



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
FACULDADE DE ODONTOLOGIA
TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO EM ODONTOLOGIA

Biomecânica da Prótese Implanto-suportada: Uma Revisão de Conceitos

Acadêmico:

Felipe Groch

Orientador:

Prof. Dr. Luís Carlos da Fontoura Frasca

Porto Alegre, 28 de junho de 2010.

FELIPE GROCH

00144389

Biomecânica da Prótese Implanto suportada: Uma Revisão de Conceitos

Monografia apresentada para conclusão da disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso em Odontologia II do curso de graduação em Odontologia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Local de Realização:

Faculdade de Odontologia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Professor Orientador:

Prof. Dr. Luís Carlos da Fontoura Frasca.

Professor Adjunto do Departamento de Odontologia Conservadora da Faculdade de Odontologia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Porto Alegre

2010

SUMÁRIO

| | |
|---|----|
| 1 RESUMO | 5 |
| 1 ABSTRACT | 7 |
| 2 INTRODUÇÃO | 9 |
| 3 REVISÃO DE LITERATURA | 12 |
| 3.1 Biomecânica aplicada à Implantodontia | 12 |
| 3.1.1 Forças..... | 13 |
| 3.1.2 Tipos de Forças..... | 13 |
| 3.1.3 Momentos de Força..... | 14 |
| 3.2 Dente Natural versus Implante | 15 |
| 3.2.1 Distribuição de Forças..... | 15 |
| 3.2.2 Módulo de Elasticidade..... | 16 |
| 3.2.3 Mobilidade..... | 16 |
| 3.2.4 Sensibilidade Oclusal..... | 17 |
| 3.2.5 Diagnóstico da Sobrecarga Oclusal..... | 17 |
| 3.2.6 Tabela 1. Características sob Carga: Dente <i>versus</i> Implante.. | 18 |
| 3.2.7 Tabela 2. Dente <i>versus</i> Biomecânica dos Implantes..... | 19 |
| 3.3 Aspectos Oclusais da Prótese Implanto Suportada | 20 |
| 3.3.1 Oclusão Terapêutica..... | 20 |
| 3.3.2 Oclusão para Restaurações Implanto Suportadas..... | 21 |
| 3.3.2.1 Material Oclusal..... | 21 |
| 3.3.2.2 Fatores de Risco Oclusal..... | 22 |
| 3.3.2.3 Aspectos Clínicos..... | 23 |
| 3.3.2.3.1 Anatomia da Coroa..... | 24 |
| 3.4 União Dente-Implante | 25 |
| 3.5 Uso de Cantilever na Prótese Implanto Suportada | 28 |
| 4 DISCUSSÃO | 33 |

| | |
|----------------------------|----|
| 5 CONCLUSÃO | 38 |
| 6 REFERÊNCIAS | 40 |
| 7 ANEXOS | 48 |
| Figura 1..... | 48 |
| Figura 2..... | 48 |
| Figura 3..... | 49 |
| Figura 4..... | 49 |
| Figura 5..... | 50 |
| Figura 6..... | 51 |
| Figura 7..... | 51 |
| Figura 8..... | 52 |
| Figura 9..... | 52 |
| Figura 10..... | 53 |
| Figura 11..... | 54 |
| Figura 12..... | 54 |
| Figura 13..... | 54 |

1 RESUMO

O presente trabalho, através de uma revisão narrativa da literatura, pretende analisar a questão biomecânica da prótese sobre implante de maneira a identificar mudanças conceituais geradas pelo conhecimento científico.

Duas modalidades terapêuticas tidas como potencializadoras do risco biomecânico são revisadas e discutidas: a união de dentes e implantes em uma mesma prótese e a presença de cantiléver.

Apesar da significativa diferença entre a absorção e dissipação de forças existente entre o dente e o implante, as tensões aplicadas ao implante não parecem comprometer a estabilidade óssea, uma vez consolidada a osseointegração. Contudo, fatores de risco biomecânico estão associados à maior ocorrência de complicações técnicas relacionadas à supra-estrutura protética e conexão implante-prótese.

É desejável um planejamento oclusal visando direcionar axialmente os contatos dentários em relação ao longo eixo do implante, minimizando a intensidade de momentos de força e tensões do tipo cisalhamento.

A prótese dento-implanto-suportada pode ser considerada uma alternativa viável quando uma reabilitação totalmente implanto suportada estiver contra indicada, embora seja uma condição clínica mais propícia a complicações de ordem técnica, principalmente para a prótese e para o pilar dentário.

A presença de cantiléver bilateral em reabilitações totais foi extensamente documentada como uma modalidade reabilitadora com expressivos índices de sucesso. Um cantiléver unilateral correspondente à um elemento dentário também parece ser uma terapia restauradora aceitável, devendo-se observar a proporção entre o braço de potência e braço de resistência.

1 ABSTRACT

The purpose of the present study, a narrative literature review, is to analyze the role played by biomechanic factors in the implant-supported prostheses, identifying the changes in concepts due to scientific knowlegment.

Two therapeutical modalities associated with increased biomechanic risks are reviewed and discussed: the union of teeth and implants in the same prostheses and the presence of cantilever.

In spite of the significative difference between tooth and implant force absorption and dissipation, the tensions applied to implant do not seem to break the osseointegration process, once it was established. However, biomechanic risk factors are associated with the occurence of more technical complications related to the prostheses supra-structure and tooth-implant connection.

An occlusal planning directing tooth contacts axially is desirable, attenuating the intensity of bending moments and shear tensions.

The tooth-implant connected prostheses can be considered a viable option when a totally implant-supported rehabilitation was not indicated, althought it is a clinical condition associated with a higher incidence of technical complications, mainly to the prostheses and abutment teeth.

The presense of bilateral cantilever in full-arched rehabilitations with implants was extensively documented as a therapeutical approach that has expressive success rates. A unilateral cantilever limited to one dental unit represent a reliable treatment modality. The proportion between the arm strength and the arm power must be observed.

2 INTRODUÇÃO

O processo da reabilitação oral foi revolucionado em meados de 1980 com a comprovação científica através de estudos longitudinais de mais de 10 anos da possibilidade e do sucesso do uso de fixações de titânios, os chamados implantes dentários, como dispositivos de ancoragem de próteses³⁵.

Essa importante modalidade terapêutica deve-se à investigação liderada pelo professor P.I. Brånemark e sua equipe em estudos sobre cicatrização óssea experimental nas décadas de 50 e 60⁶.

A transposição destes resultados experimentais para a clínica foi denominada osseointegração, que segundo Zarb e Lekholm (1985)³⁵, consiste em um processo clinicamente assintomático pelo qual a fixação rígida de materiais é alcançada e mantida no osso durante a aplicação de cargas funcionais.

Atualmente, após décadas de estudos clínicos, os implantes dentários osseointegrados atingiram um estágio de comprovação científica que habilita seu uso na reabilitação oral com índices expressivos de sucesso, variando de 84.9% a 100% em estudos retrospectivos e prospectivos, incluindo estudos longitudinais com períodos de preservação maiores que 20 anos^{1, 3, 6,9,13, 31, 38 41.60,65,66}.

Quando comparada à qualquer outro procedimento cirúrgico ou protético, a osseointegração tem causado o melhor impacto na qualidade de vida dos pacientes que sofrem com os efeitos de perdas dentárias¹⁷.

As alternativas de tratamento empregando implantes nos dias atuais contemplam a totalidade de situações de perda dentária, da unitária à perda total. Dessa maneira, muitas são as fases que devem ser cuidadosamente estudadas e executadas para que se obtenha sucesso empregando implantes endósseos. Seleção do caso, planejamento cirúrgico-protético, fase cirúrgica, fase protética e manutenção devem ser cuidadosamente pensadas e executadas.

Podemos considerar genericamente que um implante atinge sucesso quando não apresenta mobilidade, dor e exsudato⁴³. Infere-se então que fatores biológicos e mecânicos podem ser os responsáveis pelo sucesso ou insucesso do implante.

Sendo assim, o sucesso ou falha do processo de osseointegração é definido como uma associação de resultados biológicos e mecânicos, e depende de alguns fatores, como o biomaterial do implante e propriedades superficiais (topografia e rugosidade superficial), quantidade e qualidade óssea apropriada, ausência de complicações cirúrgicas (superaquecimento ósseo e contaminação), sobrecarga oclusal e peri-implantite¹³.

Dentre os principais fatores que afetam diretamente a sobrevida e sucesso a longo prazo dos implantes dentários quando colocados em função, ou seja, sujeitos à cargas oclusais, o entendimento das propriedades biomecânicas destes tem sido apontado como um dos parâmetros mais significantes na prevenção da falha precoce e tardia das restaurações implanto suportadas⁴¹. As causas mais frequentemente relacionadas na literatura referem-se à sobrecarga oclusal ou estresse excessivo, desenho oclusal inadequado da prótese e forças excessivas oriundas de atividade parafuncional^{3,4,7,14,20,21,27,28,41,45,51,60}. As complicações biomecânicas para a implantodontia concorrem não apenas para o comprometimento da saúde na interface osso-implante, como também para a perda da prótese, estruturas de conexão e fratura do implante e seus componentes.

O complexo do ligamento periodontal permite que forças multi-direcionais sejam absorvidas e dissipadas, podendo inclusive adaptar-se à alterações da demanda

funcional sem prejuízo ao osso alveolar, na ausência de periodontite induzida por placa. A capacidade adaptativa do periodonto de inserção age como uma estrutura natural de defesa frente a possíveis cargas oclusais excessivas e fora do longo eixo dentário^{37,61}. Essa situação não ocorre com os implantes dentários, visto que o processo de propriocepção dos mesmos é praticamente inexistente, sendo dependente apenas de receptores ósseos^{44,62}. Sendo assim, os cuidados do profissional com o desenho da prótese devem ser redobrados de maneira que a distribuição das cargas seja realizada de maneira equilibrada sobre a interface osso-implante.

Diante do exposto, torna-se evidente a correlação direta entre as condições biomecânicas e o êxito de uma reabilitação dentária implanto suportada, sendo a tensão biomecânica considerada um fator de risco significativo na Implantodontia. O conhecimento e aplicação destes princípios no plano de tratamento com esta modalidade terapêutica torna-se imprescindível para a redução de complicações advindas da aplicação de carga sobre o implante^{41,42}.

O presente trabalho, através de uma revisão narrativa da literatura, pretende analisar a questão biomecânica da prótese sobre implante de maneira a identificar as mudanças conceituais geradas pelo conhecimento científico.

3. REVISÃO DE LITERATURA

Com o objetivo de tornar a leitura do capítulo simplificada optamos por dividi-lo em tópicos.

2.1 Biomecânica aplicada à Implantodontia

Biomecânica é a aplicação da mecânica aos sistemas biológicos, estudando as respostas dos mesmos às forças sobre eles aplicadas. Em odontologia é utilizada para prever o comportamento clínico de técnicas e materiais e suas interações com os tecidos orais⁸. Na área da terapia com implantes, a biomecânica tem um significado especial porque os dentes naturais e os implantes estão ancorados de maneira diferentes no osso^{37,44,56}. O estudo da biomecânica dos implantes dentários também visa prever a distribuição de cargas incidentes sobre próteses implanto-suportadas, bem como as suas conseqüências para o elemento protético e implantar, nas diversas situações clínicas em que os implantes endósseos são utilizados em reabilitação oral⁷.

Fatores biomecânicos podem ser críticos para a longevidade da reabilitação implanto suportada, em função da natureza das forças criadas pelos contatos oclusais e o impacto destas na fixação entre o osso e os implantes de titânio. Na dentição

natural, o ligamento periodontal tem a capacidade de absorver o estresse ou permitir o movimento dentário, condição esta que se faz ausente na interface osso-implante³⁷.

As conseqüências mais comuns da sobrecarga biomecânica quando da colocação do elemento protético implanto-suportado em oclusão, de acordo com a literatura^{4,7,41,42,60}, são:

- Perda óssea prematura ou tardia, causando o fracasso do implante.
- Afrouxamento do parafuso (*abutment* e coroa)
- Descimentação da prótese.
- Fratura do componente.
- Fratura da porcelana.
- Fratura da prótese.

Para a compreensão dos eventos biomecânicos que se desenvolvem na prótese implantossuportada, faz-se necessário o entendimento de alguns conceitos fundamentais da mecânica, revisados na seqüência.

