prostheses with segmented and nonsegmented abutments. *J Prosthet Dent*. 2003;89(5):495-502.

Rangert B, Jemt T, Jörneus L. Forces and moments on Branemark implants. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 1989;4(3):241-7.

Rodrigues JEC; Uono CRH; Gioso MA; Batista LR; Muramatsu, M; Campos TN. Qualitative analysis of stress distribution in tooth-implant and implant-supported prosthesis by means of holography interferometry method. *RPG. Rev Pós-Grad*. 2005;12(4):412-6.

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.

Sisher H, Tandler J. *Anatomia para dentistas*, editora Labor S.A, Barcelona, 1930.

Tashkandi EA, Lang BR, Edge MJ. Analysis of strain at selected bone sites of a cantilevered implant-supported prosthesis. *J Prosthet Dent*. 1996;76(2):158-64.

Testori T, Fabbro MD, Capelli M, Zuffetti F, Francetti L, Weinstein RL. Immediate Occlusal Loading and Tilted Implants for the Rehabilitation of the Atrophic Edentulous Maxilla: 1-year Interim Results of a Multicenter Prospective Study. *Clin Oral Impl Res*. 2008;19(3):227-32.

White SN, Caputo AA, Anderkvist T. Effect of *cantilever* length on stress transfer by implant-supported prostheses. *J Prosthet Dent*. 1994 May;71(5):493-9.

Young JM, Altschuler BR. Laser holography in dentistry. J Prosthet Dent. 1977;38(2):216-25.

ANEXO A – Parecer do Comitê de Ética em Pesquisa

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FACULDADE DE ODONTOLOGIA
COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA

PARECER DE APROVAÇÃO
Protocolo 09/11
CAAE 0011.0.017.000-11

O grupo de trabalho indicado pelo Comitê de Ética em Pesquisa **APROVOU** o protocolo de pesquisa "**Avaliação in vitro da transmissão de carga oclusal em próteses sobre implantes em função da inclinação de implantes através de análise fotoelástica e do método de interferometria holográfica**", de responsabilidade do(a) Pesquisador(a) Edson Koji Takeshita e Prof. Dr. Mikyia Muramatsu sob orientação do(a) Prof.(a) Dr.(a) Tomie Toyota de Campos.

Tendo em vista a legislação vigente, devem ser encaminhados a este Comitê relatórios anuais referentes ao andamento da pesquisa e ao término cópia do trabalho em "cd". Qualquer emenda do projeto original deve ser apresentada a este CEP para apreciação, de forma clara e sucinta, identificando a parte do a ser modificada e suas justificativas.

São Paulo, 16 de fevereiro de 2011.

Profa. Dra. Marcia Turolla Wanderley
Coordenadora do CEP-FOUSP

Av. Prof. Lineu Prestes, 2227 - Cidade Universitária "Arnaldo de Salles Oliveira".
São Paulo - SP - CEP 05508-900 - Tel. (0XX11) 3091-7960

2x