

# Modificações na superfície dos implantes dentários: da pesquisa básica à aplicação clínica

*Dental implant surface treatment: basic research and clinical cases*

Carlos Nelson Elias (autor convidado)\*  
José Henrique Cavalcanti Lima\*\*  
Mychelle Vianna dos Santos\*\*\*

## RESUMO

Os mecanismos que induzem a adesão óssea ou a união entre o implante e o osso não são perfeitamente conhecidos. Os resultados das pesquisas mostram que a taxa de osseointegração dos implantes de titânio comercialmente puro e o índice de sucesso estão relacionados à composição química e à rugosidade da superfície. Os implantes com rugosidades superficiais possuem maior estabilidade primária e modificam os mecanismos de interação das células com sua superfície em relação aos com superfícies lisas. Quanto à composição química das superfícies dos implantes, as enriquecidas com cálcio, fósforo, flúor, nanopartículas de hidroxiapatita ou de fosfato de cálcio favorecem e promovem o processo de cicatrização e de deposição óssea. O presente trabalho tem como objetivos apresentar resultados de pesquisas básicas, analisar os parâmetros da superfície dos implantes que influenciam na adsorção, absorção e diferenciação das células que atuam na osseointegração, descrever os diferentes tratamentos das superfícies e apresentar resultados clínicos com carga precoce obtidos com implantes tratados com ácido e anodizado instalados em locais com elevação do seio e enxerto.

**Unitermos** - Superfície de implantes; Levantamento de seio maxilar; Implante anodizado; Tratamento com ácido.

## ABSTRACT

*The mechanisms that induce bone adhesion to the implant are not fully known. The researches results show that the commercially pure titanium implant osseointegration and the success are related to the chemical composition and the roughness of the implant surface. The implants with roughness surface have higher primary stability than machined one. The chemical surface composition enriched with calcium, phosphorus, fluoride, nanoparticles of hydroxyapatite or calcium phosphate, improve the healing process and promote bone deposition. Sometimes these surfaces are called osseoinductives. The surface treatment of commercially implants increases the adsorption of proteins that lead to mineralization in the bone-implant interface. The aims of this paper is to present results of basic research in order to identify the parameters of the implants surface that influence the adsorption, absorption and differentiation of cells that act in osseointegration and describe the different dental implant surface treatments. The purpose of this study was also to evaluate the clinical success of placing acid treated and anodized dental implants in the maxilla following the sinus augmentation.*

**Key Words** - Implant surface; Sinus augmentation; Anodized implant; Acid treatment.

\* Doutor em Ciência dos Materiais, Laboratório de Biomateriais, Instituto Militar de Engenharia, Rio de Janeiro/ RJ.

\*\* Mestre em Implantodontia, Inco 25, Rio de Janeiro/RJ.

\*\*\* Doutoranda em Ciência dos Materiais, Laboratório de Biomateriais, Instituto Militar de Engenharia, Rio de Janeiro/RJ.

## Introdução

Ao longo dos últimos 20 anos, os implantes dentários osseointegráveis passaram por modificações significativas de geometria para aumentar a ancoragem das próteses e tratamentos de superfície para reduzir o tempo de carregamento com segurança. No início da Implantodontia, as pesquisas eram feitas por tentativa e erro, sendo analisadas várias formas e superfícies dos implantes; alguns implantes não apresentaram o resultado desejado e foram abandonados. As pesquisas *in vitro* e *in vivo*, complementadas pelo uso clínico, ajudaram a conhecer o comportamento e transferência das cargas entre a prótese e o implante, auxiliaram no entendimento da interação das células ósseas e dos tecidos e forneceram subsídios para selecionar as melhores formas e superfícies. Com base nesses conhecimentos foi possível prever o comportamento dos implantes.

O conhecimento dos mecanismos envolvidos na osseointegração ainda não é total, especialmente quanto à interação inicial das células com a superfície dos implantes. Como consequência desta evolução, a Implantodontia induziu a quebra de paradigmas e modificações no planejamento dos tratamentos dentários, influenciando diferentes áreas da Odontologia. A colocação dos implantes dentários exige a participação de profissionais das diferentes áreas e não apenas dos implantodontistas. No planejamento, é essencial a participação do protesista e, em alguns casos, há necessidade da cooperação do ortodontista, periodontista e outros especialistas.

No Brasil, o número de procedimentos para instalação dos implantes dentários osseointegráveis aumentou consideravelmente nos últimos 20 anos. Este crescimento tem sido da ordem de 20% ao ano, alcançando a ordem de 500 mil implantes no ano de 2007. O crescimento do mercado deve-se à instalação de várias empresas brasileiras a partir de 1990, desenvolvimento de pesquisas com significativa contribuição das universidades e outras instituições de ensino, melhoria da qualidade dos implantes e aumento do número de profissionais habilitados.

Vários profissionais desejam que os implantes apresentem osseointegração em menor tempo. Para atender esta expectativa deve-se considerar que o organismo tem um tempo mínimo para realizar as reações que levam à osseointegração. No entanto, mediante modificações na superfície do implante no que se refere à geometria, topografia, rugosidade e composição química, é possível aumentar a concentração das células envolvidas na osseointegração. Com este procedimento é possível reduzir o tempo para se ter uma interface osso-implante com resistência mecânica adequada para suportar as cargas mastigatórias. Além disto, com as modificações propostas dos implantes, houve necessidade de alterar a técnica e os instrumentos cirúrgicos. Por exem-

plo, em função de algumas formas do implante, o emprego de *countersink* não deve ser usado; a irrigação preconizada durante a instalação dos implantes não é indicada para os implantes com superfície anodizada.