2.1.1 Forças

A força é uma grandeza, mensurada em Libras ou Newtons, cuja definição inclui não só a quantidade, mas também a direção em que a força está atuando, uma vez que uma dada quantidade de força atuando verticalmente em um implante, por exemplo, não exerce o mesmo efeito de uma força atuando em direção lateral^{7, 41}.

2.1.2 Tipos de Forças

A natureza das forças que atuam sobre a prótese implanto-suportada pode ser descrita como **compressiva, tensiva ou de cisalhamento**. As forças de compressão agem no sentido de diminuir ou comprimir o objeto sobre o qual está agindo. As forças de tensão tendem a esticar o objeto, enquanto as forças de cisalhamento causam o deslizamento do objeto (Figura 1)⁴¹.

Em geral, as forças de compressão são melhor toleradas pela prótese implanto-suportada, assim como o osso cortical acomoda melhor estas forças:

Resistência do osso cortical à cargas longitudinais⁵².

| Tipo de Força Aplicada | Resistência (MPa) |
|-------------------------------|--------------------------|
| Compressão | 193,0 |
| Tensão | 133,0 |
| Cisalhamento | 68 |

Todo o grau de uma carga angulada aumenta o componente de cisalhamento, que é o componente de força mais prejudicial. Sob esta óptica, o direcionamento das forças oclusais no sentido axial ao longo eixo do implante é a condição mais ideal para minimizar os possíveis efeitos deletérios de sobrecargas funcionais⁴¹.

Além disso, os cimentos, parafusos de retenção e componentes do implante acomodam melhor as forças compressivas em relação à forças de tensão ou cisalhamento⁴¹.

2.1.3 Momentos de Força (torques)

Momento é uma ação de carga que tende a rotacionar ou flexionar um corpo, que ocorre quando uma determinada força é aplicada fora do eixo axial do objeto de interesse, amplificando a quantidade de força resultante^{7,41}.

As dimensões de um momento correspondem à força multiplicada pela distância da linha de aplicação da força em relação à linha formada pelo longo eixo do objeto, neste caso, o implante. Ou seja, uma força aplicada em uma coroa implanto-suportada, num ponto que dista 2mm do longo eixo do implante, terá em uma carga resultante duas vezes maior ao longo do eixo central do implante. Assim, do ponto de vista biomecânico, uma extensão de cantilever deve aumentar dramaticamente a quantidade de força resultante no implante vizinho (Figura 2)⁴¹.

Estes momentos de carga induzem à micro-rotações e concentrações de tensão na crista do rebordo alveolar, na interface osso-implante, o que pode levar à perda óssea.

Misch (2008)⁴¹, descreve a ocorrência de três “braços de momentos clínicos” a serem considerados em Implantodontia:

- Altura Oclusal

Corresponde à porção da prótese acima da superfície de contato entre o implante e a crista óssea. Recebe forças direcionadas ao longo dos eixos vestibulo-lingual e méso-distal.

- Comprimento de Cantilever

Tanto a extensão do comprimento de uma prótese com cantilever quanto a distância inter-implantes para uma prótese com extremidade livre são determinantes para a quantidade total de força gerada sobre os implantes quando da aplicação de carga na porção de cantiléver.

- Largura Oclusal

Mesas oclusais largas aumentam o braço de momento sob qualquer carga oclusal prejudicial. Esta inclinação pode ser reduzida pelo estreitamento das mesas oclusais ou ajuste da oclusão, tornando os contatos mais cêntricos.

2.2 Dente Natural *versus* Implante

2.1.1 Distribuição de Forças

Comparativamente à um implante endósseo, o sistema de suporte de um dente natural é projetado para reduzir as forças distribuídas na crista óssea. O ligamento periodontal que circunda a interface dente-implante age como um absorvedor de choque viscoelástico, diminuindo consideravelmente a magnitude do

estresse na crista e aumentando o tempo durante o qual a carga é dissipada (diminuindo portanto o impulso da força)⁴⁴ (Figura 3).

Porém, a interface peri-implantar não é resiliente, visto que o contato direto entre o implante e o tecido ósseo, esperado após a ocorrência da osseointegração, não permite a dissipação da energia conferida por uma força oclusal, transmitindo uma força de alta intensidade ao osso contíguo. Ao contrário da dissipação de forças sobre dentes ser no terço médio, nos implantes essas são alocadas, conforme a Figura 4, na região cervical junto à crista óssea, independentemente do tipo de implante.

Forças laterais e oblíquas aplicadas ao dente são dissipadas ao longo da crista em direção ao ápice, visto que um dente natural pode se mover de 56 a 108 μm e girar em direção ao ápice, minimizando a carga resultante na crista óssea. A aplicação de forças não-axiais à um implante não gera o mesmo movimento imediato verificado no elemento dentário, e sim um movimento secundário que varia entre 10 a 50 μm , que está relacionado à viscoelasticidade óssea, sendo que esta ação não ocasiona um giro em direção ao ápice, como o verificado em uma raiz natural, resultando na concentração de forças na crista óssea circundante⁴⁴.

A largura de quase todos os dentes naturais é maior do que a largura do implante usado para restaurar o dente, que muitas vezes é limitada em função do volume ósseo pré-existente. De acordo com os princípios da biomecânica, quanto maior a largura de uma estrutura trans-óssea, menor a magnitude do estresse transmitido ao osso circundante⁴⁴.

2.1.2 Módulo de Elasticidade

Comparativamente à todos os biomateriais disponíveis para implantes dentários, o módulo de elasticidade dos tecidos dentários é o mais próximo do osso, fazendo com que, em condições similares de cargas mecânicas, os implantes gerem maiores estresses e deformações na crista óssea, em relação ao dente.

2.1.3 Mobilidade

O deslocamento vertical de um dente é estimado em 25-100um e 56-108um no sentido vestibulo-lingual, enquanto um implante osseointegrado pode deslocar-se verticalmente cerca de 3-5um e 10-50um lateralmente⁵.

Sob traumatismo oclusal, a mobilidade de um dente natural pode aumentar em resposta adaptativa promovida pelo ligamento periodontal, visando dissipar estresses e deformações diferentes impostas na interface óssea³⁷. Após a eliminação do trauma, o dente pode retornar à sua condição original em relação à magnitude do movimento.

Acredita-se que um implante sob traumatismo oclusal também pode desenvolver mobilidade, como resultado da perda óssea ocasionada pela força em excesso^{28,44}, porém após a eliminação do fator etiológico, um implante não retorna à condição original, sendo o dano irreversível.

2.1.4 Sensibilidade Oclusal

Nos dentes naturais o ligamento periodontal é dotado de numerosos mecanorreceptores que permite uma sinalização precisa ao sistema nervoso central em relação aos eventos mecânicos que ocorrem durante a função. A sinalização detalhada permite ao cérebro analisar e caracterizar os eventos mecânicos, permitindo processamentos adicionais para o ajuste fino, resultando em uma seqüência mastigatória otimizada⁶¹. Acredita-se que ocorra percepção sensorial através de implantes osseointegrados, através de mecanorreceptores ósseos, sendo denominada osseopercepção⁶²; porém o limiar de detecção de carga é cerca de 40 vezes menor em relação à propriocepção mediada pelo ligamento periodontal⁴⁴.

2.1.5 Diagnóstico da Sobrecarga Oclusal

Os dentes submetidos à trauma oclusal desencadeiam uma resposta proprioceptiva de dor rápida e aguda sob alta pressão, enquanto os implantes, quando referem alguma sintomatologia, dão a sensação de uma dor moderada e tardia.

Quando o trauma oclusal não é corrigido, observa-se radiograficamente um aumento da radiopacidade e espessura da lâmina dura ao redor da raiz, resultante da migração ortodôntica do elemento dentário para fora do local de maior estresse oclusal^{37,44}. O implante sob mesma condição não apresenta nenhum sinal radiográfico generalizado, exceto perda óssea na região da crista, que pode ser erroneamente diagnosticada como peri-implantite.

Sinais clínicos de aumento de estresse sobre coroas de dentes naturais incluem facetas de desgaste no esmalte, desgaste das cúspides e abfração cervical, enquanto uma coroa de implante raramente mostra outros sinais além de fraturas do material oclusal por fadiga⁴⁴.

2.1.6 Tabela 1. Características sob Carga: Dente *versus* Implante⁴⁴.

| Critério | Dente | Implante |
|--------------------------|---|--|
| Conexão | Ligamento periodontal | Anquilose |
| Força de Impacto | Diminui | Aumenta |
| Mobilidade | Variável | Nenhuma |
| Movimento | Efeito amortecedor do ligamento periodontal | Estresse capturado na crista |
| Diâmetro | Largo | Redondo |
| Módulo de Elasticidade | Similar ao osso | 5 a 10 vezes maior que o osso trabecular |
| Movimento ortodôntico | Sim | Não |
| Alterações radiográficas | Ligamento periodontal espesso e osso cortical | Não |
| Sensibilidade Tátil | Alta | Baixa |
| Percepção oclusal | Alta detecção de contatos prematuros | Baixa; altas cargas para contatos prematuros |

2.1.7 Tabela 2. Dente *versus* Biomecânica dos Implantes⁴⁴.

| Dentes | Implantes |
|--|---|
| 1. Membrana Periodontal | 1. Contato direto osso-implante |
| a. Absorção de choques | a. Alta força de impacto |
| b. Duração da força acentuada (impulso diminuído) | b. Duração da força breve (impulso aumentado) |
| c. Distribuição da força através da raiz | c. Força primariamente para a crista |
| d. Mobilidade dentária pode ser relacionada à força | d. Implante é sempre rígido (mobilidade é indicativa de fracasso) |
| e. Mobilidade dissipa forças laterais | Forças laterais aumentam a tensão no osso |
| f. Alterações radiográficas reversíveis relacionadas à força | f. Alterações radiográficas de perda óssea irreversíveis na crista associadas à força |
| 2. Desenho biomecânico | 2. Desenho do implante |
| a. Diâmetro relacionado à magnitude da força | a. Diâmetro relacionado ao osso existente |
| b. Módulo de elasticidade similar ao osso | b. Módulo de elasticidade 5 a 10 vezes maior que o osso cortical |
| 3. Complexo sensorial | 3. Sem nervos sensoriais |
| a. Traumatismo oclusal induz sintomatologia | a. Não há sinais precursores de traumatismo incipiente |
| b. Propriocepção | b. Percepção oclusal de 2 a 5 vezes menor |
| c. Força de mordida funcional menor | c. Força de mordida funcional 4 vezes mais alta |
| 4. Esmalte | 4. Porcelana |
| a. Desgaste, trincas, abfração | a. Nenhum sinal prematuro de força |
| 5. Osso circundante cortical | 5. Osso circundante trabecular |
| a. Resistente à alterações | b. Com tendência a alterações |

2.3 Aspectos Oclusais da Prótese Implanto Suportada

2.3.1 Oclusão Terapêutica

A oclusão terapêutica tem sido definida como uma oclusão modificada por medidas restauradoras, semelhante à oclusão fisiológica. De modo ideal, o conceito de oclusão funcional ótima após um tratamento reabilitador, seja qual for a sua extensão, deve proporcionar os seguintes aspectos¹⁰:

- Dimensão vertical adequada.
- Distância interoclusal aceitável com a mandíbula em repouso.
- Relação intermaxilar estável com contatos bilaterais.
- Boa distribuição dos contatos em máxima intercuspidação, provendo forças axialmente direcionadas.
- Movimentos de contato com liberdade multidirecional, a partir da posição de máxima intercuspidação.
- Ausência de distúrbio ou prejuízo dos contatos intermaxilares nas excursões laterais e protrusivas.
- Ausência de impacto aos tecidos moles durante os contatos oclusais.

A morfologia protética idealizada, incluindo a tripodização dos contatos oclusais, parece ter sido substituída por abordagens mais simples, pois não há evidência de resultados clínicos superiores quando da aplicação de métodos complexos em relação aos simples¹⁰.

Apesar de não haver forte evidência para indicar um determinado design oclusal padronizado, tanto para a prótese convencional ou implanto suportada, estas recomendações indicam uma abordagem lógica e prática recomendada por muitos autores para o sucesso da terapia oclusal, objetivando manter um padrão estável de função e conforto após uma reabilitação¹⁰.

Uma explicação para resultados clínicos semelhantes advindos de próteses com diferentes configurações oclusais seria a atuação do complexo mecanismo

neuro-fisiológico muscular no sentido de acomodar as mudanças ocorridas na cavidade oral³².

