

# Superfície dos implantes osseointegrados X resposta biológica

*Dental implants surface X biological response: a literature review*

Marcelo Lievore de Brandão\*  
 Thiago Batista Degli Esposti\*\*  
 Edecir Décio Bisognin\*\*\*  
 Nassim David Harari\*\*\*\*  
 Guaracilei Maciel Vidigal Jr\*\*\*\*\*  
 Márcio Baltazar Conz\*\*\*\*\*

## RESUMO

Um dos fatores determinantes para que ocorra a osseointegração diz respeito à superfície dos implantes dentários. A resposta biológica está diretamente relacionada às propriedades físico-químicas das superfícies. Atualmente existem diferentes métodos de tratamento de superfície que buscam um aperfeiçoamento destas propriedades e assim uma melhora na resposta tecidual. O presente trabalho tem como objetivo relacionar os métodos de tratamento de superfície com a resposta biológica celular através de uma revisão da literatura.

**Unitermos** - Tratamento de superfície; Osseointegração; Resposta celular.

## ABSTRACT

*One of the determining factors for osseointegration is related to the surface of dental implants. The biological response is directly related to the physicochemical properties of the surface. There are different methods of surface treatment that seek the improvement of these properties and its relationship with tissues response. The present study aims to relate the surface treatment methods with the biological response, through a literature review.*

**Key Words** - Surface treatment; Osseointegration; Cellular response.

\* Especialista em Periodontia; Mestrando em Implantologia Oral - Unigranrio/RJ.

\*\* Especialista em Periodontia; Mestrando em Implantologia Oral - Unigranrio/RJ.

\*\*\* Especialista em Prótese Dentária; Mestrando em Implantologia Oral - Unigranrio/RJ.

\*\*\*\* Doutor em Odontologia/UFRJ; Professor do curso de Mestrado em Implantologia Oral - Unigranrio/RJ.

\*\*\*\*\* Mestre em Odontologia UFRJ; Doutor em Engenharia Metalúrgica e de Biomateriais pela UFRJ; Coordenador do curso de Especialização e Mestrado em Implantologia Oral - Unigranrio/RJ.

\*\*\*\*\* Mestre e doutor em Engenharia Metalúrgica e de Biomateriais pela UFRJ; Professor do curso de Mestrado em Implantologia Oral - Unigranrio/RJ.

## Introdução

O conceito de Osseointegração fundamentado pelo professor Brånemark, há mais de 40 anos, consistia em “uma conexão direta, estrutural e funcional entre o osso vital organizado e a superfície de um implante de titânio capaz de receber carga funcional”<sup>1</sup>. Alguns fatores como a biocompatibilidade, o desenho do implante, as condições da superfície do implante, o estado do hospedeiro, a técnica cirúrgica e o controle das cargas após a instalação são determinantes para o sucesso da osseointegração<sup>2</sup>.

Diferentes métodos de tratamento vêm sendo desenvolvidos buscando o aperfeiçoamento das propriedades das superfícies. Estas propriedades irão determinar diretamente a resposta tecidual.

Através de uma revisão da literatura, o presente trabalho tem o objetivo de relacionar a superfície dos implantes osseointegrados com a resposta biológica celular.

## Revisão da literatura

Os trabalhos iniciais<sup>1-2</sup> sobre osseointegração, desenvolvidos pela equipe do professor Brånemark, foram realizados utilizando-se implantes de titânio comercialmente puro (TiCP) com superfície usinada. Os implantes eram instalados na região anterior da mandíbula ou maxila, unidos para uma melhor distribuição das cargas mastigatórias e utilizados para reabilitações de pacientes edentados totais. A alta taxa de sucesso dessa modalidade de tratamento levou a uma extrapolação da técnica e a partir de certo momento, passou-se a utilizar implantes osseointegrados para reabilitações de pacientes edentados parciais através de próteses parciais fixas ou unitárias. Com isso passou-se a instalar-se implante em regiões de pior qualidade óssea, como a região posterior de maxila. As altas taxas de sucesso observadas anteriormente em estudos de longo prazo, com as superfícies usinadas, já não eram observadas. Aliado a isso, a busca por tempos de cicatrização cada vez menores contribuíram para o estímulo à pesquisa e ao desenvolvimento de novas superfícies de implantes<sup>3</sup>.