A aposição do osso na superfície do titânio é crítica para permitir o carregamento precoce dos implantes. Durante o período de cicatrização, principalmente na fase inicial de osseointegração, os fatores de biomecânicos relacionados à prótese e à higiene realizada pelo paciente são cruciais para o sucesso dos implantes. As empresas fabricantes de implantes dentários desenvolveram uma variedade de superfícies com diferentes composições químicas e rugosidades para permitir a carga imediata do implante e a instalação em áreas com menor densidade e qualidade ósseas. Porém, existem controvérsias sobre as características ótimas destas superfícies em relação à cinética da osseointegração.

As diferenças das superfícies dos implantes comerciais estão associadas à rugosidade, composição química, energia superficial, potencial químico, nível de encruamento, presença de compostos metálicos e não metálicos, existência de impurezas e espessura da camada de óxido.

No presente trabalho são apresentados os mecanismos envolvidos na interação das células com a superfície dos implantes, faz-se a análise do tempo de osseointegração, da resistência da interface osso-implante e das propriedades da superfície dos implantes comerciais, discute-se os métodos de tratamento da superfície, apresenta-se as propriedades físicas dos implantes comerciais e mostra-se a morfologia superficial e resultados clínicos obtidos com o emprego dos implantes tratados com ácidos e anodizados instalados em regiões enxertadas.

### Interação das células com a superfície dos implantes

O sistema de formação de coágulos é uma reação natural do organismo para reduzir o processo de sangramento. Simultaneamente, há uma reação inflamatória para reparação do tecido que sofreu a injúria. Estes eventos são importantes para entender a osseointegração, uma vez que, imediatamente após a instalação, os implantes de titânio interagem com os fluidos biológicos e com tecidos, dando início à osseointegração. É nesta fase que as propriedades físicas, rugosidade, molhabilidade e composição química da superfície do implante têm importância primordial.

A osseointegração está associada às respostas celulares que contribuem para a formação de osso em superfícies aloplásticas. As reações iniciais entre os tecidos e a superfície dos implantes governam as reações futuras e determinam a atividade biológica da superfície e a resposta celular. A resposta celular depende das propriedades da superfície, que influenciam na natureza da composição subsequente do filme de proteínas que é adsorvido na superfície do implante<sup>1-2</sup>.

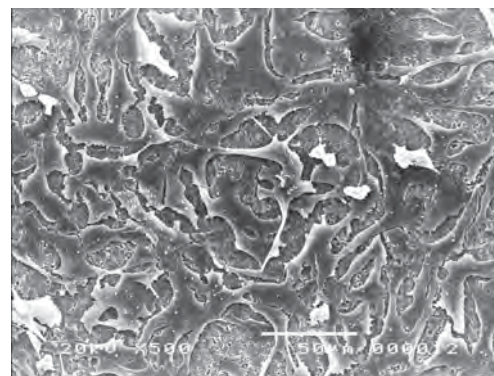
As células ao entrarem em contato com a superfície de materiais aloplásticos identificam se a superfície é de um biomaterial ou não. Não sendo biomaterial, as células desencadeiam reações para rejeitar a presença daquele corpo estranho. No caso da superfície ser identificada como sendo de um biomaterial, imediatamente as células fazem o reconhecimento do tipo e composição química do biomaterial. Em função das respostas celulares, os biomateriais podem ser classificados como bionerte (aço inoxidável, liga Co-Cr, alumina, zircônia etc.), bioativo (Ti, Nb e Ta) ou biorreativo (hidroxiapatita, fosfato de Ca, biovidro etc.). Uma segunda classificação dos biomateriais, seguindo a mesma ordem, seria biotolerante, bioinerte e bioativo. Com base no primeiro critério de classificação, o titânio comercialmente puro é bioativo e para o segundo é bioinerte. No presente trabalho será adotada a primeira classificação.

Os materiais bioinertes não são rejeitados pelo organismo e as células induzem a formação de uma cápsula de tecido fibroso ao redor do biomaterial. Para os materiais bioativos, em especial o titânio comercialmente puro (Ti cp), as células induzem a uma resposta biológica específica na superfície do biomaterial para identificar o tamanho da rugosidade. Com base na identificação da rugosidade, as células iniciam diferentes reações e com diferentes velocidades. Nas superfícies de titânio lisas (rugosidades inferiores a 0,5  $\mu\text{m}$ ) há ligação de fibroblastos. Nas superfícies com rugosidade entre 0,5  $\mu\text{m}$  e a 1,5  $\mu\text{m}$ , há a adesão de osteoblastos. Ou seja, não basta que a célula identifique a presença do Ti cp para ocorrer a osseointegração, as reações que são desencadeadas na superfície dependem da rugosidade superficial. Cada superfície provoca uma reação específica com várias fases que ocorrem simultaneamente<sup>3-4</sup>.

Procura-se ter controle das características da superfície dos implantes para garantir adequada adsorção de proteínas, adesão, espalhamento, crescimento e ativação celular. Portanto, o emprego do titânio na fabricação dos implantes dentários não é suficiente para garantir a osseointegração, a rugosidade deve ter valores capazes de atrair células específicas que levam à deposição óssea e mineralização. É importante que ocorra uma resposta específica dos tecidos. Na região em contato com tecidos duros, a superfície do implante deve ter rugosidade para favorecer a atração e adesão de osteoblastos. Na região de contato com tecidos moles, a superfície deve ser lisa para permitir a aderência de fibroblastos.