2.3.2 Oclusão para Restaurações Implanto Suportadas

Nos estágios iniciais da Implantodontia, as diferenças entre o mecanismo ligamentar entre os dentes e implantes ao osso foram muito enfatizadas como de grande importância na reabilitação oclusal. Com a maior experiência e sucesso do tratamento com implantes utilizando diferentes princípios oclusais, essas diferenças não parecem assumir um papel de grande relevância para o desfecho clínico¹⁰. A função oral e mastigatória parece ser similar em ambas as modalidades.

Até o presente, parece que os princípios e métodos aplicados na prótese convencional são aplicáveis também para a prótese sobre implantes.

2.3.2.1 Material Oclusal

Inicialmente, foi enfaticamente recomendado que um material com propriedade de absorção de forças, como a resina acrílica, fosse utilizada na superestrutura externa da prótese implanto-suportada, sendo predominantemente utilizada nos anos iniciais da osseointegração⁶.

Porém, estudos posteriores demonstraram que, a despeito das características biomecânicas deste material, clinicamente os resultados eram muito variados, e o uso de materiais cerâmicos em comparação aos resinosos não demonstrou influenciar a perda óssea peri-implantar, sendo a fratura a complicação mais comum para ambos os materiais^{9,19}.

Na prática clínica corrente, a cerâmica tornou-se o material de escolha para próteses fixas parciais sobre implantes, pelo resultado estético mais favorável e maior resistência ao desgaste^{10,19}.

Próteses totais fixas sobre implantes são confeccionadas em metalo-cerâmica em alguns casos, mas em muitos casos, especialmente em overdentures^{10,15} sobre implantes, o material de escolha ainda recai sobre a resina acrílica.

2.3.2.2 Fatores de Risco Oclusal

Os fatores de risco oclusal mais comumente apontados em implantodontia são hábitos parafuncionais, forças oclusais direcionadas lateralmente e extensão de cantiléver⁵¹, sendo estes fatores principalmente baseados em estudos biomecânicos e experiência clínica, sem forte grau de evidência científica, sendo que a presença destes fatores foi relacionada à maior incidência de complicações técnicas, porém sem influência significativa nos parâmetros biológicos (perda óssea). Ainda, fatores biomecânicos tidos como de risco para a perda óssea peri-implantar parecem menos significantes em relação às complicações biológicas como tabagismo e higiene precária^{30,37,38,39}.

Estudos *in vivo*, com implantes submetidos à carga em cães^{20,21}, demonstraram uma maior densidade óssea comparada ao tecido ósseo adjacente à implantes sem carga, o que também foi verificado em macacos⁵⁰ evidenciando que as tensões peri-implantares, aplicadas abaixo da crista óssea, de menor magnitude, podem corresponder à deformação fisiológica que permite ao osso ganhar densidade e resistência. A perda de implantes como resultado de sobrecarga oclusal também foi demonstrado em macacos, sugerindo que é possível induzir a perda da osseointegração do implante, mas não perda óssea marginal, quando as forças aplicadas são superiores ao potencial de reparo ósseo^{27,28} (Figura 5).

Em relação à atividade de bruxismo, uma revisão de literatura concluiu que estudos relacionando pacientes bruxômalos e falha de implantes não apresentaram resultados consistentes⁴⁰.

Com relação a forças não-axiais, outra revisão de literatura demonstrou que não há evidência suficiente de que esta é uma condição prejudicial à osseointegração, sendo que em dois estudos em animais nenhum efeito negativo foi demonstrado⁵⁹. Restaurações implanto suportadas em extrema supra-oclusão demonstraram completa perda da osseointegração em macacos³⁵, enquanto restaurações levemente prematuras não demonstraram perda óssea²⁸.

De modo geral, uma relação causal entre força e configuração oclusal e perda de implantes nunca foi convincentemente documentada. Vale ressaltar que muitos clínicos ainda têm a impressão de que há relevância nestes fatores de risco, sendo

prudente cautela e cuidadoso controle clínico. Sinais clínicos que indiquem uma possível influência de ordem biomecânica, como repetido afrouxamento ou fratura do *abutment* e material oclusal, perda da cimentação, devem ser avaliados com o propósito de modificar a situação e reduzir os potenciais riscos envolvidos^{10,51}.

2.3.2.3 Aspectos Clínicos

Tem sido recomendado que os contatos oclusais devem ser avaliados em um grau leve e forte de intercuspidação. Na situação de oclusão leve, os contatos devem ser múltiplos ou mesmo simultâneos entre as arcadas. No registro de forças de maior intensidade, todos os contatos devem ser mantidos sem movimento excursivo da mandíbula a partir da posição inicial de oclusão leve, devendo esta condição ser checada periodicamente, considerando que a propriocepção proporcionada pelo implante é praticamente inexistente¹⁰.

Misch e Bidez⁴⁴, recomendam que, sob forças de toque leve, uma prótese parcial fixa sobre implantes deve apenas contactar os antagonistas, enquanto os dentes naturais devem exibir maior contato inicial. Quando da aplicação de uma força mais acentuada, os contatos devem permanecer axiais sobre o corpo do implante e podem ter intensidade similar sobre a coroa do implante e dentes adjacentes, permitindo compartilhamento igual das cargas.

Os autores também apontam a importância de usar o canino ou incisivos como guia de desocclusão, evitando a ocorrência de forças laterais aos elementos posteriores.

Para implantes anteriores, visando diminuir a incidência de cargas, sugere-se que a confecção de guias rasas, uma vez que guias íngremes acarretariam aumento no ângulo de desocclusão, aumentando a resultante de forças ao sistema.

Outra consideração em relação à anatomia oclusal é a confecção de um aumento no sulco central nas coroas de dentes superiores, para onde deve ser direcionado o componente primário de uma força oclusal, sobre uma superfície plana, pois a aplicação de carga angulada na cúspide aumenta o estresse resultante, sendo a cúspide antagonista ajustada para ocluir na fossa central diretamente sobre o corpo do implante, evitando o contato nas cristas marginais^{26,44}.

2.3.2.3.1 Anatomia da Coroa

Conforme discutido nas características biomecânicas da prótese implanto-suportada, forças no sentido axial são mais toleradas na interface osso-implante. A distribuição dos contatos oclusais axialmente deveria ser um objetivo da oclusão implanto-suportada, criando uma relação harmoniosa na interface óssea e sistema de retenção da supra-estrutura⁴⁴.

Considerando os princípios da oclusão “mutuamente protegida”⁴⁴, coroas de implantes posteriores não devem realizar contatos durante movimentos excursivos, uma vez que contatos não-axiais aumentam a quantidade de estresse no sistema e produzem forças de cisalhamento, deletérias ao osso. Seguindo este princípio, a desocclusão é promovida pelos segmentos anteriores.

De forma análoga aos dentes naturais, implantes suportando dentes anteriores são mais suscetíveis à forças atuando fora de seu longo eixo. A área de impacto entre a superfície palatina da coroa de um dente superior e a borda incisal da coroa do dente inferior produz uma resultante final de força fora do longo eixo do implante (torque), em função da acentuada inclinação vestibulo-lingual da face palatina. A angulação da carga, além de gerar tensões de cisalhamento, aumenta a quantidade de esforço gerada. A promoção de uma área de impacto entre a borda incisal da coroa inferior e a superfície palatina da coroa superior de modo a redirecionar a resultante principal de força em um sentido mais vertical em relação ao longo eixo do implante é uma alternativa desejável (Figura 6)²⁶.

Para dentes posteriores, o contato cúspide-fossa tende a direcionar as forças verticalmente ao longo eixo do implante, enquanto o contato cúspide/plano inclinado produz uma força lateral. A magnitude da força lateral pode ser diminuída pela redução da inclinação da cúspide na área de impacto.

Considerando-se que o padrão de reabsorção do rebordo edêntulo dá-se às custas do contorno ósseo vestibular, a superfície oclusal da coroa implanto-suportada deverá ser diminuída às custas de seu aspecto vestibular, permitindo ao implante receber forças mais no sentido axial, mantendo a largura oclusal no sentido de

promover um padrão estético ideal, sendo em geral a dimensão vestibulo lingual do corpo do implante menor que o dente natural^{10,44}.

As cúspides que compõem as superfícies oclusais dos dentes posteriores deveriam ser baixas e achatadas, deslocando a resultante final de forças oclusais para uma maior proximidade com o longo eixo do implante osseointegrado (Figuras 7 e 8)²⁶.

O estreitamento da mesa oclusal também é uma estratégia biomecânica a ser considerada, pois quanto mais larga for a superfície oclusal, mais frequentemente poderão incidir cargas não-axiais à prótese implantossuportada. Esta redução na largura deve ser feita a partir da superfície vestibular, enquanto o contorno lingual deve permanecer o mesmo. Além disso, a mastigação demanda menor intensidade de força com superfícies oclusais estreitas⁴⁴.

2.4 União Dente-Implante

A mobilidade de um dente com ligamento periodontal saudável pode ser de 5 a 20 vezes maior que a de um implante osseointegrado⁴⁹. Essa discrepância entre a mobilidade da raiz dentária e o implante torna-se um dilema biomecânico quando dentes e implantes são unidos em próteses fixas ancorando reabilitações protéticas¹².

A literatura cita a biomecânica como fator predominante para o sucesso à longo prazo da prótese dento-implanto-suportada⁵⁸, e descreve uma série de potenciais problemas decorrentes desta diferença de mobilidade entre pilares dentários e implantares utilizados conjuntamente em uma mesma peça protética, como intrusão dental, perda óssea podendo comprometer irreversivelmente a osseointegração, afrouxamento do parafuso, perda da cimentação e fratura da prótese^{5,23}.

Em estudos *in vitro*^{11,12,46} foi demonstrado que quando há uma força oclusal excessiva em uma prótese conectada à implantes e dentes, a disparidade de movimentos em relação à base óssea pode causar um grande momento de força no sítio do implante.

A potencial redução da mobilidade normal dos dentes naturais poderia ocasionar alterações periodontais tendo como resultado uma atrofia por desuso e principalmente intrusão do elemento dentário^{5,23,47} (Figura 9).

Visando estabilizar as distintas mobilidades entre os dentes naturais e sistemas de implantes, alguns métodos específicos têm sido desenvolvidos para atenuar esta diferença, incluindo um disjuntor de estresse adicionado ao implante, incorporado com um elemento resiliente, que atuaria como um absorvedor de estresse entre a porção protética e o implante, e conectores não-rígidos, que separariam as unidades esplintadas da prótese, compensando os diferentes graus de mobilidade entre o dente e o implante^{11,58}.

Um estudo *in vitro* avaliando a aplicação de forças axiais e laterais, de diferentes magnitudes em uma prótese de quatro elementos posteriores, demonstrou que forças oclusais laterais aumentam significativamente os valores de estresse para a o osso alveolar e o implante, independentemente do tipo de conexão utilizada na esplintagem. Entretanto, os valores de estresse máximo mensurados na prótese foram duas vezes maiores quando da utilização de um sistema com conectores não-rígidos¹².

Quando as forças oclusais aplicadas ao pântico foram ajustadas para serem menores que a dos pilares, na proporção de 1:5, os valores de estresse máximo verificados em todo o sistema (prótese, implante e osso alveolar) diminuíram consideravelmente. Foi demonstrado que, tanto a intensidade como a direção da força afetam a distribuição do estresse nos diferentes sistemas de esplintagem, e que a conexão semi-rígida só reduz o estresse ao sistema quando a força é aplicada unicamente ao dente natural.

Outros estudos defendem a conexão rígida na prótese dento-implanto-suportada, justificando que a prótese e o implante possuem flexibilidade inerente para acomodar as características distintas de mobilidade, demonstrando que não existe um consenso em relação à este tópico^{46,47,58}.

Naert e colaboradores⁴⁷ compararam um grupo de pacientes com próteses implanto-suportadas (controle, n=123) e dento-implanto-suportadas (teste, n=123), em relação às complicações observadas em um período de proervação médio de 6

anos. Foi observada a falha de apenas um implante no grupo controle, em contraste à 10 implantes que falharam no grupo teste. As complicações verificadas em dentes naturais foram presença de lesão peripapical (3,5%), necessidade exodôntica (1,8%), perda da cimentação da coroa (8%) e intrusão dentária (3,4%). Dos 25 dentes que apresentaram perda da cimentação da prótese, 19 estavam intruídos. A intrusão dentária foi relacionada à presença do conector não-rígido, que atua possivelmente inibindo mecanicamente a extrusão do dente após um contato oclusal intrusivo; o pilar dentário é retirado de função e os implantes vizinhos acabam absorvendo todas as forças oclusais.