### Tipos de superfície

A topografia da superfície dos implantes diz respeito ao grau de rugosidade e à orientação das irregularidades da superfície. Os implantes originais de Brånemark eram usinados com uma mínima rugosidade na superfície, entre 0,5  $\mu\text{m}$  e 1,0  $\mu\text{m}$ . Por muito tempo, este implante foi reconhecido como o padrão ouro, baseado em muitos e bons estudos clínicos longitudinais<sup>4-5</sup>. Entretanto, no início dos anos de 1990, muitos estudos experimentais apontavam na mesma direção, indicando que implantes com rugosidades em torno de 1,5  $\mu\text{m}$  apresentavam uma melhor resposta do tecido ósseo quando comparados a implantes usinados

(superfície com rugosidades < 1,0  $\mu\text{m}$ ) ou a implantes com superfície “plasma spray” (superfície com rugosidades > 2,0  $\mu\text{m}$ )<sup>6,3</sup>. As características químicas das superfícies dizem respeito à energia de superfície e carga. Uma alta energia de superfície apresenta melhor molhabilidade e uma maior afinidade por adsorção. Isto determina se a superfície é hidrofílica ou hidrofóbica. Em outras palavras, implantes com alta energia de superfície devem, pelo menos em teoria, apresentar uma osseointegração mais forte do que implantes com baixa energia de superfície, devido à melhor adsorção das proteínas<sup>7-8</sup>.

Os processos de tratamento de superfícies podem ser divididos em métodos de adição, quando acrescentam algo à superfície do implante, ou subtração, quando removem parte da camada superficial. Nos métodos chamados de adição, é aplicado à superfície do implante um recobrimento, que pode ser do mesmo material do corpo do implante ou não; enquanto que nos métodos de subtração, é removida uma camada da superfície do implante por um processo controlado<sup>3</sup>.

### • Adição

Um dos primeiros métodos de tratamento de superfície foi adição de hidroxiapatita (HA) à superfície dos implantes<sup>3</sup>. Através desse método, buscava-se uma ligação química entre o implante recoberto com HA e o tecido ósseo. Porém, esse método vem caindo em desuso por apresentar algumas desvantagens como o alto custo de fabricação e pelo fato de alguns estudos *in vivo*<sup>9-10</sup> demonstrarem que havia o destacamento da camada de HA do corpo do implante. Outro método de adição bastante comum é o de aspersão térmica por plasma. Neste método, a chama ionizada de um gás é aquecida a temperaturas muito altas, 10.000 e 30.000 °C, e partículas aquecidas do material de recobrimento são lançadas em altas velocidades contra o corpo do implante; após o contato com o corpo do implante as partículas resfriam e solidificam-se, e a superfície adquire um aspecto de lava vulcânica solidificada. Outro método de adição, aplicado em implantes comercialmente disponíveis, utiliza-se de técnicas de metalurgia do pó, em que partículas esféricas de titânio são prensadas contra o corpo do implante<sup>3</sup>.

Uma abordagem alternativa para a modificação da microtopografia da superfície de implantes é a oxidação anódica ou anodização (TiUnite – Nobel Biocare, Göteborg, Suécia). Neste processo o implante é colocado em uma célula eletroquímica servindo como anodo. Quando um potencial elétrico é aplicado à amostra, ele gera reações de transferência de carga e íons resultando no fluxo contínuo destes íons na célula elétrica. Sob condições controladas, o campo elétrico guiará o processo de oxidação que ocorrerá no anodo (implante), que resultará no aumento da espessura da camada de óxido de titânio (TiO<sub>2</sub>)<sup>3</sup>. O aumento da espessura dessa camada de TiO<sub>2</sub>, além da adição de outros

elementos químicos como o fosfato (P), potencializa o processo da osseointegração.

