

Biomecânica em prótese sobre implante relacionada às inclinações das cúspides e às angulações dos implantes osseointegrados – revisão de literatura

Erika Oliveira de ALMEIDA^a, Eduardo Piza PELLIZZER^b

^aMestre em Odontologia, Área de Prótese Dentária, Faculdade de Odontologia,
UNESP, 16015-050 Araçatuba - SP, Brasil

^bDepartamento de Materiais Odontológicos e Prótese, Faculdade de Odontologia,
UNESP, 16015-050 Araçatuba - SP, Brasil

Almeida EO, Pellizzer EP. Biomechanics in prosthesis over implant related to cusp inclinations and angulations of osseointegrated implants – a literature review. Rev Odontol UNESP. 2008; 37(4): 321-327.

Resumo: Os aspectos biomecânicos em prótese sobre implante influenciam significativamente o sucesso dos implantes osseointegrados. O fator chave para a obtenção deste sucesso é a maneira como o estresse é transferido à interface osso-implante. Nesse sentido, evidências mecânicas mostram que os fatores que influenciam a distribuição de tensão no osso são a inclinação da cúspide da coroa, o momento de torque e a inclinação do implante. Por este motivo, realizou-se uma revisão da literatura sobre a influência de fatores biomecânicos, como a inclinação da cúspide e a angulação do implante osseointegrado, na distribuição de tensão ao osso, a fim de facilitar a compreensão dos princípios oclusais e conferir maior segurança aos cirurgiões-dentistas na confecção das próteses sobre implantes. Para tanto, utilizaram-se os indexadores OldMedline, Medline database e BBO no período de 1989 a 2007, cruzando os termos *cusp inclination* e *implant inclination* e selecionaram-se os artigos que possuíam uma maior correlação com o objetivo do presente trabalho. De acordo com os autores analisados, pode-se concluir que: a oclusão em prótese sobre implante é um fator fundamental para melhorar a distribuição de forças ao longo eixo do implante, devendo-se diminuir a inclinação das cúspides, reduzindo o braço de alavanca e a ocorrência de contatos excêntricos; as inclinações acentuadas dos implantes devem ser evitadas, sempre que possível, a fim de favorecer a distribuição de forças ao longo eixo do implante.

Palavras-chave: *Biomecânica; análise de elemento finito; implantes dentários.*

Abstract: The biomechanic aspects in prosthesis over implant have significant influence on the success of osseointegrated implants. The key-factor to obtaining this success is the way how stress is transferred to interface-bone-implant. In this sense, mechanic evidences show that the factor that influence stress distribution on the bone are crown cusp inclination, the torque moment and implant inclination. For this reason, a literature review was elaborated on the influence of biomechanic factors, such as cusp inclination and the angulation of osseointegrated implants on bone stress distribution, in order to make it easier to understand the occlusal principles and provide dentist-surgeons with better safety in preparing prostheses over implants. Hence, OldMedline, Medline Database and BBO indexers were used during the period from 1989 to 2007, crossing the terms *cusp inclination* and *implant inclination* and the articles which had more co-relation to the purpose of the present paper were selected. According to the evaluated authors, it can be concluded that: occlusion in prosthesis over implant is a fundamental factor to improve the distribution of forces to the long axis of the implant, so that cusp inclination must be diminished by reducing the lever arm and the occurrence of eccentric contacts; accentuated implant inclinations must be avoided whenever it is possible in order to favor the distribution of forces to the long axis of the implant.

Keywords: *Biomechanics; finite element analysis; dental implants.*

Introdução

Os aspectos biomecânicos em prótese sobre implante influenciam significativamente o sucesso dos implantes osseointegrados¹. A localização e a magnitude de forças oclusais afetam a qualidade e a quantidade de tensão e estresse induzidos a todos os componentes do complexo osso-implante-prótese².

Existem muitos fatores que afetam a distribuição de forças no implante: geometria, número, comprimento, diâmetro e angulação dos implantes; localização do implante no arco; tipo e geometria da prótese, material da prótese, infra-estrutura apropriada; localização, direção e magnitude da aplicação de forças nas próteses; condições do arco antagonista; deformações mandibulares; densidade óssea; idade e sexo do paciente e consistência da alimentação²⁻⁴. No entanto, se as forças oclusais excederem o limite de tolerância biológica do osso, que ainda é um fator desconhecido na literatura, este não terá a capacidade de absorver o estresse gerado e poderá ocorrer a falha do tratamento protético e do implante²⁻⁴.