As taxas cumulativas de sucesso foram muito similares entre o grupo controle (98,5%) e o grupo teste (95%), levando à conclusão de que ambas as modalidades de tratamento são viáveis, quando esta modalidade terapêutica é uma alternativa clínica, apesar da maior incidência de falhas nos implantes do grupo teste. Com base nos achados, é defendida a conexão rígida na prótese dento-implanto-suportada, para prevenir a intrusão do dente pilar.

Lang e colaboradores³⁴ pesquisaram as taxas de sobrevida de próteses sobre implante comparativamente as implanto-dento suportadas, encontrando índice de sobrevida de 90,1% para os implantes e 94,1% para as próteses, no grupo que incluiu dentes naturais como pilares, e 95,4% para os implantes e 95% para as próteses no grupo onde apenas implantes eram utilizados para ancoragem, num período de 5 anos. Em 10 anos de observação, as taxas baixaram para 82,1% para implantes e 77,8% para próteses, e 92,8% para implantes e 86,7% para próteses, respectivamente. O risco de complicações técnicas foi apontado como baixo, no período de observação de 5 anos, e significativamente maior em 10 anos de preservação, com uma maior incidência de perda de retenção.

Em um estudo semelhante, Nickenig e colaboradores⁴⁸ avaliaram os resultados clínicos de 224 pacientes portadores de próteses fixas e removíveis dento-implanto-suportadas. 14% dos pacientes apresentaram complicações técnicas, sem diferença estatisticamente significante entre os tipos de próteses, fixas ou removíveis. Os índices de sobrevida foram similares às próteses ancoradas somente por implantes, sendo que no período observado 3 implantes funcionais e 23 dentes

pilares foram perdidos (15 apresentavam tratamento endodôntico), tendo sido registrado um maior risco biológico para dentes desvitalizados.

Outro estudo clínico incluiu 23 pacientes portadores de prótese na região posterior da mandíbula, reabilitados com próteses implanto-suportadas em uma hemiarcada e dento-implanto-suportadas na outra hemi-arcada, para fins de comparação. Observou-se, num período de preservação de 10 anos, nenhuma influência negativa para as taxas de sucesso utilizando esta modalidade, embora implantes curtos foram considerados como de prognóstico menos favorável. Os autores concluem que a reabilitação conectando dentes e implantes na região posterior da mandíbula é um tratamento aceitável é indicado²⁴.

Numa revisão de literatura acerca da manutenção ou extração de dentes naturais, visando evitar combinações de dentes e implantes em uma mesma prótese, Lindh³⁶ realizou algumas considerações biomecânicas, considerando os achados clínicos e laboratoriais de diversos estudos publicados até o momento. Sobre o tipo de conexão, o autor afirmou que, apesar de permanecer uma questão controversa, tanto estudos *in vitro* como *in vivo* demonstraram que os momentos de força gerados no componente implantar são suficientes e toleráveis para acomodar as diferenças de mobilidade existentes, e que clinicamente a carga é distribuída uniformemente entre os dois tipos de pilares.

Acerca do fenômeno de intrusão dentária, o autor cita que sua verdadeira origem ainda não é conhecida, e sua significância e prevalência permanece conflitante nos diversos estudos publicados até então. A evidência clínica e experimental parece pontuar a utilização de conexões rígidas entre os pilares na prevenção da maioria dos casos de intrusão dentária.

2.4 Uso de Cantilever na Prótese Implanto Suportada

Uma prótese com cantilever pode ser comparada à um sistema de alavanca, sendo a extensão da prótese a partir do último pilar, o braço de potência da alavanca. O último pilar adjacente ao cantilever age como um fulcro, quando a carga é aplicada sobre a alavanca, e a distância entre os pilares representa o braço de resistência. O comprimento do cantilever (braço de potência) dividido pelo braço de resistência

representa a vantagem mecânica, que expressa a quantidade de força gerada aos pilares da prótese quando da aplicação de uma determinada força ao cantilever⁴¹ (Figuras 10 e 11).

É sabido que a presença de cantileveres aumenta a força transferida aos implantes, pilares protéticos, cimentos, parafusos e interface osso-implante. O comprimento do cantilever está diretamente relacionado à quantidade de força adicional aplicada ao pilar protético, estando hipoteticamente a reabilitação em risco aumentado de sofrer falha biomecânica⁴¹.

Misch⁴¹ sugere que os cantileveres devem ser utilizados apenas nos casos em que os fatores de força são baixos (por exemplo, em reabilitações anteriores, em pacientes com ausência de parafunção) e a densidade óssea é favorável, como na mandíbula. A complicação mais comum relatada pelo autor é a perda da cimentação do pilar mais distante do cantilever, uma vez que o cimento de fosfato de zinco é pouco resistente as forças de tração, sugerindo que o comprimento do cantilever não deve exceder à distancia entre os implantes pilares, visando minimizar a sobrecarga mecânica, e ainda, a oclusão sobre a porção de cantilever deve ser reduzida.

Estudos *in vitro* concluíram que próteses implanto-suportadas com cantilever geram uma maior concentração de estresse no osso marginal dos implantes, particularmente na crista óssea distal do implante mais próximo à extensão de cantilever⁵³, sendo maior a transferência de forças não-axiais aos implantes^{2,65}. E, quanto maior a extensão de cantilever, maiores serão as tensões geradas nos implantes próximos à ele, e portanto, maior será o comprometimento da infraestrutura metálica, da prótese e dos implantes²².

Existem diferenças biomecânicas inerentes ao tratamento com implantes com cantilever em arcos completamente edêntulos em relação à segmentos edêntulos posteriores, visto que a prótese parcial não se beneficia da estabilização bilateral no arco, sendo portanto, mais suscetível à forças de cisalhamento e tração⁶⁶.

Numa revisão sistemática da literatura, realizada por Zurdo e colaboradores, visando comparar as taxas de sobrevida e complicação de próteses fixas com ou sem cantilever num período de preservação igual ou superior à 5 anos, os autores concluíram que as taxas de sobrevida foram altas para as duas modalidades (91,9%

para próteses com cantilever *versus* 95,8% para próteses sem cantilever). Ainda, a causa mais comum de perda de próteses com cantilever foi a fratura de implantes, sendo que a incorporação de cantileveres foi associada à uma maior incidência de complicações técnicas que ocorreram no elemento protético, como pequenas fraturas da porcelana e afrouxamento do parafuso⁶⁶. Segundo os autores, a incorporação de cantiléveres em próteses implanto-suportadas não teve nenhum efeito significativo na quantidade de perda óssea peri-implantar, mesmo no implante próximo ao cantilever. Resultados similares foram reportados por Hälg e colaboradores²⁵, sendo que dois implantes fraturaram no período de observação (média de 5,3 anos), ambos com diâmetro reduzido (3,3mm). Estes achados também foram reportados por Romeo e colaboradores⁵⁴.

Em uma revisão semelhante, realizado com estudos que incluíram apenas pacientes reabilitados com próteses fixas com cantilever, visando identificar as complicações técnicas e biológicas num período de no mínimo 5 anos², as variáveis relacionadas à taxa de sobrevida da prótese implanto-suportada com cantilever foram o comprimento da extensão distal do cantilever e o uso de implantes de diâmetro reduzido, que também afetou a sobrevida de próteses fixas implanto-suportadas sem cantilever. As conclusões foram semelhantes aos estudos anteriores, tendo sido apontada a causa mais comum para a perda de próteses fixas com cantilever, a fratura do implante, ocorrendo entre 1,4% e 4,3% dos estudos selecionados. Houve uma discrepância significativa para a taxa de sobrevida das próteses sem nenhuma ocorrência clínica no período de preservação, sendo de 72% para as próteses fixas com cantilever e 86% para as próteses fixas sem cantiléver. Próteses fixas com cantilever tiveram uma maior incidência de complicações técnicas relacionadas à supra estrutura (20% *versus* 10%), sendo as ocorrências mais comuns pequenas fraturas da porcelana e afrouxamento do parafuso de retenção.

Os autores concluem, que uma prótese fixa com uma curta extensão de cantilever (uma unidade dentária) é uma terapia restauradora aceitável e deve ser considerada uma alternativa para pacientes que requerem procedimentos cirúrgicos reconstrutivos complexos, ou por razões estéticas.

Um estudo prospectivo de coorte, conduzido por Romeo e colaboradores⁵⁴, com 48 pacientes tratados com 59 próteses parciais fixas ancoradas por 116

implantes, num período de preservação médio de 8 anos, demonstrou que a taxa de sobrevivência para as próteses e implantes foi de 100%, com 90,5% dos implantes e 58% das próteses livres de complicações neste intervalo de tempo, respectivamente.

As complicações protéticas observadas consistiram em perda da cimentação da prótese em 3 casos, que foram re-cimentadas. 17 pacientes apresentaram fraturas da porcelana comprometendo a estética, num total de 22 próteses, que foram reparadas e colocadas em função novamente. A frequência de complicações protéticas foi significativamente maior para próteses com cantilever opostas à reabilitações implanto-suportadas do que aquelas opostas à dentição natural (58% versus 38%).

A perda óssea radiográfica variou entre 0,8mm a 1,2mm, sem diferenças estatísticas entre os vários grupos (comprimento e posição do cantilever, maxilar, natureza dos antagonistas e anos de preservação). A perda óssea média ao redor dos implantes foi compatível com os critérios de sucesso para implantes.

Os autores concluem afirmando que estas complicações técnicas não refletem um impedimento à reabilitação implanto-suportada com cantilever, devendo a oclusão do paciente ser regularmente avaliada, e se necessário, ajustada^{53,54}. Ainda, sobre a maior prevalência de complicações de ordem técnica encontradas no grupo dos pacientes reabilitados com cantileveres implantos-suportados, Hälg²⁵ enfatiza que, além das considerações oclusais, deve ser dirigida a máxima atenção para o adequado projeto e fabricação da supra-estrutura.

No estudo de Hälg²⁵, que avaliou as mudanças nos níveis ósseos de reabilitações com ou sem cantilever, não houve diferença entre a perda óssea do implante adjacente ao cantilever em relação ao implante distante deste, contrastando com os resultados dos estudos *in vitro* que demonstram que o implante adjacente ao cantilever sofre maiores tensões em relação ao distante dente, sendo hipoteticamente mais suscetível à perda óssea. Ainda, para o implante adjacente ao cantilever, o autor encontrou valores médios de perda óssea de 0,14mm para a face adjacente ao cantiléver, e 0,28mm para a face oposta (Figura 11).

Os resultados deste estudo apontam que a posição ou comprimento do cantilever não exerce influência significativa no prognóstico da reabilitação e no

nível ósseo marginal, embora o comprimento de cantilever nas próteses incluídas no estudo não tenha excedido uma unidade dentária. Dentes naturais ou próteses fixas sobre dentes naturais na dentição antagonista parecem não melhorar o prognóstico para os implantes que suportam uma prótese fixa com cantilever.

Em relação à associação de perda óssea ao comprimento do cantilever, Wennström e colaboradores⁶³, encontraram diferenças estatisticamente significantes para extensões maiores ou iguais a 12mm, em relação à extensões menores (0,63mm *versus* 0,02mm).

Hälg²⁵ e Wennström⁶³, encontraram alterações ósseas estatisticamente significantes para os diferentes maxilares, tanto para próteses fixas com e sem cantilever, sendo a perda óssea média maior na maxila em relação à mandíbula (0,33mm *versus* -0,4mm e 0,6mm *versus* 0,2mm respectivamente).

Embora os estudos demonstrem uma tendência de ocorrer maior perda óssea na interface dos implantes suportando próteses com cantilever, esta diferença não é estatisticamente significativa a ponto de comprometer a estabilidade óssea peri-implantar⁶³ (Figura 12).

A reabilitação de pacientes com próteses totais fixas implanto-suportadas foi tradicionalmente executada com a colocação de 4 a 6 implantes posicionados entre os forames mentonianos ou anteriormente aos seios maxilares (devido às limitações em termos de quantidade óssea posteriormente à estas regiões anatômicas), com a presença de cantileveres bilaterais distais. Os índices de sucesso reportados variam entre 90% e 100% para os implantes, com extensões de cantilever médias de 15mm bilateralmente^{16,29,54,31,32,65}.