- Subtração

No caso dos métodos de subtração, para se obter uma superfície rugosa, são utilizadas técnicas de ataque ácido à superfície ou as superfícies são jateadas com óxidos ou areia. Muitas vezes, a indústria faz uma combinação desses métodos (jateamento + ataque ácido) para obter um determinado grau de rugosidade. Os principais ácidos utilizados no tratamento por ataque ácido são o ácido clorídrico (HCl) e o ácido sulfúrico (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) em determinadas concentrações. Os principais métodos de jateamento são por óxidos (TiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), fosfato de cálcio ou areia.

Não há dúvidas de que a topografia das superfícies influencia diretamente na formação óssea sobre o implante. Em uma escala micrométrica, os tratamentos de superfície proporcionam superfícies favoráveis à osseointegração. Porém, atualmente a indústria direciona suas pesquisas para a escala nanométrica. Acredita-se que modificações na superfície na escala nanométrica afetem tanto a topografia quanto as propriedades químicas da superfície. A nanotopografia tem sido definida como uma superfície que apresenta topografia característica, com uma magnitude de 100 nm ou menos<sup>11</sup>. Essas modificações alteram as interações da superfície com íons, biomoléculas e células, influenciando na adesão e proliferação celular, diferenciação e adesão de células específicas que vão interferir no processo de osseointegração, potencializando seus efeitos. Com essa potencialização da osseointegração, algumas situações da atividade clínica diária podem ser beneficiadas como: protocolos de carga imediata, instalação de implantes em alvéolos de extração, instalação de implantes e enxertos simultâneos, áreas estéticas onde a preservação do nível ósseo é fundamental, instalação de implantes em locais de baixa densidade óssea, situações onde são instalados implantes curtos e de largo diâmetro. Atualmente, alguns métodos de tratamento de superfície parecem atuar na escala nanométrica. Um dos métodos utiliza um jateamento com TiO<sub>2</sub> seguido por um tratamento com ácido fluorídrico (OsseoSpeed - Astra Tech AB, Molndal, Suécia). Outro método consiste em um depósito de nanopartículas de Ca (cálcio) e P (fosfato) sobre uma superfície previamente tratada com duplo-ataque ácido (Nanotite - Biomet 3i, Palm Beach Gardens, FL, EUA). Ambos os tratamentos têm demonstrado bons resultados; porém, os verdadeiros riscos e benefícios de tratamentos de superfície em escala nanométrica serão definidos através de estudos longitudinais de longo tempo de acompanhamento<sup>12</sup>.

### Superfícies x resposta biológica

A Osseointegração está associada às respostas celulares que contribuem para a formação de osso na superfície dos implantes. Inicialmente, a superfície dos implantes entra em contato com o sangue. Com isso, duas considerações devem ser feitas quando um implante é instalado. A primeira é que a superfície de titânio entra em contato primeiro com o coágulo e as células sanguíneas. Ocorrerá assim uma adesão de proteínas do sangue, como plaquetas e fibrinogênio, à superfície do TiO<sub>2</sub> anteriormente à adesão de células osteogênicas, formando assim uma rede de fibrina. Sendo assim, as células osteogênicas interagem não diretamente com a camada de TiO<sub>2</sub>, mas sim com uma camada de TiO<sub>2</sub> modificada por células sanguíneas. Estudos *in vitro* de cultura de células, muitas vezes, costumam avaliar a interação das células osteogênicas diretamente com a camada de TiO<sub>2</sub> e ignoram o fato das células osteogênicas interagirem com uma camada de TiO<sub>2</sub> modificada por células sanguíneas. A