O fator chave para obtenção deste sucesso é a maneira como o estresse é transferido ao osso circundante. Nesse caso, os contatos deflectivos localizados nas cúspides oclusais podem ser responsáveis pelo desenvolvimento de forças excessivas. Diante deste fato, vários autores avaliaram o efeito das cargas oclusais transferidas aos implantes osseointegrados^{1,5-10}.

Em algumas situações clínicas, o posicionamento inadequado dos implantes faz com que as cargas mastigatórias não fiquem distribuídas no seu longo eixo. Sahin et al.² (2002) relataram que esta transmissão de forças pode criar um braço de alavanca, causando forças secundárias e momento de força no osso. Isso demonstra a necessidade de alguns autores avaliarem a distribuição de tensões em implantes inclinados^{2,8,10-17}.

Torna-se interessante, clinicamente, a comparação dos fatores biomecânicos que mais influenciam no estresse interface-osso-implante. Nesse sentido, evidências mecânicas mostram que a inclinação da cúspide é o fator mais potente em relação ao momento de torque em comparação a outros fatores como a inclinação do implante^{8,11}.

Baseado no exposto, o objetivo deste trabalho é realizar uma revisão da literatura sobre a influência de fatores biomecânicos, como a inclinação da cúspide e a angulação do implante osseointegrado, na distribuição de tensão ao osso, a fim de facilitar a compreensão dos princípios oclusais e conferir maior segurança aos cirurgiões-dentistas na confecção das próteses sobre implantes.

Material e método

A presente revisão da literatura foi realizada utilizando os indexadores OldMedline e Medline database, no período de 1989 a 2007, cruzando os termos *cusp inclination* e *implant inclination*. Para avaliação da literatura nacional, o indexador BBO foi utilizado. Neste, os termos *inclinação da cúspide* e *inclinação do implante* foram pesquisados entre o período de 1997 a 2007.

Foram encontrados 107 artigos, sendo que, inicialmente, nenhum critério de exclusão foi utilizado. Após a leitura do título e de seus resumos, apenas 16 artigos foram selecionados, já que esses apresentavam uma maior correlação com o objetivo do presente trabalho.

Revisão da literatura

Inclinação da cúspide

Chapman⁵ (1989) descreveu os princípios oclusais em prótese sobre implante. O autor citou que a prótese sobre implante requer os mesmos cuidados com a oclusão que uma prótese construída sobre dentes naturais. Entretanto, a interface osso-implante não é responsável pelo desenvolvimento de forças tanto nos contatos deflectivos em posição de relação cêntrica quanto na posição de intercuspidação ou em contatos oclusais prematuros. Portanto uma oclusão em prótese sobre implante deve ter o mínimo de contatos oclusais: contatos bilaterais simultâneos; ausência de contatos prematuros no retorno à posição de máxima intercuspidação habitual; contatos laterais excursivos sem interferência no lado de não-trabalho; e distribuição equivalente de forças oclusais. O autor descreve um aparelho computadorizado para quantificar os contatos oclusais e buscar uma oclusão ideal, denominado T-scan (Tekscan Corp). Consiste em um monitor colorido que utiliza a tecnologia de um sensor, composto de 2 camadas de um filme com traços horizontais e verticais que formam um modelo de grade.

Weinberg⁶ (1993) avaliou a distribuição de forças biomecânicas em próteses sobre implante, comparando a distribuição de forças no dente natural. Esta apresenta micro movimentos devido à presença do ligamento periodontal possuindo um padrão de forças alterado qualitativamente em função da localização do dente e das inclinações das cúspides. Contrariamente, os implantes osseointegrados não apresentam a distribuição de força associada a este micro movimento. Portanto o autor sugeriu alterações nas inclinações das cúspides para limitar a sobrecarga dos implantes. Para tanto, comparou a distribuição de forças em dentes naturais espiantados a próteses osseointegradas, inter-relacionando o mecanismo de interface da distribuição de forças deste conjunto. Concluiu que a diferença da mobilidade presente nos dentes naturais alterou o diagnóstico e o tratamento, sendo necessários novos princípios para a combinação de dentes naturais com próteses osseointegradas.