4 DISCUSSÃO

Considerando a presente revisão de literatura realizada acerca da biomecânica e seu papel na Implantodontia, podemos inferir que, desde a validação e definição do papel da osseointegração na reabilitação oral, este permanece um tema controverso e muito investigado.

O conceito fundamental que norteia as investigações clínicas e laboratoriais acerca da biomecânica das próteses ancoradas sobre implantes é a diferença entre os mecanismos de inserção dos dentes naturais, providos de um ligamento periodontal que permite a absorção e dissipação das forças geradas em contatos dentários, e os implantes osseointegrados, que apresentam união direta ao tecido ósseo^{5,37,44,62}.

A ausência de um sistema de inserção especializado na interface peri-implantar, e conseqüente conexão direta ao osso, suscita dúvidas acerca deste tecido quanto ao seu potencial de assimilar as forças oclusais, as repercussões destas para a prótese sobre implantes e, principalmente, para o próprio tecido ósseo, uma vez postulada a teoria de que o osso, sob determinadas forças oclusais, poderia sofrer danos irreversíveis caracterizados por um processo contínuo de fibrose, tornando inviável a manutenção do implante instalado com o objetivo de ancorar o elemento protético^{28,41,42}.

Diversos estudos biomecânicos laboratoriais demonstraram o padrão distinto entre a distribuição das forças oclusais existente na prótese sobre implantes e

aquele propiciado pelo ligamento periodontal. Enquanto as forças tendem a ser distribuídas de maneira mais uniforme através da raiz dentária, e concentradas principalmente no terço médio desta, nos implantes as tensões concentram-se principalmente no terço cervical^{4,14,42,44}.

Esta constatação embasou a teoria proposta por Misch, de que a perda óssea verificada na crista de alguns implantes após colocados em função teria uma etiologia biomecânica, sendo que as forças acarretariam micro-fraturas ósseas com subsequente reabsorção, e seria auto-limitante uma vez que o tecido ósseo subjacente sofreria remodelação com aumento da densidade óssea para resistir à estas forças^{41,42}.

O autor citado é na atualidade um dos principais defensores da escola biomecanicista. De acordo com Misch^{41,42,43,44}, a identificação de fatores de risco de ordem biomecânica inerentes ao paciente e ao planejamento reabilitador constitui-se no principal desafio enfrentado pela implantodontia. Seguindo esta filosofia, o profissional é orientado a minimizar tanto quanto possível, o efeito dos chamados “amplificadores de força”, ou seja, situações clínicas que hipoteticamente propiciem maiores tensões aos implantes, como próteses com cantilever e união de dentes e implantes, tópicos abordados nesta revisão.

Dado o período relativamente recente da introdução dos procedimentos reabilitadores com implantes na odontologia, muitos conceitos acerca do papel desempenhado por agentes biológicos e biomecânicos no comprometimento da osseointegração ainda não estão totalmente elucidados, embora uma relação causa-efeito entre a infecção peri-implantar e o fracasso desta modalidade terapêutica tenha sido mais convincentemente documentada³⁷. Até o presente, complicações de ordem biomecânica parecem acarretar, na maioria dos casos, falhas de ordem técnica, como fratura do material protético e falhas ao nível da união prótese-implante, passíveis de reparo, sem prejuízo irreversível da interface osso-implante^{1,2,10,25,33,37,46,53}.

No que diz respeito à perda óssea alveolar em dentes naturais, a odontologia já atribuiu papel de maior relevância às forças oriundas de contatos oclusais. Acreditava-se que a má distribuição das forças ou a incidência destas de maneira diferente à um dado padrão oclusal “ideal” seria deletéria ao osso alveolar, e por si só justificava um ajuste terapêutico visando interceptar ou prevenir danos ao sistema de inserção e osso adjacente. Atualmente, as evidências na literatura

demonstram que o denominado “trauma oclusal”, por si só, não teria o potencial de iniciar e/ou perpetuar um processo de perda óssea progressiva, dada a capacidade do periodonto de se adaptar às diferentes demandas do sistema. Contudo, foi também documentado que dentes sujeitos à maior incidência de cargas acometidos por periodontite apresentam maior perda óssea associada em relação a uma infecção periodontal isolada, estabelecendo-se o trauma oclusal como um fator de risco no desfecho da doença periodontal³⁷.

Resguardadas as inerentes diferenças entre o dente e o implante, muitos fatores de risco parecem atuar de maneira similar no que tange ao comprometimento da saúde periodontal e peri-implantar. Assim, grupos de pacientes com história prévia de perda dentária por periodontite reabilitados com implantes apresentam maiores índices de insucesso em relação àqueles que perderam dentes por outros motivos. Ainda, o tratamento da peri-implantite é também fundamentalmente voltado ao controle do biofilme, e fatores sistêmicos ou hábitos agravantes à infecção periodontal também foram relacionados em diversos estudos como tendo igual relevância para a infecção peri-implantar, como *Diabetes mellitus* e tabagismo^{37,39}.

Neste contexto, não se pode menosprezar um determinado fator biológico ou biomecânico em detrimento a outro quanto à sua magnitude ou no prognóstico de uma reabilitação implanto suportada. A investigação destes fatores constitui-se de extrema importância no plano de tratamento ao paciente candidato à terapia com implantes^{35,37,41}.

Sobre os aspectos oclusais, verificamos que os conceitos clássicos da oclusão aplicada à prótese dento suportada são também postulados para a implantodontia, assim como os materiais dentários utilizados na confecção da supra estrutura protética são basicamente os mesmos, selecionados de acordo com o tipo e extensão do procedimento, bem como os resultados estéticos e funcionais esperados^{10,41}.

Uma variedade de configurações oclusais foi reportada por diversos estudos, com índices de sucesso semelhantes no desfecho clínico, demonstrando dificuldade em se definir um determinado padrão oclusal a ser reproduzido com vistas a otimizar o prognóstico^{10,38}.

A anatomia da prótese implanto suportada deve favorecer a dissipação axial das forças oclusais. Dentes posteriores devem ser confeccionados com cúspides rasas a fim de se evitar a incidência de contatos em vertentes cuspidicas inclinadas, gerando tensões de cisalhamento. Os contatos oclusais devem estar orientados para o sulco central, podendo a dimensão vestibulo-lingual da coroa estar reduzida para um melhor direcionamento das forças no sentido axial. Da mesma forma, a anatomia da face palatina dos dentes anteriores superiores ou a incisal dos antero-inferiores deve ser planejada de modo a redirecionar a resultante principal de forças no sentido do longo eixo do implante, sendo a desocclusão promovida por este segmento em movimentos excêntricos^{26,44,51}.

A união de dentes naturais e implantes em uma mesma prótese continua sendo um tema controverso na literatura, do ponto de vista biomecânico. Isto se deve a constatação de que, por terem graus muito distintos de mobilidade, os implantes estariam sujeitos à maiores momentos de força quando esplinados a dentes naturais^{5,11,12,46}, sendo que isto acarretaria uma conseqüente redução de sua mobilidade normal, o que desencadearia alterações periodontais, principalmente a intrusão dentária, reportada em graus variáveis em alguns estudos^{5,23,47,58}.

Estudos clínicos com períodos de proervação superiores à 10 anos para esta modalidade reabilitadora sugerem que, apesar da contra-indicação por muitos pesquisadores no passado, a prótese dento-implanto-suportada representa uma opção viável no tratamento do edentulismo parcial, nas situações em que os implantes isolados não propiciam um suporte oclusal adequado à prótese, ou procedimentos cirúrgicos para viabilizar a instalação de mais implantes estão contra-indicados^{24,34,36,47,48}. De modo geral, a incidência de falhas e complicações é maior para a prótese dento implanto suportada em relação à ancorada somente por implantes, sendo idealmente esta a primeira opção no tratamento do paciente parcialmente edêntulo.

A evidência clínica e experimental sugere que conexões rígidas sejam utilizadas entre os pilares na prevenção da maioria dos casos de intrusão dentária, ocorrência que foi associada em alguns estudos clínicos à presença de conectores semi-rígidos^{36,47}.

Outra condição biomecânica em Implantodontia que amplifica consideravelmente a resultante final de forças nos implantes é a presença de cantilever na prótese. Sua extensão é diretamente proporcional à tensão verificada nos implantes, atuando como um braço de alavanca que tem como fulcro o implante mais próximo à extremidade livre^{2,22,26,41,53,66}.

Resultados de diferentes ensaios clínicos apontam uma maior incidência de complicações técnicas menores e passíveis de ajuste na supra-estrutura de próteses implanto suportadas com cantilever, sem alterações ósseas clinicamente significantes em relação à prótese com pilares nas extremidades, tendo a perda óssea marginal sido relacionada ao comprimento exagerado do cantilever. A complicação mais freqüente relatada para os implantes é a fratura, tendo prevalência variável em torno de 1% a 4%^{2,25,54,63,65,66}.

A incorporação de extensões de cantilever em próteses implanto-suportadas deve ser considerada uma opção em situações onde as condições do rebordo ósseo residual contra-indicam a colocação de implantes, tendo como vantagens clínicas custo e tempo reduzidos de tratamento, dispensando cirurgias reconstrutivas complexas, e favorecendo a reabilitação em áreas de prioridade estética, onde o espaço para a inserção de dois implantes adjacentes é frequentemente limitado^{25,54,63}. Em próteses parciais fixas, o comprimento do cantilever não deve exceder uma unidade dentária, enquanto em reabilitações totais deve ficar limitado à 15 milímetros^{16,29,54,63,66}.

A Implantodontia como área recente de aplicação clínica tem ainda muitas questões a serem respondidas pela pesquisa. A biomecânica das próteses sobre implantes é um exemplo claro disso, tendo sofrido alterações conceituais desde os anos 80, uma vez que os conceitos teóricos e laboratoriais muitas vezes não são confirmados pelas informações clínicas. Portanto parece vivermos uma era ainda de transição e de achados que podem aumentar e melhorar a perspectiva de previsibilidade e sucesso desse tipo de procedimento reabilitador.

5 CONCLUSÃO

Considerando as limitações do presente estudo, as seguintes conclusões podem ser realizadas:

- Em estudos *in vitro* o comportamento biomecânico do implante sob carga difere significativamente do apresentado pelo dente, em termos de distribuição e absorção das forças, bem como o grau de mobilidade em relação à base óssea.
- Fatores relacionados à biomecânica parecem desempenhar um papel menor para a perda óssea adjacente à implantes osseointegrados, em relação a fatores biológicos. Contudo, fatores de risco biomecânico estão associados à maior ocorrência de complicações técnicas, como fratura do material protético, perda da retenção implante-prótese e em casos extremos, fratura do implante.
- A reabilitação implanto suportada tem as mesmas diretrizes oclusais postuladas para restaurações dento-suportadas, porém é desejável uma morfologia oclusal favorável à dissipação axial dos contatos oclusais em relação ao longo eixo do implante.
- A união de dentes naturais e implantes em uma mesma reabilitação protética parece ser uma opção viável quando existirem restrições à instalação de uma restauração puramente implanto suportada, estando indicada a conexão rígida entre os diferentes pilares no intuito de evitar a intrusão de elemento dentário.

- Do mesmo modo, um cantilever unilateral correspondente à um elemento dentário ou bilateral não excedendo 15mm parece ser uma terapia restauradora aceitável, quando o plano de tratamento contra indique a instalação de pilares em ambas as extremidades da prótese.

6 REFERÊNCIAS

1. ADELL, R. et al. Long-term follow-up study of osseointegrated implants in the treatment of totally edentulous jaws. **Int. J. Oral Maxillofac. Implants**. Chicago, v. 5, n. 4, p. 347-359, winter, 1990.
2. AGLIETTA, M et al. A systematic review of the survival and complication rates of implant supported fixed dental prostheses with cantilever extensions after an observation period of at least 5 years. **Clin. Oral Implants Res**. V. 20, n. 5, p. 441-451, may. 2009.
3. ALBREKTSSON, T. et al. The long-term efficacy of currently used dental implants: A review and proposed criteria of success. **Int. J. Oral Maxillofac. Implants**. Chicago, v. 1, n. 1, p. 11-25, summer 1986.
4. BAGGI, L. et al. Stress-based performance evaluation of osseointegrated dental implants by finite-element simulation. **Simulation Modelling Practice and Theory**. V. 16, n. 8, p. 971-987, sep. 2008.
5. BECKER, C.M.; KAISER, D.A.; JONES, J.D. Guidelines for splinting implants. **J. Prosthet. Dent**. V. 84, n. 2, p. 210-214, aug. 2000.
6. BRÅNEMARK, P.I. et al. Osseointegrated implants in the treatment of edentulous jaw. Experience from a 10-year period. **Scandinavian journal of plastic and reconstructive surgery**. Suppl. 16, p. 1-132. 1977.