Independendo do nível da rugosidade, as células não se ligam diretamente à superfície do material bioativo. A ligação ocorre por meio de glicoproteínas da matriz extracelular (MEC). Para esta ligação ocorrer, há necessidade da presença de receptores, entre eles as integrinas. Como mostrado na Figura 1, nos trabalhos *in vitro*, a adesão das células é observada pelo seu espalhamento e reorganização das proteínas

do citoesqueleto. Nos pontos de contato das células com o biomaterial ocorrem trocas de informações com a MEC; esta troca de sinais resulta em ativação gênica, espalhamento e remodelamento das células. A cada gene ativado resulta em nova função no processo de adesão. Quando o biomaterial está revestido por glicoproteínas ou por fragmentos reconhecíveis pela célula e, havendo a adsorção, há início de uma cascata de reações de sinalização intracelular, a qual induz o espalhamento da célula, a secreção de enzimas, mitose e outras funções. O entendimento destes mecanismos é importante para a análise da osseointegração, uma vez que os osteoblastos são células que dependem de ancoragem e da presença de rugosidade.

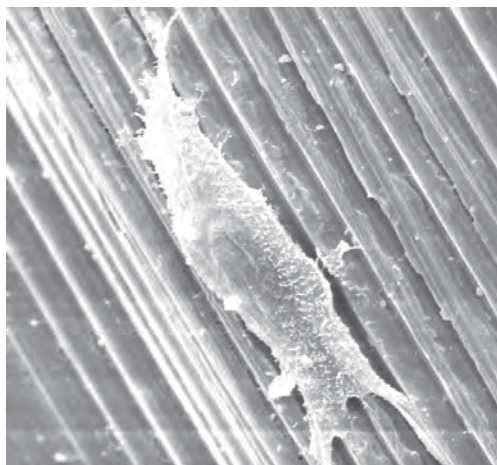


**Figura 1**  
Células osteoblásticas espalhadas na superfície de um implante de titânio. O espalhamento é um indicativo de que a superfície é biocompatível.

Mesmo com os estudos e pesquisas realizados, a exata influência das propriedades tribológicas dos implantes (rugosidade, energia, composição química, molhabilidade) nos mecanismos envolvidos na osseointegração não são totalmente conhecidos. O número de parâmetros e características da superfície que influenciam na interação das células com a superfície dos implantes é grande e raramente são executados estudos clínicos que analisam separadamente cada parâmetro.

### Rugosidades dos implantes osseointegráveis

A rugosidade da superfície influencia na interação das células com o implante mediante modificação na proliferação, diferenciação, síntese da matriz extracelular, produção de fatores locais e morfologia celular. O tipo de rugosidade altera a adesão das células, direção e velocidade-crescimento, organização do citoesqueleto, organização da matriz extracelular e na expressão dos genes, principalmente da fibronectina e metaloproteína. Mostra-se na Figura 2 um osteoblasto indicando que o crescimento ocorre na direção da marca da ferramenta. Os osteoblastos são células de origem mesenquimal, e são sensíveis às propriedades da superfície que apresentam rugosidade.



**Figura 2**  
Osteoblasto crescendo na direção da marca da ferramenta.  
Foto cedida por Fábio Gonçalves (www.topconsult.com.br).

As rugosidades dos implantes permitem maior ligação e entrelaçamento das fibrinas e cria caminhos para a migração das células adjacentes em direção à superfície do implante<sup>4</sup>. Os tratamentos das superfícies são realizados para alterar a morfologia superficial, atrair e permitir as ligações com as células pré-osteogênicas, entre elas a fibronectina. Com o aprisionamento da fibronectina na superfície do implante, esta célula serve de ponte de atração e ligação com as células pré-osteoblásticas. Procura-se obter propriedades superficiais adequadas para se ter maiores concentrações possíveis de proteínas. Apesar da morfologia e a rugosidade dos implantes influenciarem na diferenciação das células mesenquimais em osteoblastos, fibroblastos ou condrócitos, não se conhece todos os mecanismos envolvidos. Sabe-se que a remodelação das células depende da adaptação contínua em relação às cargas funcionais e reparação dos danos advindos de sobrecargas na interface<sup>4</sup>.

Vários autores<sup>3-11</sup> analisaram a importância da rugosidade da superfície dos implantes de titânio comercialmente puro na taxa de osseointegração e na fixação biomecânica. Alguns níveis de rugosidades da superfície dos implantes foram propostos e modificados ao longo dos anos como sendo as ideais para a osseointegração.

A rugosidade das superfícies pode ser quantificada por vários parâmetros; o mais usado é o parâmetro Ra, o qual representa o valor médio aritmético do tamanho dos picos e vales existentes na superfície em relação a uma linha média imaginária calculada<sup>5</sup>. Quanto ao tamanho da rugosidade dos implantes, pode-se dividi-la em três níveis: macrorrugosidade, microrrugosidade e nanorrugosidade. A macrosidade com ordem de grandeza de milímetro não influencia na osseointegração, mas afeta a distribuição das forças para o osso e na estabilidade do implante.

A rugosidade encontrada nos implantes revestidos com uma camada de plasma spray de óxido de titânio é superior a 2  $\mu\text{m}$ . O nível de rugosidade destes implantes encontra-se em desuso.

As rugosidades inferiores a 0,4  $\mu\text{m}$  são consideradas lisas e não têm benefício algum para a ancoragem dos implantes uma vez que a rugosidade é pequena para ter osseointegração. Este nível de rugosidade é usado em pilares protéticos e na região do colar do implante. Esta rugosidade facilita a deposição de tecidos moles e reduz a retenção de biofilme<sup>9</sup>.