Weinberg, Kruger⁷ (1995) avaliaram de forma comparativa o torque no parafuso de ouro, parafuso do intermediário variando a inclinação da cúspide, inclinação do implante e deslocamento horizontal e vertical. O método de comparação foi expresso como um percentual matemático de mudança da configuração padrão de uma prótese sobre implante maxilar. Estes dados facilitaram a compreensão clínica de que a inclinação de cúspide produz um momento de torque maior, seguido do diâmetro do implante, enquanto a inclinação do implante e o comprimento produziram um mínimo torque. Para cada 10° de aumento da inclinação de cúspide, existem, aproximadamente, 30% de aumento da sobrecarga na prótese sobre implante. Para cada 10° de aumento da inclinação do implante, existem, aproximadamente, 5% de aumento de sobrecarga na prótese sobre implante. Para cada 1 mm de deslocamento lingual (*lingual offset*), existem, aproximadamente, 15% de aumento no torque e, para cada 1 mm de deslocamento apical (*apical offset*), existem, aproximadamente, 4% de aumento no torque.

Weinberg⁸ (1998) descreveu a terapia biomecânica com seus procedimentos utilizados para redução da carga sobre o implante. O autor relata que devido às variações fisiológicas, cria-se uma oclusão cêntrica modificada que contém 1,5 mm de fossa horizontal para produzir resultantes verticais, sem as interferências das forças da mastigação como forças laterais. Além disso, o autor demonstra de forma matemática que a inclinação de cúspide é o fator mais potente em relação ao torque produzido (momento). Cita o exemplo que o aumento de 10° na inclinação da cúspide produz um momento de torque aproximadamente 30% maior na distribuição de forças. Quando uma força oclusal é aplicada, a resultante de forças é perpendicular à inclinação da cúspide. A inclinação de cúspide é uma variação clínica que não está dentro do controle dos clínicos, porém deve ser reduzida para melhorar a distribuição de forças ao osso circundante.

Kaukinen et al.¹ (1996) investigaram a influência do desenho oclusal na simulação das forças mastigatórias através da quantificação das forças verticais de uma mastigação com cúspides com 33° e cúspides com superfície oclusal plana (0°). Uma série de 5 ciclos mastigatórios foi aplicada em cada espécime com um teste mecânico universal. A análise comparou: quantidade de força necessária para causar a quebra inicial do alimento, força máxima aplicada para a quebra do alimento no final da mastigação e tensão máxima registrada pelas tensões aferidas ao nível do osso. Os autores concluíram que a configuração oclusal e a inclinação de cúspide em prótese sobre implante têm um grande significado na transmissão de forças e no estresse gerado no osso. Encontraram que a força inicial para a ruptura do alimento foi maior quando utilizou cúspides com inclinação de 33°. No entanto, não encontraram diferenças significativas entre as inclinações de cúspides 33° e oclusal plana (0°) em relação ao estresse máximo necessário para a ruptura do alimento. Acreditam que a configuração oclusal em

prótese sobre implante deve ter cúspides reduzidas, anatomia oclusal pouco profunda e sulcos e fossas extensos.

Moraes et al.¹⁵ (2002) realizaram uma análise de tensões em implantes osseointegrados variando a inclinação da cúspide e largura da mesa oclusal. Para a execução desta metodologia, confeccionaram modelos contendo implantes com pilar Esteticone e coroas com 30° e 45° de inclinação de cúspides. Aplicaram uma carga axial de 100 N na metade do raio da prótese, para análise da variação do ângulo, e uma carga axial de 100 N distribuídos em um segmento de 1,55 mm próximo à extremidade da coroa protética para análise da variação da mesa oclusal. Os autores concluíram que o aumento no ângulo cuspidé acarretou uma elevação das tensões nos componentes, assim como as coroas com uma mesa oclusal de maior diâmetro vestibulo-lingual apresentaram também um aumento de tensões no complexo pilar-implante.

Eskitzscioglu et al.⁴ (2004) investigaram a influência da localização da carga oclusal em relação à transferência de estresse para a prótese suportada por implante e ao osso através do estudo do elemento finito tridimensional. Utilizaram uma secção de uma mandíbula com a ausência do segundo pré-molar carregada com um implante sólido da ITI (4.1 x 10 mm), liga de cromo-cobalto como material estrutural da coroa e porcelana na superfície oclusal. O implante e a infra-estrutura foram simulados em um programa de computador chamado Pro/Engineer 2000i. Aplicaram uma carga oclusal nas seguintes localizações e intensidades: topo da cúspide vestibular (300 N); topo da cúspide vestibular (150 N) e fossa distal (150 N); ou topo da cúspide vestibular (100 N), fossa distal (100 N) e fossa mesial (100 N). Os autores concluíram que, dentro das condições de cargas investigadas, uma ótima combinação de cargas verticais em 2 ou 3 localizações oclusais diminuiu a distribuição do estresse no osso. Nesses casos, o estresse de Von Mises fica concentrado na estrutura metálica e na superfície oclusal.