7. BRUNSKI, J.B. Biomecânica. In: WORTHINGTON P.; LANG, B.R.; BUBENSTEIN, J.E. **Osseointegração na Odontologia: Uma Visão Geral**. 2. ed. São Paulo: Quintessence, 2005. Cap. 5, p. 50-78.
8. CAPUTO, A.A.; STANDLEE, J.P. **Biomechanics in clinical dentistry**. Chicago: Quinessence Publishing, 1987.
9. CARLSON B.; CARLSSON, G.E. Prosthodontic complications in osseointegrated dental implant treatment. **Int. J. Oral Maxillofac. Implants**. Chicago, v. 9, n. 1, p. 90-94, jan./feb. 1994.
10. CARLSSON, G.E.. Dental occlusion: modern concepts and their application in implant prosthodontics. **Odontology**. Hiroshima, v. 97, n. 1, jan. 2009.
11. CHUN-LI, L. et al. Evaluation of stress induced by implant type, number of splinted teeth, and variations in periodontal support in tooth-implant-supported fixed partial dentures: a non-linear finite element analysis. **J. Periodontol**. Chicago, v. 81, n. 1, p. 121-130, jan. 2010.
12. CHUN-LI, L.; WANG, J.G.; CHANG, W.J. Biomechanical interactions in tooth-implant-supported fixed partial dentures with variations in the number of splinted teeth and connector type: a finite element analysis. **Clin. Oral Implants Res**. V. 19, n. 1, p. 107-117, oct. 2007.
13. DEGIDI, M.; PIATTELLI, A.; CARINCI, F. Clinical Outcome of Narrow Diameter Implants: A Retrospective Study of 510 Implants. **J. Periodontol**. Chicago, v. 79, n. 1, p. 49-54, jan. 2008.
14. DJEBBAR, N. et al. Analysis of the effect of load direction on the stress distribution in dental implant. **Materials & Design**. V. 31, n. 4, p. 2097-2101, apr. 2010.
15. FEINE, J.S.; CARLSSON, G.E. **Implant Overdentures. The Standard of Care for Edentulous Patients**. Chicago: Quintessence. 2003. 172 p.
16. GALLUCCI, G.O. et al. Five-year results of fixed implant-supported rehabilitations with distal cantilevers for the edentulous mandible. **Clin. Oral Implants Res**. V. 20, n. 6, p. 601-607, mar. 2009.

17. GARG, A. Measuring patient satisfaction in dental-implant patients: part 1. **Dent Implantol Update**. V. 21, n. 5, p. 39-40, may 2010.
18. GOMES DE OLIVEIRA, S. Tooth displacement due to occlusal contacts: a three-dimensional finite element study. **J. Oral Rehab**. V. 33, n. 2, p. 874–880, nov. 2006.
19. GOODACRE, C.J. et al. Clinical complications in fixed prosthodontics. **J. Prosthet. Dent**. Chicago, v. 90, n. 1, p. 31-41, jul. 2003.
20. GOTFREDSEN, K.; BERLUNDH, T.; LINDHE, J. Bone reactions adjacent to titanium implants subjected to static load. A study in the dog (I). **Clin. Oral Implants Res**. V. 12, n. 1, p. 1-8, feb 2001.
21. GOTFREDSEN, K.; BERLUNDH, T.; LINDHE, J. Bone reaction adjacent to titanium implants subjected to static load of different duration. A study in the dog (III). **Clin. Oral Implants Res**. V. 12, n. 6, p. 552-558, dec. 2001.
22. GRECO, G.D. et al. Stress analysis on the free-end distal extension of an implant-supported mandibular complete denture. **Braz. Oral Res**. São Paulo, v. 23, n. 2, p. 175-181, apr./june 2009.
23. GROSS, M.D.; LAUFER, B.Z. Splinting osseointegrated implants and natural teeth in rehabilitation of partially edentulous patients. Part I: Laboratory and clinical studies. **J. Oral Rehab**. V. 24, n. 11, p. 863–870, nov. 1997.
24. GUNNE, J. et al. Tooth-implant and implant supported fixed partial dentures: a 10-year clinical report. **Int. J. Prosthodont**. V. 12, n.3, p. 216-221, may/jun. 1999.
25. HÄLG, G.A.; SCHMID, J.; HÄMMERLE, C.H.F. Bone level changes at implants supporting crowns or fixed partial dentures with or without cantilevers. **Clin. Oral Implants Res**. V. 19, n. 10, p. 983-990, oct. 2008.
26. HENRIQUES, S.E.F. **Reabilitação Oral: Filosofia, Planejamento e Oclusão**. São Paulo: Santos, 2003. 352 p.

27. HOSHAW, S.J.; BRUNSKI, J.B.; COCHRAN, G.V. Mechanical loading of Brånemark implants affects interfacial bone modelling and remodelling. **Int. J. Oral Maxillofac. Implants**. V. 9, p. 345–360, 1994.

28. ISIDOR, F. Loss of osseointegration caused by occlusal load of oral implants: A clinical and radiographic study in monkeys. **Clin. Oral Implants Res**. V. 7, n. 4, p. 143-152, dec. 1996.

29. JEMT, T. Fixed implant-supported prostheses in the edentulous maxilla. A five-year follow-up report. **Clin. Oral Implants Res**. V. 5, n. 3, p. 142-147, sep. 1994.

30. JOHANSSON, A. et al. Rehabilitation of the worn dentition. **J. Oral Rehab**. V. 35, n. 7, p. 548-566, jun. 2008.

31. KINSEL, R.P.; LISS, M. Retrospective analysis of 56 edentulous dental arches restored with 344 single-stage implants using an immediate loading fixed provisional protocol: Statistical predictors of implant failure. **Int. J. Oral Maxillofac. Implants**. Chicago, v. 22, n. 5, p. 823-830, sep. 2007.

32. KLINEBERG, J.; KINGSTON, D.; MURRAY, G. The bases for using a particular occlusal design in tooth implant-borne reconstructions and complete dentures. **Clin. Oral Implants Res**. V. 18, suppl. 3, p. 151-167, jun. 2007.

33. LAMBERT, F.E. et al. Descriptive Analysis of Implant and Prosthodontic Survival Rates With Fixed Implant–Supported Rehabilitations in the Edentulous Maxilla. **J. Periodontol**. Chicago, V. 80, n. 8, p. 1220-1230, aug. 2009.

34. LANG, N.P. et al. A systematic review of the survival and complication rates of fixed partial dentures (FPD's) after an observation period of at least 5 years. II. Combined tooth-implant supported FPD's. **Clin. Oral Implants Res**. V. 15, n. 6, p. 643-653, dec. 2004.

35. LEKHOLM, U.; ZARB, G.A. Patient Selection and Preparation. In: BRÅNEMARK, P.I.; ZARB, G.A.; ALBREKTSSON, T. **Tissue-integrated Prostheses: Osseointegration in Clinical Dentistry**. Chicago: Quintessence Publishing Co., 1985. Cap. 12, p. 199-209.

36. LINDH, T. Should we extract teeth to avoid tooth-implant combinations? **J. Oral Rehabil.** V. 35, suppl. 1, p. 44-54, jan. 2008.

37. LINDHE, J.; LANG, N.P.; KARRING, T. **Clinical Periodontology and Implant Dentistry.** 5. ed. Oxford: Blackwell Munksgaard, 2008. 1448 p.

38. LINDQUIST, L.W.; CARLSSON, G.E.; JEMT, T. A prospective 15-year follow-up study of mandibular fixed prostheses supported by osseointegrated implants: Clinical results and marginal bone loss. **Clin. Oral Implants Res.** V. 7, n. 4, p. 329-336, dec. 1996.

39. LINDQUIST, L.W.; CARLSSON, G.E.; JEMT, T. Association between marginal bone loss around osseointegrated mandibular implants and smoking habits: a 10-year follow-up study. **J. Dent. Res.** V. 76, n. 10, p. 1667-1674, oct. 1997.

40. LOBBEZOO, F.; VAN DER ZAAG J.; NAEIJE, M. Bruxism: its multiple causes and its effects on dental implants: an updated review. **J. Oral Rehab.** V. 33, n. 4, p. 293-300, apr. 2006.

41. MISCH, C.E. **Implantes Dentais Contemporâneos.** 3 ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2008. 1102 p.

42. MISCH, C.E et al. A Positive Correlation Between Occlusal Trauma and Peri-implant Bone Loss: Literature Support. **Implant Dent.** V. 14, n. 2, p. 108-116, jun. 2005.

43. MISCH, C.E. et al. Implant Success, Survival and Failure: The International Congress of Oral Implantologists (ICOI) Pisa Consensus Conference. **Implant Dent.** V. 17, n. 1, p. 5-15, mar. 2008.

44. MISCH, C.E.; BIDEZ, M.W. Considerações oclusais para a prótese implantossuportada: Oclusão implantoprotégida. In: MISCH, C.E. **Prótese Sobre Implantes.** São Paulo: Elsevier, 2006. Cap. 25, p. 472-510.

45. MIYATA, T. et al. The influence of controlled occlusal overload on peri-implant tissue. Part 3: A histologic study in monkeys. **Int. J. Oral Maxillofac. Implants.** Chicago, v. 13, n. 3, p. 425-431, may/jun. 2000.

46. MENICUCCI, G. et al. Tooth-implant connection: some biomechanical aspects based on finite element analyses. **Clin. Oral Implants Res.** V. 13, n. 3, p. 334-341, jun. 2002.

47. NÄERT, I.E. et al. Freestanding and tooth-implant connected prostheses in the treatment of partially edentulous patients. Part I: An up to 15-years clinical evaluation. **Clin. Oral Implants Res.** V. 12, n. 3, p. 245-251, jun. 2001.

48. NICKENIG, H.J. et al. Survival and complication rates of combined tooth-implant-supported fixed and removable partial dentures. **Int. J. Prosthodont.** V. 21, n.2, p. 131-137, mar./apr. 2008.

49. NYMAN, S.; LANG, N.P. Tooth mobility and the biological rationale for splinting teeth. **Periodontol. 2000.** V.4, p. 15-22, feb. 1994.

50. PIATELLI, A. et al. A histologic and histomorfometric study of bone reactions to unloaded and loaded non-submerged single implants in monkeys: a pilot study. **J. Oral Implantol.** V. 19, n. 4, p. 314-320, 1993.

51. RENOUEARD, F.; RANGERT, B. **Risk factors in implant dentistry. Simplified clinical analysis for predictable treatment.** Chicago: Quintessence Books, 1999. 176 p.

52. REILLY, D.T.; BURSTEIN, A.H. The elastic and ultimate properties of compact bone tissue. **J. Biomech.** V. 8, n. 6, p. 393-402, 1975.

53. ROMEO, E. et al. Implant-supported fixed cantilever prosthesis in partially edentulous jaw: a cohort prospective study. **Clin. Oral Implants Res.** V. 20, n. 11, p. 1278-1285, nov. 2009.

54. ROMEO, E. et al. Implant-supported fixed cantilever prostheses in partially edentulous arches. A seven-year prospective study. **Clin. Oral Implants Res.** V. 14, n. 3, p. 303-311, jun. 2003.

55. SCHWARZ, S. et al. Early loading of implants with fixed dental prostheses in edentulous mandibles: 4.5-year clinical results from a prospective study. **Clin. Oral Impl. Res.** V. 21, n. 3, p. 284-289, mar. 2010.