As rugosidades entre 0,5  $\mu\text{m}$  e 1,0  $\mu\text{m}$  são encontradas nos implantes usinados e foram usadas na maioria dos implantes anteriores a 1995. No implantes usinados a ligação osso-implante ocorre devido à presença das ranhuras.

Na região do segmento subepitelial, a rugosidade em torno de 1,0  $\mu\text{m}$  permite a adesão do tecido conjuntivo subepitelial. Para a região endóssea, a superfície do implante deve induzir a regeneração e a remodelação óssea, promover ótima distribuição de cargas, aumentar a área de contato e levar à máxima deposição celular.

Alguns pesquisadores<sup>10</sup> sugeriram que os implantes com rugosidade entre 1  $\mu\text{m}$  e 1,5  $\mu\text{m}$  seriam os ideais com relação à capacidade de resistir à remoção por cisalhamento. Para outros pesquisadores<sup>8</sup> a superfície ideal deve ter microcavidades com profundidade de 1,5  $\mu\text{m}$  e diâmetro de 4  $\mu\text{m}$ .

Trabalho realizado<sup>12</sup> mostrou que os implantes como usinados tinham rugosidade entre 0,5  $\mu\text{m}$  e 1,0  $\mu\text{m}$  e os com a superfície tratada com ácido apresentavam rugosidade média entre 0,54  $\mu\text{m}$  e 1,97  $\mu\text{m}$ . A rugosidade dos implantes jateados variava entre 0,84  $\mu\text{m}$  e 2,12  $\mu\text{m}$  e dos implantes com a superfície oxidada o valor de  $R_a$  estava acima de 2,0  $\mu\text{m}$ . Outros pesquisadores sugerem o emprego de implantes com superfície contendo rugosidades na escala de micrometro e nanometro<sup>13-15</sup>. Os resultados dos estudos *in vitro* mostraram que a ligação das células osteoblásticas melhora com rugosidades submicrométricas. Os prolongamentos das células (filopodia) entram nos poros nanométricos para a ligação inicial dos osteoblastos. Esta escala de rugosidade também seleciona as células disponíveis no meio para fazer ligação com a superfície. Para a osseointegração deve-se dar preferência para a ligação dos osteoblastos na superfície do implante. Ou seja, na superfície com nanorrugosidade ocorre ligação seletiva das células na superfície, melhorando o processo de cicatrização inicial em torno do implante.

### Controle do óxido de titânio

A superfície do titânio metálico exposta ao meio aquoso, em contato com fluidos corpóreos ou com qualquer ambiente oxidante possui um filme de óxido de recobrimento. Este filme protege o substrato da dissolução contínua.

O filme de óxido de titânio, formado de modo espon-tâneo, também conhecido como óxido de titânio nativo, tem alta densidade, boa aderência no substrato, grande resistência à corrosão, é termodinamicamente estável e possui energia de

formação negativa. Porém, as propriedades do óxido nativo não são as melhores para garantir a osseointegração, é necessário o controle na formação do tipo de óxido de titânio a ser formado na superfície do implante. O óxido de titânio ideal deve ter propriedades específicas, entre elas: alta constante dielétrica ( $\epsilon$ ) e semelhante a da água para reduzir os efeitos polarizantes entre espécies carregadas na superfície (interação com líquidos aquosos); estabilidade química e estrutural no meio biológico; capacidade de repassivação instantânea após desgaste mecânico; baixa solubilidade dos produtos hidratados do óxido, hidróxidos e oxihidróxidos; ausência de toxicidade do óxido e dos produtos de corrosão liberados no meio; os produtos de hidrólise deve ter poucas espécies carregadas; ponto isoelétrico entre 5 e 6 (superfície levemente negativa no pH fisiológico) e capacidade natural de formar fosfato de cálcio semelhante à apatita sobre a superfície do óxido.

A dificuldade tecnológica está no controle da formação do óxido adequado na superfície do implante, uma vez que é possível obter óxido de titânio com várias formas estequiométricas. O titânio apresenta vários estados de oxidação, alta solubilidade do oxigênio e forma óxidos com as seguintes estequiometrias:  $Ti_3O$ ,  $Ti_2O$ ,  $Ti_3O_2$ ,  $TiO$ ,  $TiO_2$ ,  $Ti_2O_3$  e  $Ti_3O_5$ . O  $TiO_2$  é a forma mais estável termodinamicamente, apresenta menor energia livre de formação (-888,8 kJ/mol) e é a forma estequiométrica mais encontrada. No entanto, o  $TiO_2$  pode apresentar três formas cristalográficas: rutilo com estrutura cristalina tetragonal, anatásio que também tem estrutura cristalina tetragonal e broquita com estrutura cristalina ortorrômbica. Para alguns autores o rutilo ( $TiO_2$ ) é a forma mais adequada para induzir à osseointegração<sup>16-17</sup>.

Para outros pesquisadores<sup>18</sup>, o anatásio também permite a osseointegração. O aumento da cristalinidade do rutilo e do anatásio provoca o aumento da concentração de proteínas adsorvidas na superfície do implante. Portanto, não existe estudo conclusivo quanto à importância da estrutura cristalina do óxido de titânio na osseointegração.

### Objetivos dos tratamentos das superfícies dos implantes

Os resultados dos estudos *in vitro* para análise das interações preliminares das células osteoblásticas na interface do osso-implante fornecem dados indicativos dos mecanismos envolvidos na osseointegração *in vivo*.

As bactérias, protozoários e as células dos mamíferos possuem processo de reconhecimento extracelular. Estas células ao entrarem em contato com a superfície do biomaterial, ativam mecanismos para definir a adesão e o processo de espalhamento. A técnica de tratamento da superfície consiste em disfarçar os parâmetros morfológicos da superfície de tal modo que a célula identifique a superfície como tendo características adequadas para iniciar a diferenciação e formação da matriz óssea.