Misch¹⁰ (2006) descreveu vários aspectos relacionados às próteses sobre implante. No capítulo de considerações oclusais, citou que o ângulo de força em relação ao corpo do implante pode ser influenciado pela inclinação da cúspide. A dentição natural tem sempre cúspides íngremes e inclinadas, e o ângulo de 30° da cúspide tem sido restaurado nos dentes de próteses e nas coroas de dentes naturais. Os ângulos maiores das cúspides podem incisar o alimento mais fácil e eficientemente, ainda que os contatos oclusais ao longo das cúspides anguladas resultem em cargas anguladas ao osso da crista. A magnitude das forças é minimizada quando o contato oclusal angulado não é um contato prematuro, mas em vez disso é uma carga uniforme sobre uma série de dentes ou implantes. Contudo, a carga angulada da cúspide aumenta o estresse resultante, sem benefícios observáveis. Por conseguinte, nenhuma vantagem é obtida, mas o risco é aumentado.

Implantes angulados

Weinberg, Kruger¹¹ (1996) estudaram a evolução do torque (momento) em próteses sob implantes. Utilizaram um modelo de configuração geométrica padrão hipotético (sem inclinação) e outros modelos nos quais os implantes encontravam-se desviados para vestibular e lingual em ambos os arcos. O momento de torque foi calculado no parafuso de ouro, parafuso do intermediário e 3,5 mm apicalmente à cabeça do implante. Realizaram comparações dos percentuais de mudança do torque do modelo hipotético padrão e do desvio vestibular ou lingual do implante. No arco maxilar, o desvio vestibular diminuiu o torque, enquanto o lingual aumentou. Se o desvio lingual fosse maior nesta região, o torque total seria pior em comparação a casos nos quais os implantes encontram-se alinhados de forma linear. Quando se utiliza implantes com alinhamento desordenado para vestibular ou lingual, geralmente deve-se associar um intermediário angulado. As forças resultantes produzidas pela anatomia oclusal, geralmente causam uma inclinação vestibular no arco maxilar e uma inclinação lingual no arco mandibular. Os autores concluíram que próteses sob implantes mandibulares são mais favorecidas em termos de configuração que uma prótese maxilar, pois, além de possuírem consideravelmente menos torque, suas forças resultantes mandibulares geralmente vão para a lingual, próximas aos componentes e osso de suporte. E ainda, o conceito de desvio de deslocamento de múltiplos componentes em prótese sob implante pode ser utilizado na mandíbula e não são recomendados para a maxila, que deve possuir uma inclinação lingual o mais uniforme possível.

Weinberg⁸ (1998) acredita que existem 5 procedimentos em relação às terapêuticas biomecânicas que devem ser seguidos em prótese sobre implante: a oclusão cruzada é recomendada sempre que possível; a cabeça do implante deve ser posicionada o mais próximo possível da linha média da restauração; intermediários angulados ajudam a manter o acesso ou o paralelismo necessário; as cúspides posteriores inclinadas devem ser reduzidas; deve-se modificar a anatomia oclusal cêntrica em 1,5 mm na fossa horizontal.

Sato et al.¹² (2000) descreveram o efeito biomecânico da colocação de implantes largos e de implantes inclinados na região posterior edêntula. Os autores acreditam que tanto os implantes largos quanto os implantes inclinados podem prevenir a perda ou fratura do parafuso de retenção das próteses, porém, como não está claro como ocorre a distribuição de forças laterais nestes casos, utilizaram uma análise tridimensional para calcular a tensão de força aplicada no parafuso de ouro em situações clínicas com cargas vestibulares ou linguais aplicadas perpendicularmente à inclinação da cúspide (10° ou 20°) e 4 variações de posicionamento dos implantes (3,75 mm): alinhados de forma linear; segundo implante desviado no sentido vestibular; segundo implante

desviado no sentido lingual; implante largo colocado na região mais posterior. Concluíram que a associação da colocação de implantes largos com a diminuição da inclinação da cúspide das coras implantossuportadas são fatores que favorecem a diminuição das tensões do parafuso, ao contrário da inclinação do implante.