56. SPIEKERMANN, H. **Implantodontia.** Porto Alegre: Artmed. 2000.

57. SULLIVAN, D. Prosthetic considerations for the utilization of osseointegrated fixtures in the partially edentulous arch. **Int. J. Oral Maxillofac. Implants**. Chicago, v. 1, n. 1, p. 39-45, summer 1986.
58. TANGERUD, T.; GRONNINGSATER, A.G.; TAYLOR, A. Fixed partial dentures supported by natural teeth and Branemark system implants: a 3-year report. **Int. J. Oral Maxillofac. Implants**. Chicago, v. 17, n. 2, p. 212-219, mar./apr. 2002.
59. TAYLOR, T.D.; WIENS, J.; CARR, A. Evidence-based considerations for removable prosthodontic and dental implant occlusion: a literature review. **J. Prosthet. Dent**. Chicago, v. 94, n. 6, p. 555-560, dec. 2005.
60. TOLSTUNOV, L. Dental Implant Success-Failure Analysis: A Concept of Implant Vulnerability. **Implant. Dent**. V. 15, n. 4, p. 341-346.
61. TRULSSOM, M. Sensory-motor function of human periodontal mechanoreceptors. **J. Oral Rehabil**. V. 33, n. 4, p. 262-273, apr. 2006.
62. WADA, S. et al. Effect of loading on the development of nerve fibres around oral implants in the dog mandible. **Clin. Oral Implants Res**. V. 12, n. 3, p. 219-224, jun. 2001.
63. WENNSTRÖM, J. et al. Bone level change at implant-supported fixed partial dentures with and without cantilever extension after 5 years in function. **J. Clin. Periodontol**. V. 31, n. 12, p. 1077-1083, dec. 2004.
64. WOOD, M.R.; VERMILYEA, S.G. A review of selected dental literature on evidence-based treatment planning for dental implants: report of the Committee on Research in Fixed Prosthodontics of the Academy of Fixed Prosthodontics. **J Prosthet. Dent**. V. 92, n. 5, p. 447-462, nov. 2004.
65. ZARB, G.A.; SCHMITT, A. The edentulous predicament I: A prospective study of the effectiveness of implant-supported fixed prostheses. **J Am. Dent. Assoc**. V. 127, n. 1, p. 59-65, jan. 1996.

66. ZURDO, J.; ROMÃO, C.; WENNSTRÖM, J. Survival and complication rates of implant-supported fixed partial dentures with cantilevers: a systematic review. **Clin. Oral Implants Res.** V. 20, suppl. 4, p. 59-66, sep. 2009.

7 ANEXOS

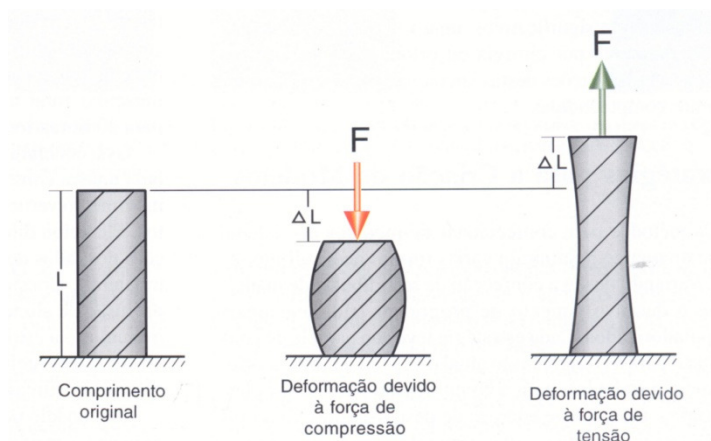


Figura 1: Deformação sofrida por um corpo quando da aplicação de forças do tipo compressão e forças tensivas.

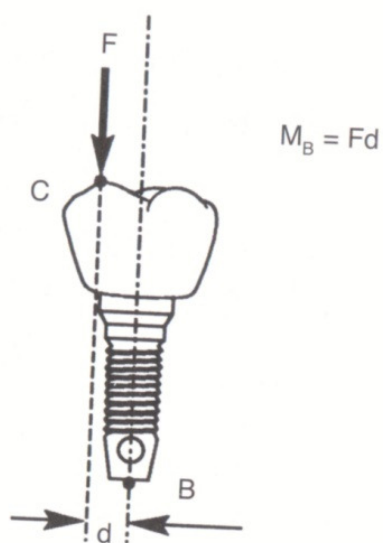


Figura 2: Forças não axiais aplicadas na prótese geram momentos de força proporcionais à distância do longo eixo do implante.

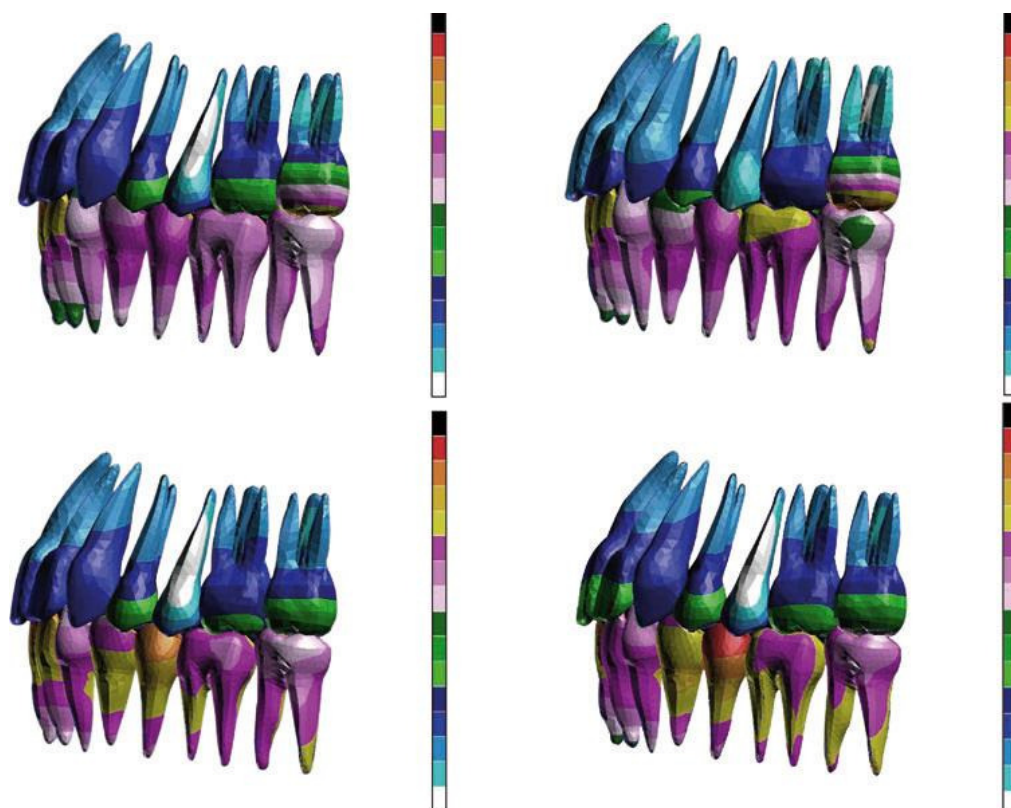


Figura 3: Análise de elemento finito demonstrando a distribuição das forças em dentes submetidos à contatos oclusais. Devido às características biomecânicas dos tecidos dentários, as tensões distribuem-se no longo eixo dos dentes¹⁸.

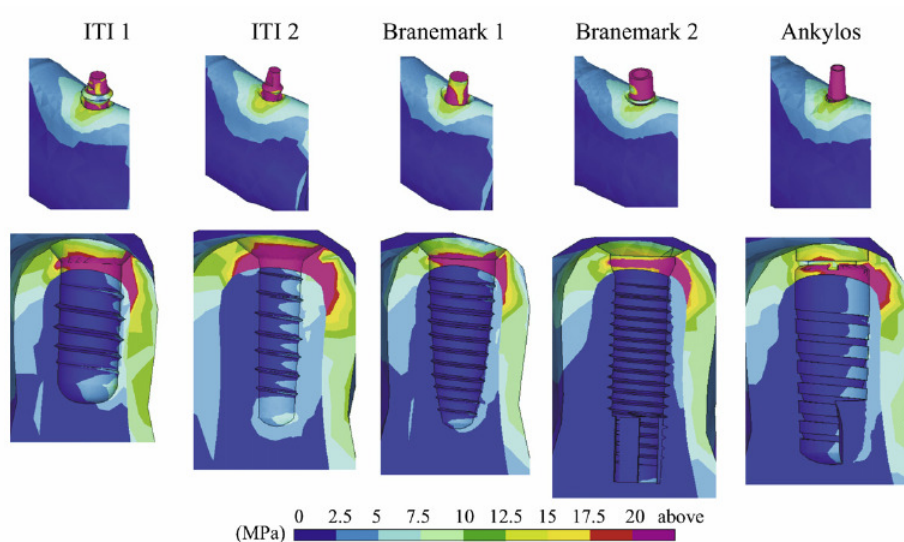


Figura 4: Análise de elemento finito em implantes mandibulares experimentalmente submetidos à forças oclusais. Independentemente do sistema de implante, as forças tendem a se concentrar na região da crista óssea, aproximadamente nos 5mm iniciais da junção implante-osso.

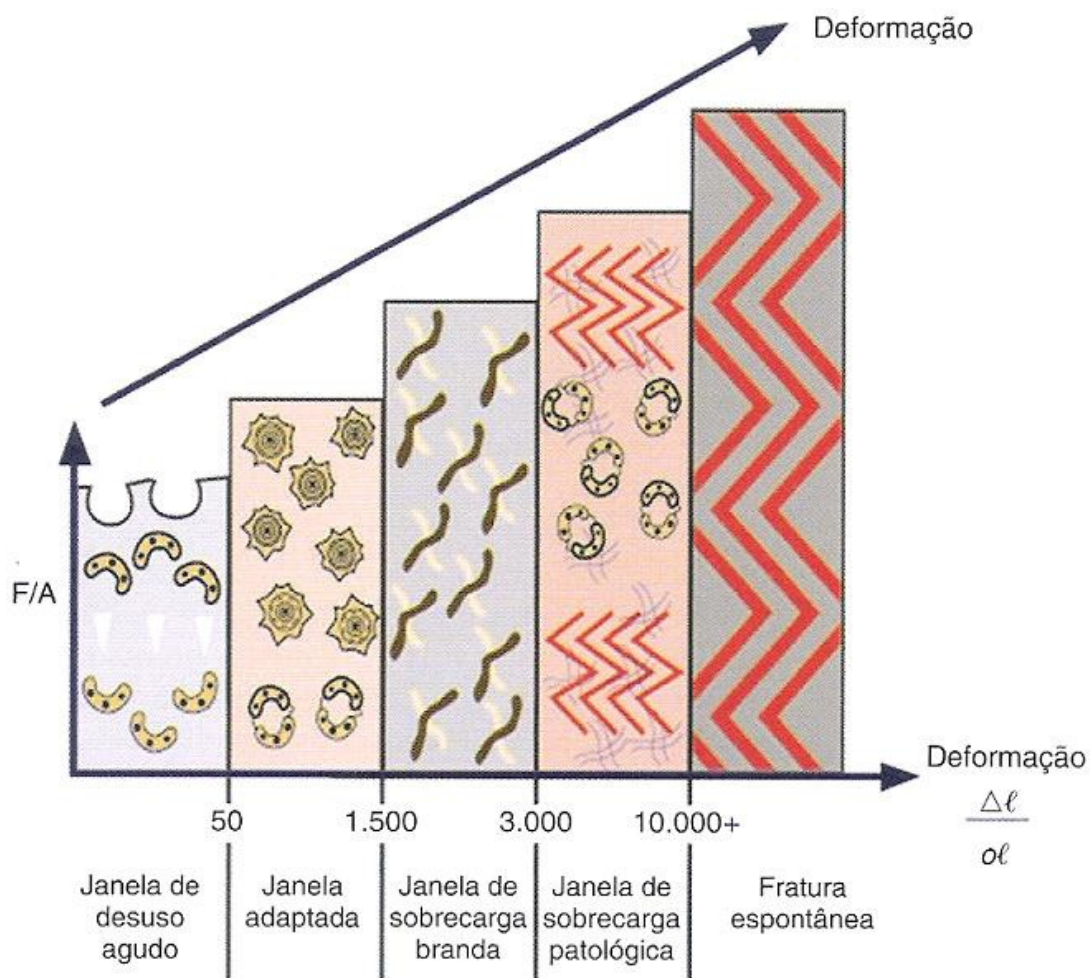


Figura 5: Esquema proposto por Misch (2008)⁴¹, ilustrando a resposta óssea associada à magnitude da tensão (F/A) e deformação correspondente. De acordo com o autor, a zona de sobrecarga branda provocaria microfraturas desencadeando um aumento na remodelação óssea, produzindo um osso mais mineralizado, enquanto a zona de sobrecarga patológica levaria a um aumento nas fraturas associadas à fadiga, com conseqüente reabsorção óssea.