Os tratamentos da superfície alteram as forças interfaciais, molhabilidade, rugosidade, energia e a capacidade de adsorver as moléculas que reconhecem os osteoblastos<sup>1,9</sup>. É importante que o tratamento da superfície altere a sinalização celular para induzir as mudanças fisiológicas nas células. Ou seja, mediante controle da rugosidade é possível alterar a resposta celular. Este procedimento é primordial, uma vez que, as células possuem propriedade mecano-receptoras para reconhecer a forma da superfície. A superfície deve adsorver moléculas específicas que reconheçam os osteoclastos, fibroblastos e osteoblastos e que induzam as mudanças fisiológicas necessárias ao reparo e formação óssea.

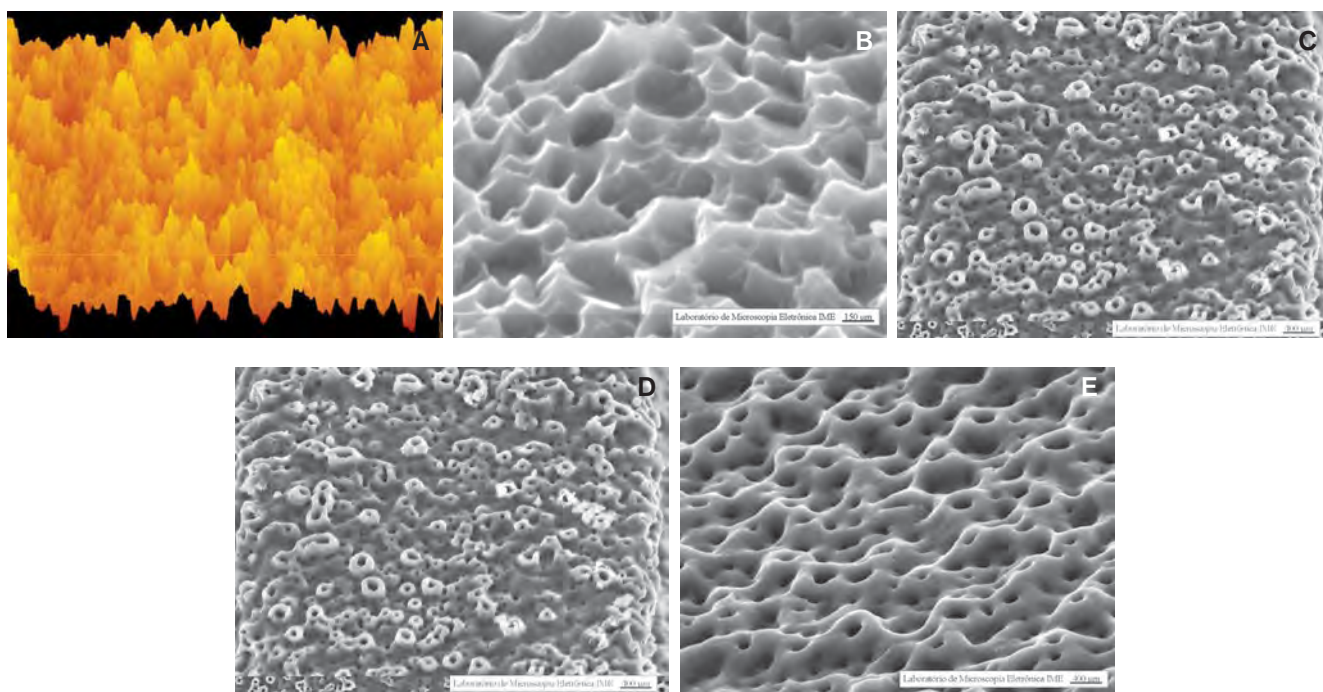
Os objetivos dos tratamentos das superfícies dos implantes são: reduzir o tempo de carregamento após a cirurgia, acelerar o crescimento e maturação óssea para permitir o carregamento imediato, aumentar a estabilidade primária, garantir o sucesso na aplicação em osso com menor qualidade e quantidade, obter crescimento ósseo diretamente na superfície do implante, obter maior área possível de osseointegração, obter contato osso-implante sem a interposição de camadas protéicas amorfas, atrair células osteoblásticas, pré-osteoblásticas e mesenquimais, atrair proteínas de ligação específicas para células osteogênicas (fibronectina) e obter maior concentração possível de proteínas de ligação celular.

### Tratamentos da superfície dos implantes com ácido, flúor e anodização

Os fatores importantes que influenciam a osseointegração são: material biocompatível, forma do implante, superfície do implante, qualidade e quantidade ósseas, técnica cirúrgica e condições do carregamento<sup>19</sup>. Considerando que o número de variáveis é grande e até a presente data não foram analisados as possíveis combinações e variações destes parâmetros, não há um consenso entre os pesquisadores quanto a melhor superfície, rugosidade e até mesmo a forma dos implantes.

Existe uma variedade de técnicas de tratamento da superfície dos implantes comerciais. Entre os implantes comercializados no Brasil com diferentes tratamentos destacam-se:

- Ataque ácido: Osseotite (Biomet 3i), Master Porous (Conexão), Titamax (Neodent)
- Ataque ácido e deposição de CaP: NanoTite (Biomet 3i)
- Ataque ácido e deposição de flúor: OsseoSpeed (Astra)
- Jateamento com alumina: Ankilos (Dentsply)
- Jateamento com óxido de titânio: Tioblast (Astra)
- Jateamento com fosfato de cálcio: RBM (Lifecore)
- Jateamento e ataque ácido: SLActive (Straumann), Friedent plus (Dentsply)
- Anodização: Vulcano Actives (Conexão) e TiUnite (NobelBiocare).