Akca, Iplikçioğlu¹³ (2001) avaliaram a influência de implantes alinhados de forma desordenada e a utilização de implantes de diâmetro largo alinhados de forma linear em uma mandíbula posterior edêntula através da análise do elemento finito. Simularam 7 diferentes próteses parciais fixas suportadas por 3 implantes osseointegrados em uma mandíbula classe II de Kennedy com as 2 situações clínicas mencionadas. Em 5 casos, colocaram implantes com diferentes diâmetros e profundidades, ordenados de forma linear e nos outros 2, posicionaram os implantes desviados no sentido vestibular e lingual. Aplicaram uma carga perpendicular de 400 N de inclinação vestibular na cúspide vestibular em cada caso. Os valores da tensão e da compressão de estresse foram avaliados no osso cortical da região cervical dos implantes. Os resultados demonstraram que os menores valores de estresse foram encontrados nos implantes mais largos e posicionados de forma linear. Quanto aos implantes alinhados de forma desordenada para vestibular e lingual, encontraram valores similares de estresse. Concluíram que o estresse não é diminuído apenas com o deslocamento do implante, mas pela associação deste com o aumento de diâmetro do implante.

Gross, Nissan¹⁴ (2001) avaliaram a distribuição do estresse ao redor do implante maxilar em um modelo fotoelástico anatômico com diferentes variações geométricas. Utilizaram 2 crânios fotoelásticos: no primeiro, realizaram um corte frontal na região de primeiro molar, simulando uma inclinação de 0° e 25° em relação ao plano sagital mediano no análogo de metal do implante na região direita e esquerda da mandíbula; no segundo, realizaram um corte vestibular em um cilindro embutido no implante na região de primeiro molar. A concentração de estresse principal foi fotografada com a carga axial e não-axial acima do implante. Concluíram que a preservação do volume de suporte ósseo vestibular é desejável para a obtenção de um modelo de resposta fisiológico e aumento da tábua vestibular. Volume ósseo insuficiente provavelmente resulta em fenestrações vestibulares ou deiscências, que podem causar irritação na mucosa, diminuição do suporte e potencializam o fracasso do implante.

Moraes et al.⁹ (2002) realizaram uma análise do comportamento mecânico dos implantes osseointegrados quando submetidos a uma variação de carga. Utilizaram 3 tipos de modelos: pilar reto com implante de 75° de inclinação; pilar com 15° com implante sem inclinação e; pilar com 15° com implantes 75° de inclinação. Para se estabelecer uma análise comparativa entre as 3 condições, foram utilizadas cargas de

100 N e 600 N. Com base nos resultados, pode-se concluir que variações na angulação dos implantes são condições indesejáveis podendo acarretar a potencialização das forças mastigatórias sobre o sistema.

Sahin et al.² (2002) realizaram uma revisão da literatura sobre a influência das forças funcionais na biomecânica das próteses implanto-suportadas. Citaram que a sobrecarga nos implantes resulta no aumento da reabsorção ao redor do colar do implante e diminuição no percentual de mineralização do tecido ósseo cortical. Quando o carregamento é precoce ocorre a perda da osseointegração após alguns meses. As forças oclusais nos implantes dependem de sua localização no arco. Os implantes situados na região posterior sofrem maiores riscos de sobrecarga. Por isso, recomenda-se a utilização de implantes com maior diâmetro e maior comprimento. Um dos fatores que afetam bastante o tratamento com implantes é a qualidade do osso ao redor dos implantes. Dentre as metodologias utilizadas para avaliar os fatores biomecânicos existem a fotoelasticidade, o *strain gauges* e o método dos elementos finitos. Desde que a representação do estresse tornou-se verdadeiramente possível e precisa, foi introduzida a análise dos elementos finitos tridimensionais como uma teoria superior em relação à análise dos elementos finitos bidimensionais. Um dos maiores propósitos deste tipo de análise tridimensional é a capacidade de resolver problemas físicos, determinar a efetividade, comportar-se como uma estrutura existente ou como um componente submetido a um determinado carregamento. Os autores concluíram que os fatores biomecânicos devem ser avaliados, visto que eles influenciam diretamente no planejamento de tratamentos com implantes.

Watanabe et al.¹⁶ (2003) avaliaram a influência da inclinação do implante, posição e direção da carga na distribuição de estresse compressivo pelo método do elemento finito bidimensional. Utilizaram implantes cilíndricos colocados na região de primeiro molar com inclinações de 0°, 5° e 15° para vestibular e para lingual, sob uma carga de 1 kgf (9,81 N) aplicada em 3 pontos diferentes da superfície oclusal, com 3 direções de carga. O modelo com 0° recebeu carga vertical no centro da fossa, na ponta das cúspides vestibular e na lingual e uma carga de 45° no centro da fossa; os modelos de 5° e 15° de inclinação receberam carga vertical no centro da fossa e no centro das cúspides do lado da inclinação e uma outra carga de 45° na ponta das cúspides. Os resultados indicaram que o estresse aumentou proporcionalmente à inclinação. Entretanto, nos implantes com inclinação de 5°, houve uma leve diminuição no estresse quando comparado a um implante sem inclinação, quando a carga vertical foi aplicada no centro da fossa. O valor de estresse mais acentuado foi em implantes com 15° de inclinação para lingual e carga de 45° na ponta da cúspide lingual. Os autores concluíram que como o estresse ao redor do osso é bastante