A integridade da interface implante-osso é mantida estável através da remodelação óssea com um contínuo processo de micro-trauma e reparo²⁷.

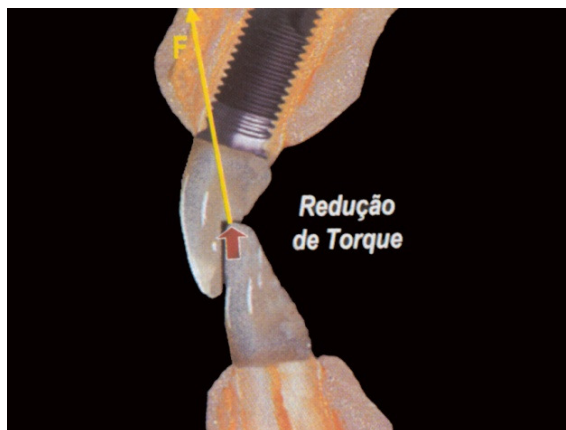


Figura 6: Design modificado da face palatina do incisivo superior, redirecionando o vetor de força mais próximo ao eixo axial do implante²⁶.

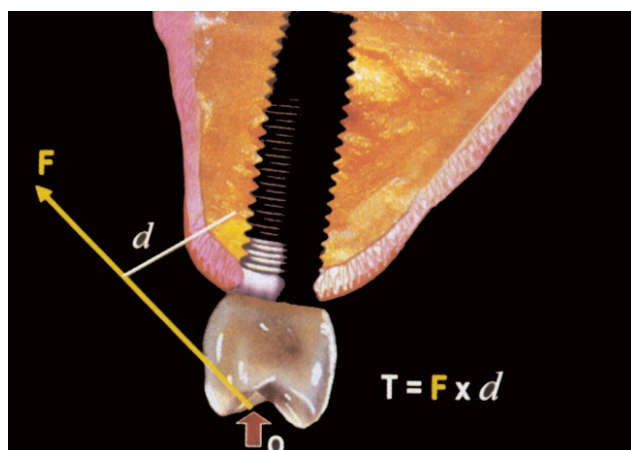


Figura 7: Cúspides muito anguladas propiciam a incidência de forças não axiais, aumentando a tensão total²⁶.

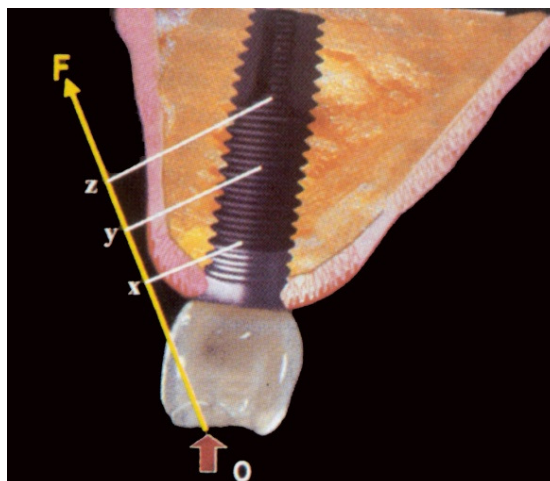


Figura 8: Cúspides planas favorecem a ocorrência de contatos mais próximos do longo eixo do implante, reduzindo as tensões geradas no implante ²⁶.

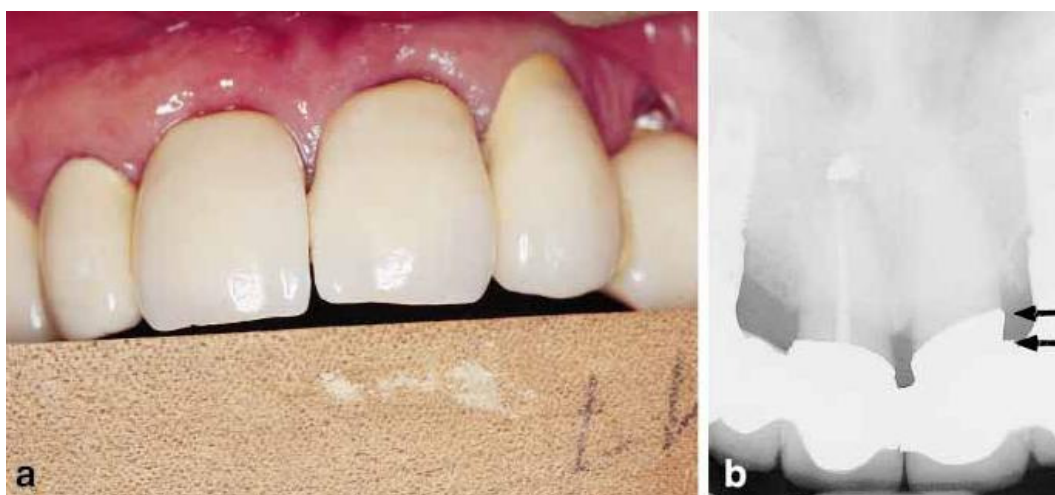


Figura 9: Aspecto clínico da intrusão dos dentes 21 e 22, e radiografia demonstrando a intrusão do 21, em próteses dento-implanto-suportadas de diferentes pacientes ⁴⁷.

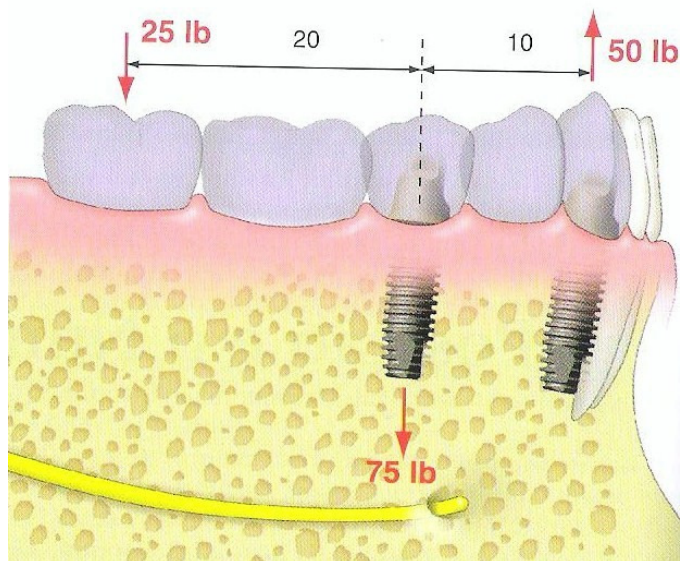


Figura 10: Representação esquemática do efeito de uma porção de cantiléver sobre a distribuição das cargas para os implantes pilares: a vantagem mecânica é proporcional à distância do cantiléver ao implante mais próximo e à distância inter-implantes⁴¹.

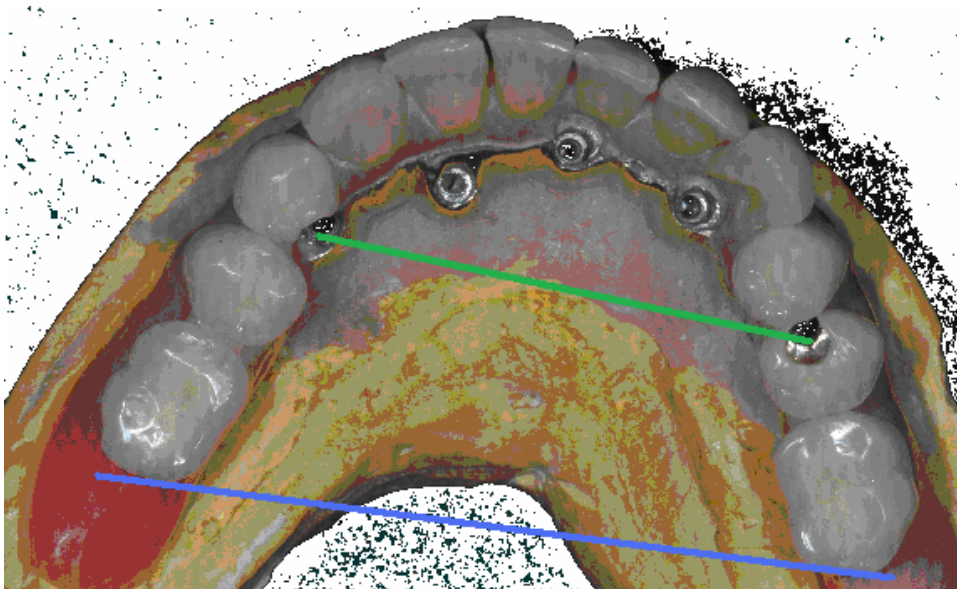


Figura 11: Vista oclusal de uma prótese fixa com cantiléver bilateral. A linha verde representa o braço de resistência, distância intermaxilar compreendida pelos implantes distais, enquanto o intervalo entre as linhas azul e verde representa o braço de potência, distância entre dos pilares distais às extremidades da prótese.

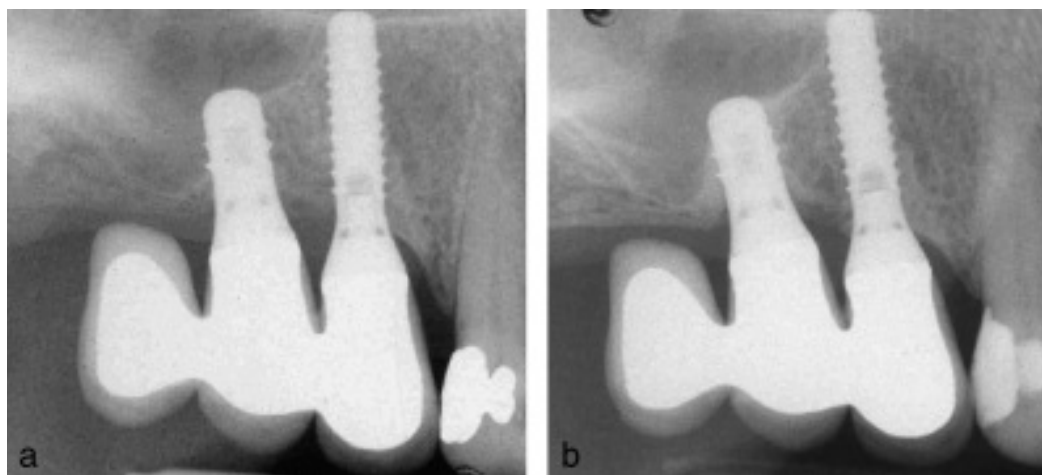


Figura 12: Radiografia de um cantilever distal suportado por dois implantes com plataforma de 4,1mm e 3,3mm, no momento da colocação da prótese (a) e após 4 anos e 6 meses em função (b)²⁵.

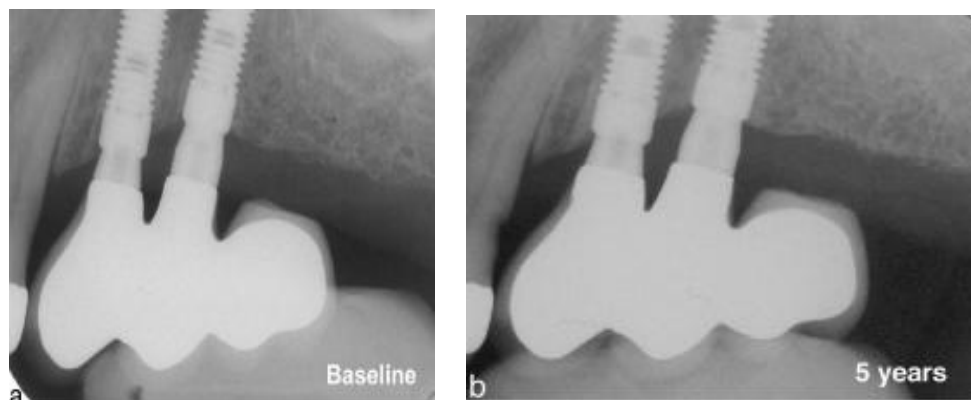


Figura 13: Radiografia de prótese fixa com cantiléver distal (a); preservação após 5 anos (b)⁶³.