**Figura 3a, 3b, 3c, 3d e 3e**  
(A e B) Superfície do implante comercial Master Porous tratado com ácido; (C) Superfície tratada com jateamento de óxido de titânio; (D) Superfície TiUnite anodizada; (E) Superfície Vulcano Actives.

Para acelerar a osseointegração é necessário que ocorra a retenção de fibrinas para permitir que as células osteogênicas migrem para a superfície do implante<sup>4</sup>. Mostra-se nas Figuras 3a e 3b a morfologia da superfície do implante tratado com ácido. O tratamento, além de modificar a rugosidade, torna a superfície mais isotrópica e cria arestas com características adequadas para a retenção de fibrinas. Por outro lado, a superfície submetida ao jateamento, mostrada na Figura 3c, apresenta mudança simultânea na rugosidade e na energia superficial devido às tensões residuais compressivas<sup>5</sup>.

Com o tratamento de anodização é possível alterar simultaneamente a rugosidade e incorporar Ca e P na superfície<sup>5</sup> (Figuras 3d e 3f). Esta superfície é conhecida como osseointegrativa; a osseointegração do implante ocorre simultaneamente da superfície em direção ao osso maduro e vice-versa.

Alguns pesquisadores<sup>18-19</sup> observaram que implantes anodizados contêm íons Ca incorporados na superfície e com rugosidade de 0,3  $\mu\text{m}$  apresentaram maior área de contato osso-implante que os implantes jateados e com rugosidade 0,9  $\mu\text{m}$ . O tratamento de anodização melhora significativamente a molhabilidade da superfície do implante e aumenta a superfície em 10% em relação ao implante tratado com ácido<sup>20</sup>.

Alguns implantes comerciais possuem flúor na superfície com o objetivo de formar fluorapatita com maior cristalinidade e melhor resistência mecânica à dissolução que a hidroxiapatita<sup>21</sup>. O flúor também melhora a incorporação

de colágeno integrante da matriz óssea, aumenta a nucleação de cristais de apatita, aumenta a densidade óssea, estimula as células osteoprogenitoras, eleva a fosfatase alcalina, ajuda na ligação das células ósseas e dos tecidos calcificados na superfície do implante<sup>22</sup>.

Mostra-se na Figura 4 a superfície de dois implantes tratados para incorporação de flúor na superfície. Os implantes usinados contendo uma camada de óxido de titânio enriquecida com flúor têm maior resistência à remoção que os implantes sem flúor<sup>20</sup>. O aumento da resistência mecânica ocorre em quatro semanas após a instalação e o efeito é mais pronunciado na oitava semana. O mecanismo sugerido é que o implante contendo flúor ao entrar em contato com o osso, induz a reação entre o fosfato do osso e o flúor da superfície do implante, formando uma ligação covalente entre o osso e o titânio. Além disto, o flúor ao ser liberado da superfície do implante catalisa a formação de osso novo, inibe a adsorção de proteoglicanas e glicosaminoglicanas, mecanismos estes que aumentam a adesão do osso na superfície do implante. O flúor presente na superfície do implante atrai Ca e P das soluções saturadas, aumenta a atividade do CaP na superfície de titânio, aumenta a densidade do osso trabecular durante a remodelação, aumenta a proliferação de células ósseas mediante o aumento do nível iônico intracelular, aumenta a diferenciação das células mesenquimais e possibilita o estímulo de fatores de crescimento<sup>2</sup>. Todos estes mecanismos auxiliam para o aumento da resistência da interface osso-implante, principalmente a retenção na cortical.

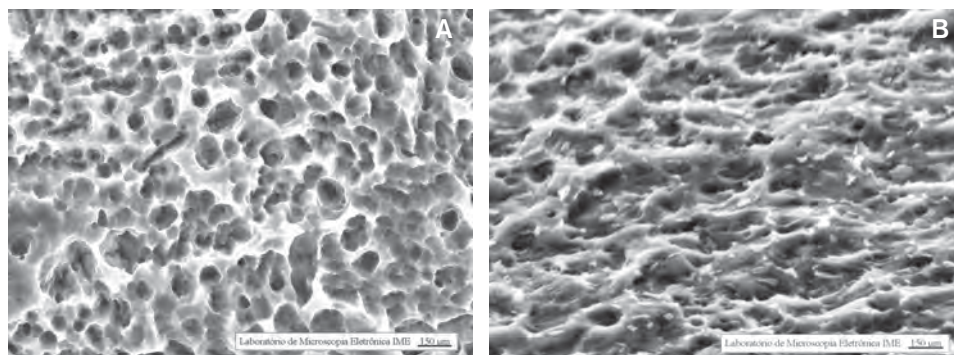


Figura 4

Superfície de implantes tratados com flúor. (A) Superfície em fase de pesquisa; (B) Superfície do implante NanoTite (3i).

## Relato de Casos Clínicos

As pesquisas<sup>23-25</sup> indicam que a carga precoce ou imediata não são contra-indicações para se alcançar sucesso na osseointegração de implantes odontológicos. A situação torna-se crítica quando existe pequena quantidade de osso da crista, a qual pode variar na espessura e altura, havendo necessidade de enxerto ou levantamento de seio. Mesmo nestes casos a carga precoce dos implantes pode representar uma modalidade de tratamento viável após o procedimento de levantamento de seio da maxila<sup>24</sup>.