influenciado pela posição e direção da carga e inclinação do implante, deve-se ter muito cuidado para que a carga seja aplicada de forma vertical ou, em último caso, próxima ao longo eixo do implante.

Çaglar et al.¹⁷ (2006) avaliaram o padrão de estresse de Von Mises através de uma análise de elementos finitos tridimensionais ao redor de uma prótese fixa sobre implante na região posterior edêntula da maxila. Os implantes foram posicionados no osso maxilar com 2 diferentes configurações. Na primeira configuração, os implantes localizaram-se nas regiões de 1° pré-molar, 2° pré-molar e 2° molar. Na segunda configuração, os implantes foram posicionados nas regiões de 2° pré-molar, 2° molar e estendeu-se um cantilever mesial ao espaço do 1° pré-molar. O implante localizado na região de 2° molar apresentou 3 diferentes inclinações (0°, 15° e 30°). O carregamento foi realizado nos eixos vertical, oblíquo e horizontal. Os resultados demonstraram que os menores valores de estresse foram observados no carregamento vertical, e os maiores valores com o carregamento oblíquo. Os valores de estresse foram concentrados na área do osso cortical nos 3 tipos de carregamento. Os valores encontrados no pescoço do implante foram maiores nas áreas vestibular e lingual que nas áreas mesial e distal. Devido à inclinação do implante, os valores de estresse na região distal foram maiores que nas regiões mesial, vestibular e palatina do pescoço do implante na área do molar. Para o carregamento vertical, o estresse no pescoço do implante na região de pré-molar aumentou 3,5 vezes mais com a segunda configuração e 2 vezes mais com os carregamentos oblíquos e horizontal. No modelo com cantilever, os valores de estresse aumentaram bastante no implante adjacente ao cantilever. Os maiores valores de estresse encontrados no estudo foi de 194,2 MPa após o carregamento oblíquo. No entanto, este valor não excedeu os limites do titânio puro, que é 259,9 MPa.

Misch¹⁰ (2006) descreveu vários aspectos relacionados às próteses sobre implante. No capítulo de considerações oclusais em prótese sobre implante, citou ainda que, quando um implante é carregado no seu longo eixo, nenhuma força lateral é observada. Contudo, muitas variações anatômicas, tais como concavidades ósseas influenciam na inclinação do corpo do implante. Um implante com 15° pode ser restaurado facilmente com um *abutment* angulado de 15°. Do nível da crista do rebordo ao plano oclusal, o implante parece semelhante a um implante de corpo axial. Conseqüentemente, o técnico de laboratório e o protesista sempre tratam o implante angulado e o implante axial de modo semelhante. Contudo, no implante angulado, a carga no osso vestibular aumenta 25,9%. Se o implantodontista instala o corpo do implante com um ângulo de 30°, o componente vestibular da força de qualquer carga oclusal vai resultar em 50% de carga sendo aplicada no osso vestibular.

Discussão

Inclinação da cúspide

Comparando os resultados dos artigos em relação à influência da inclinação das cúspides sobre o estresse ósseo em prótese sobre implante, encontra-se que todos os autores consideraram que o estresse ósseo aumentou proporcionalmente à inclinação da cúspide^{1,6-10}.

Este fato pode ser explicado por Weinberg⁸ (1998) através da matemática, pois quando uma força oclusal é aplicada a uma cúspide, a resultante de forças é perpendicular à inclinação da cúspide, conseqüentemente, quanto mais inclinada à cúspide, a resultante de forças estará mais distante do osso suporte quando comparada a uma cúspide pouco profunda. Outros autores concordam com este relacionamento biomecânico básico e acrescentam que esta força horizontal pode ser alterada através da anatomia oclusal e/ou orientação ou ajuste da inclinação das cúspides⁷.

Os mesmos autores acreditam que para cada 10° de aumento da inclinação de cúspide, existe aproximadamente 30% de aumento da sobrecarga na prótese sobre o implante, o que está de acordo com os relatos de Weinber⁸ (1998) e Moraes et al.⁹ (2002) que descreveram que um aumento de 15° de inclinação de cúspide é proporcional a um aumento de 40% nas tensões transferidas aos componentes coroa protética e parafuso de ouro. Nesse sentido, Kaukinen et al.¹ (1996) sugeriram que reduzir a inclinação da cúspide oclusal, limitará a quantidade de forças laterais e é um benefício para a manutenção e preservação da osseointegração. Além disso, os autores concluíram que a configuração oclusal em prótese sobre implante deve ter cúspides reduzidas, anatomia oclusal pouco profunda e sulcos e fossas extensas.

Quando se comparam os fatores biomecânicos em relação à sua influência no estresse na interface osso implante, alguns autores^{4,7-9,16} concordam que, entre as quatro variantes clínicas (inclinação da cúspide, inclinação do implante, diâmetro e comprimento), a inclinação da cúspide produziu maior momento de torque seguido pelo diâmetro do implante, enquanto a inclinação e o comprimento do implante produziram um momento de torque mínimo.

Misch¹⁰ (2006) acredita ainda que o contato oclusal sobre a coroa de um implante, como conseqüência, deve ser idealmente sobre uma superfície plana perpendicular ao corpo do implante. Essa posição usualmente é acompanhada por um aumento da largura do sulco central para 2 a 3 mm nas coroas sobre implantes, posicionadas sobre o centro do componente do implante. A cúspide antagonista é ajustada para ocluir na fossa central diretamente sobre o corpo do implante.

Portanto, uma oclusão em prótese sobre implante, de acordo Chapman⁵ (1989), deve ter o mínimo de contatos oclusais: contatos bilaterais simultâneos; ausência de con-

tatos prematuros no retorno à posição de relação cêntrica; contatos laterais excursivos sem interferência no lado de não-trabalho e distribuição equivalente de forças oclusais.

Baseado na presente revisão da literatura, acredita-se que, para se manter os componentes dos sistemas de implantes em condições de suportarem as cargas mastigatórias, deve-se ajustar a oclusão de forma a direcionar as forças na direção do longo eixo do implante, reduzindo o braço de alavanca, e a ocorrência de contatos excêntricos.

Implantes angulados

Comparando os resultados dos artigos em relação à influência da angulação dos implantes sobre o estresse ósseo em prótese sobre implantes, encontra-se que a maioria dos autores considerou que o estresse ósseo aumentou proporcionalmente à angulação do implante^{8-10,13,17}.

Como se pode constatar por Moraes et al.¹⁵ (2002), uma variação na angulação da ancoragem do implante pode gerar fatores potencializadores das forças mastigatórias que incidirão sobre os implantes, conforme citado por Weinberg, Kruger⁷ (1995).

No entanto, Watanabe et al.¹⁶ (2003) perceberam que, com 5° de angulação do implante, houve uma leve diminuição no estresse quando comparado a um implante sem inclinação quando a carga vertical foi aplicada no centro da fossa. Este fato é difícil de ser explicado, podendo ser resultado de um carregamento próximo ao longo eixo do implante influenciado pelo ponto de carregamento impreciso realizado pelo estudo. Em relação à distribuição de forças no longo eixo do implante, Watanabe et al.¹⁶ (2003) descreve que se deve ter muito cuidado para que a carga seja aplicada de forma vertical ou, em último caso, próxima ao longo eixo do implante. Implantes angulados não apenas fazem a tensão aumentar, mas também envolvem componentes de cisalhamento nocivos, que conduzem à perda óssea e podem prejudicar o novo crescimento ósseo. Weinberg, Kruger⁷ (1995) consideram que para cada 10° de aumento da inclinação do implante, existe aproximadamente 5% de aumento de sobrecarga na prótese sobre implante.

As forças oclusais nos implantes dependem de sua localização no arco. Sahin et al.² (2002) citam que os implantes situados na região posterior sofrem maiores riscos de sobrecarga. O estudo de Weinberg, Kruger¹¹ (1996) relacionou a inclinação do implante com sua localização no arco. Para arcos maxilares, uma leve inclinação vestibular foi mais aceitável que uma inclinação lingual, e o inverso foi considerado para o arco mandibular, no qual foi mais aceitável uma inclinação lingual.