Alguns pesquisadores<sup>24</sup> avaliaram implantes instalados em região enxertada e com protocolo de estágio único, observaram que a taxa de sucesso dos implantes foi de 90,8%, sendo que as taxas de sucesso cumulativas eram ligeiramente mais favoráveis para implantes longos de 12 mm (93,4%) quando comparado com os implantes de 10 mm e 8 mm (90,5% e 88,9%, respectivamente). Os autores concluíram que a instalação de implantes em conjunto com a elevação de seio maxilar representa uma possibilidade de tratamento seguro para o tratamento de maxila posterior em áreas com a redução de osso subjacente ao seio maxilar. O uso de implantes curtos, em conjunto com a elevação de seio maxilar com osteotomia, pode reduzir a indicação de procedimentos complexos e invasivos como elevação de seio e enxerto ósseos.

Durante a instalação de implantes osseointegráveis no alvéolo, a medida do torque de inserção com torquí-

metros manuais ou motor cirúrgico tem sido o principal critério clínico para quantificar a estabilidade primária e conseqüentemente analisar a possibilidade de realizar uma carga imediata sob os implantes de forma previsível. A carga imediata<sup>26</sup> pode ser sugerida para implantes instalados com valores torque acima ou igual a 32 Ncm.

No presente trabalho, baseado em dados da literatura e em estudos sobre estabilidade primária, são relatados dois casos clínicos de instalação de implantes e carregamentos precoces após a enxertia.

### Caso 1 com carga precoce (prótese instalada ente 48 horas e três meses)

Mostra-se nas Figuras 5 a 9, o caso de um paciente de 52 anos, cor parda, que apresentou-se ao consultório com edentulismo total e reabsorção da maxila posterior e pneumatização do seio maxilar. O planejamento proposto consistiu na elevação bilateral do seio maxilar, instalação de seis implantes nas maxilas direita e esquerda e reabilitação com próteses tipo protocolo. Na cirurgia foi realizada a elevação do seio maxilar (SA4 segundo Misch) com o material de enxerto *extra-graft* (Silvestre Labs). Após três meses houve a instalação transgengival de seis implantes com a superfície tratada com ácido (Titamax, Neodent). Todos os implantes foram inseridos com torque superior a 42 Ncm. Após dois meses e meio, ocorreu a moldagem para a confecção de próteses e realizou-se a instalação do protocolo definitivo.

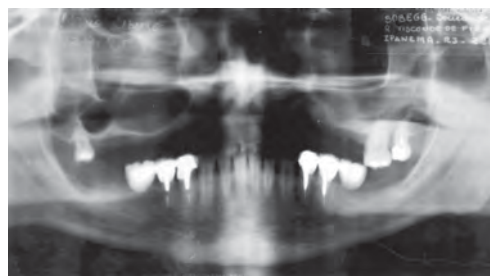


Figura 5

Radiografia panorâmica.

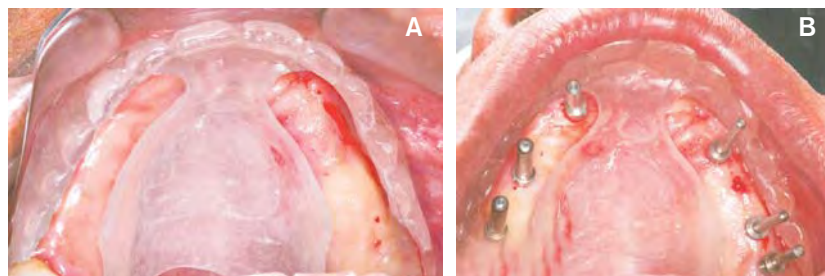


Figura 6

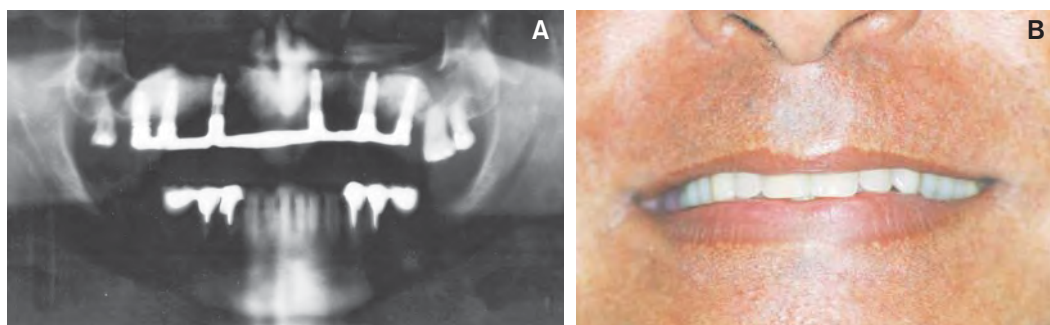
Fotografias da região de maxila edêntula e guia cirúrgico.



**Figura 7**  
Instalação transgingival dos implantes.



**Figura 8**  
Instalação de cicatrizadores e prótese.



**Figura 9**  
(A) Radiografia panorâmica pós-cirúrgica; (B) Fotografia da prótese instalada.

## Caso 2

Mostra-se nas Figuras 10 e 11 o caso de um paciente 43 anos de idade, cor branca, o qual compareceu ao consultório particular apresentando ausência dos elementos 25 e 26. Após exame clínico foi indicada a exodontia do elemento 24, elevação de seio maxilar na região dos elementos 25 e 26 (classificação SA4 segundo Misch) com enxerto *extra-graft* e instalação de implantes com superfície oxidada por anodização, Master Actives (Conexão Sistemas de Prótese). Na cirurgia foi realizada a exodontia do elemento 24, a elevação do seio maxilar na região dos elementos 25 e 26 com enxerto do biomaterial *extra-graft* (Silvestre Labs) e sutura. Após três meses ocorreu a reabertura dos implantes. Após 15 dias foi realizada a moldagem para a confecção dos provisórios e 30 dias após à reabertura os provisórios foram instalados esplintados e o carregamento precoce foi realizado.