Misch¹⁰ (2006) acredita que se a carga oclusal é aplicada a um corpo de implante angulado ou uma carga oblíqua é aplicada ao corpo do implante, perpendicular ao plano oclusal, os resultados são semelhantes. O risco biomecânico aumenta. Qualquer carga aplicada a um ângulo pode

ser dividida em normal (compressiva e elástica) e forças de cisalhamento. Em análise de elemento finito, quando a direção da força muda para uma carga mais angulada ou uma carga horizontal, a magnitude do estresse é aumentada por 3 vezes mais. Somado a isso, em vez de forças primariamente compressivas, componentes elásticos e de cisalhamento são aumentados mais que 20 vezes, se comparados à força axial.

Baseado na presente revisão da literatura, acredita-se que as inclinações dos implantes são condições indesejáveis. No entanto, sabe-se que em algumas situações clínicas, não é possível evitar o posicionamento inadequado dos implantes, devendo o cirurgião-dentista estar atento com a oclusão do paciente a fim de tentar distribuir as cargas de forma mais próxima ao longo eixo do implante.

Conclusão

De acordo com os autores analisados pode-se concluir que:

- a oclusão em prótese sobre implante é um fator fundamental para melhorar a distribuição de forças ao longo eixo do implante, devendo, para tanto, minimizar a inclinação das cúspides, reduzindo o braço de alavanca e a ocorrência de contatos excêntricos; e
- as inclinações acentuadas dos implantes devem ser evitadas, sempre que possível, a fim de favorecer a distribuição de forças sempre ao longo eixo do implante.

Referências

1. Kaukinen JA, Edge MJ, Lang BR. The influence of occlusal design on simulated masticatory forces transferred to implant-retained prostheses and supporting bone. *J Prosthet Dent* 1996;76:50-5.
2. Sahin S, Cehreli MC, Yaçın E. The influence of functional forces on the biomechanics of implant-supported prostheses – a review. *J Dent*. 2002;30:271-82.
3. Geng JP, Tan KB, Liu GR. Application of finite element analysis in implant dentistry: a review literature. *J Prosthet Dent*. 2001;85:585-98.
4. Eskitzscioğlu G, Usumez A, Sevimay M, Soykan E, Unsal E. The influence of occlusal loading location on stress transferred to implant-supported prostheses and supporting bone: a three-dimensional finite element study. *J Prosthet Dent*. 2001;91:144-50.
5. Chapman RJ. Principles of occlusion for implant prostheses: guidelines for position, timing, and force of occlusal contacts. *Quintessence Int*. 1989;20:473-80.
6. Weinberg LA. The biomechanics of force distribution in implant-supported prostheses. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 1993;8:19-31.
7. Weinberg LA, Kruger B. A comparison of implant/prosthesis loading with four clinical variables. *Int J Prosthodont*. 1995;8:421-33.
8. Weinberg LA. Reduction of implant loading with therapeutic biomechanics. *Implant Dent*. 1998;7:277-85.
9. Moraes CSB, Moraes J, Elias CN. Análise de tensões em implantes osseointegrados por elementos finitos: variação da inclinação da cúspide e largura da mesa oclusal. *Rev Bras Implant*. 2002;8(2):21-6.
10. Misch CE. *Prótese sobre implantes*. São Paulo: Ed. Santos; 2006.
11. Weinberg LA, Kruger B. An evaluation of torque (moment) on implant/prosthesis with staggered buccal and lingual offset. *Int J Periodontics Restorative Dent*. 1996;16:252-65.
12. Sato Y, Shindoi N, Hosokawa R, Tsuga K, Akagawa Y. A biomechanical effect of wide implant placement and offset placement of three implants in the posterior partially edentulous region. *J Oral Rehabil*. 2000;27:15-21.
13. Akça K, Iplikçioğlu H. Finite element stress analysis of the influence of staggered versus straight placement of dental implants. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 2001;16:722-30.
14. Gross MD, Nissan J. Stress distribution around maxillary implants in anatomic photoelastic models of varying geometry. Part II. *J Prosthet Dent*. 2001;85:450-4.
15. Moraes CSB, Moraes J, Elias CN. Análise da variação da direção do carregamento em implantes osseointegrados. *Rev Bras Implant*. 2002;8(1):7-9.
16. Watanabe F, Hata Y, Komatsu S, Ramos TC, Fukuda H. Finite element analysis of the influence of implant inclination, loading position, and load direction on stress distribution. *Odontology*. 2003;91(1):31-6.
17. Çağlar A, Aydın C, Ozen, J, Yılmaz C, Korkmaz T. Effects of mesiodistal inclination of implants on stress distribution in implant-supported fixed prostheses. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 2006; 21:36- 44.

Recebido: 05/12/2007

Aceito: 21/09/2008