O protocolo padrão recomenda um intervalo de seis

meses entre a instalação dos implantes e levantamento de seio e o carregamento dos implantes. No entanto, os relatos dos casos clínicos apresentados no presente trabalho mostram a possibilidade de reabilitação através do carregamento precoce em implantes instalados concomitantemente com o levantamento de seio maxilar, em um único estágio. Este procedimento é possível devido às modificações da superfície dos implantes. Como os implantes são esplintados, as cargas oclusais apresentam melhor distribuição, minimizando as micromovimentações, permitindo maior estabilidade e carregamento do implante. Outros pesquisadores<sup>24</sup> apresentam a alternativa de carga precoce com intervalo entre a cirurgia de levantamento de seio e a instalação dos implantes de três meses. Nos casos apresentados no presente trabalho, a utilização de implantes com superfície tratada é indicada, uma vez que todas as etapas cirúrgicas foram realizadas em um único tempo e o carregamento dos implantes ocorreu preco-



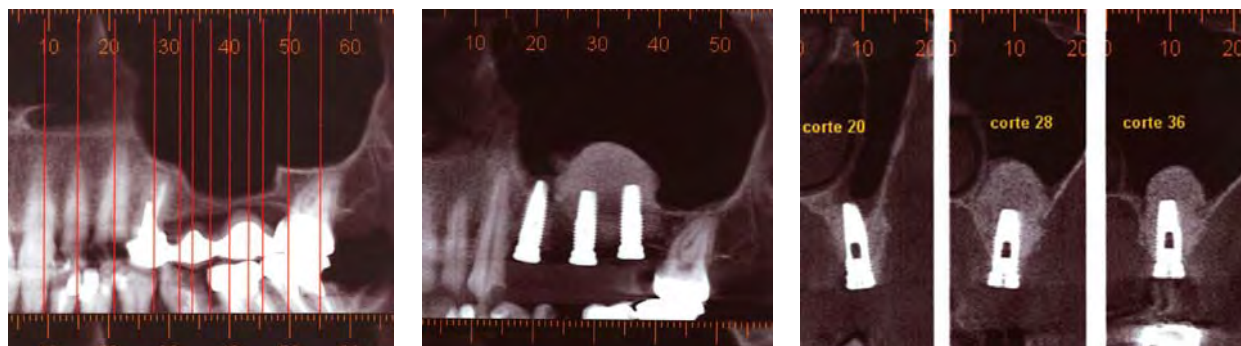


Figura 10  
Radiografias dos cortes da região implantada.



Figura 11  
Fotografia dos provisórios instalados.

cemente, antes do tempo de seis meses de cicatrização óssea. Estudos longitudinais com um número de casos deverão ser realizados para comprovar o índice de sucessos que permita grande confiabilidade no emprego este procedimento.

## Conclusão

Com base nas pesquisas básicas e resultados clínicos pode-se afirmar que:

a. Tanto a rugosidade, quanto a composição química da superfície dos implantes aceleram a fixação biológica.

- b. Os tratamentos das superfícies com adição de flúor e anodização com incorporação de fósforo e cálcio, alteram simultaneamente a rugosidade, a composição química, a energia da superfície e o tipo de cristal de titânio presente na superfície do implante.
- c. É viável o carregamento precoce de implantes com superfícies tratadas com ácido ou anodizadas inseridos em locais com levantamento de seio e enxerto.

Endereço para correspondência:

Carlos Nelson Elias  
elias@ime.eb.br

## Referências

- Scheideler L, Geis-Gerstorfer J, Kern D, Pfeiffer F, Rupp F, Weber H et al. Investigation of cell reactions to microstructured implant surfaces. *Materials Science and Engineering* 2003;23:455-9.
- Ellingsen JK. Surface configurations of dental implants. *Periodontology* 2000;17:1:36-46.
- Joos U, Wiesmann HP, Szuwart T, Meyer U. Mineralization at the interface of implants. *Int J Oral Maxillofac Surg* 2006;35:783-90.
- Davies JE. Mechanisms of Endosseous Integration. *Int J Prosthodont* 1998;11:391-401.
- Elias CN, Oshida Y, Cavalcanti JH, Muller CA. Relationship between surface properties (roughness, wettability and morphology) of titanium and dental implant removal torque. *J of Mech Behavior Biomed Mat* 2008;234-42.
- Elias CN, Cavalcanti Lima JH, Silva Filho FC, Muller CA. Interação de células com diferentes superfícies de implantes dentários. *Revista Brasileira de Odontologia* 2005;62:119-24.
- Cochran DL, Schenk RK, Lussi A, Higginbottom FL, Buser D. Bone response to unloaded and loaded titanium implants with a sandblasted and acid-etched surface: a histometric study in the canine mandible. *J Biomed Mater Res* 1998;40:1-11.
- Wennerberg A, Hallgren C, Johansson C, Danelli S. A histomorphometric evaluation of screw-shaped implants each prepared with two surface roughnesses. *Clin Oral Implants Res* 1998;9:11-9.
- Buser D, Schenk R, Steinemann S, Fiorellini J, Fox C, Stich H. Influence of surface characteristics on bone integration of titanium implants. A histomorphometric study in miniature pigs. *J Biomed Mater Res*