*Em uma escala micrométrica, os tratamentos de superfície proporcionam superfícies favoráveis à osseointegração. Porém, atualmente a indústria direciona suas pesquisas para a escala nanométrica. Acredita-se que modificações na superfície na escala nanométrica afetem tanto a topografia quanto as propriedades químicas da superfície.*

segunda consideração é que essa camada de TiO<sub>2</sub> modificada por células sanguíneas, é regulada por características químicas e topográficas da superfície do implante. Estas características irão influenciar na natureza da composição subsequente do filme de proteínas que é adsorvido na superfície do implante e irão guiar a osteogênese. Após a aposição das células sanguíneas sobre a superfície do implante, uma matriz óssea mineralizada é formada. Esta matriz é conhecida como "de novo bone" e é a partir dela que ocorre todo o processo da formação óssea. Após a formação dessa matriz óssea mineralizada, o osso neoformado passa por um processo de remodelação óssea que irá criar em sítios específicos uma interface osso-implante compreendida entre "de novo bone" e um osso mais velho. Estes processos são extremamente dependentes da topografia do implante<sup>13</sup>.

Em 2000, um estudo<sup>14</sup> avaliou a interação das células sanguíneas e plaquetas com a topografia de dois tipos de superfície: uma rugosa (processo de duplo ataque ácido - Osseotite - Biomet 3i, Palm Beach Gardens, FL, EUA) e outra usinada. Os resultados mostraram que a superfície rugosa apresentava uma maior interação com as células sanguíneas e plaquetas, quando comparada à superfície

usinada, demonstrando a importância das rugosidades nas superfícies dos implantes. Outro estudo<sup>15</sup> também avaliou a interação de plaquetas com a topografia das superfícies e também encontrou uma melhor interação das plaquetas com as superfícies rugosas, quando comparadas às superfícies usinadas. A interação das células sanguíneas e plaquetas com a superfície dos implantes irá determinar todo o processo de osseointegração.

Os mecanismos de ancoragem dos implantes podem ser divididos em mecanismos de adesão biomecânica e mecanismos de adesão bioquímica.

Um implante usinado, como o Brånemark original, é ancorado ao osso por pequenos ingressos do tecido nas pequenas irregularidades da superfície, caracterizando uma adesão biomecânica. Deste modo, a osseointegração é dependente da adesão biomecânica. Outros tipos de superfície com rugosidades moderadas, por jateamento ou ataque ácido, demonstram uma resposta melhor da osseointegração comparadas às superfícies usinadas. Isto demonstra que a osseointegração depende de um mínimo de rugosidade para que ocorra a adesão biomecânica, e que o grau dessa rugosidade influencia diretamente nessa adesão. A adesão biomecânica é tempo dependente que é um aspecto negativo. Existe um tempo necessário para que ocorra o ingresso do tecido ósseo nas pequenas irregularidades da superfície. Nesse período, o implante é retido junto ao tecido ósseo pelo seu macrodesign e depende do número de espiras, do espaçamento entre elas, da forma do implante. Estudos publicados na década de 1980 preconizavam que rugosidades de 50  $\mu\text{m}$  a 100  $\mu\text{m}$  eram necessários para uma melhor osseointegração, porém atualmente sabe-se que rugosidades menores até que 1  $\mu\text{m}$  possibilitam a osseointegração<sup>7,16</sup>.

O titânio comercialmente puro (TiCP) é um material bioinerte, diferente de outros biomateriais como fosfatos de cálcio e biovidros, por exemplo, que são bioativos. A adesão bioquímica é caracterizada por interações químicas entre o material do implante e o tecido ósseo. Alguns tratamentos de superfície foram desenvolvidos para proporcionar uma bioatividade às superfícies de TiCP e assim promover uma adesão bioquímica. Porém, até o momento, não foi possível provar que existe realmente uma adesão bioquímica entre a superfície do implante e o tecido ósseo, e os trabalhos na literatura apenas sugerem que essa adesão possa ocorrer<sup>7</sup>.

Tendo em vista a importância da topografia e das propriedades químicas das superfícies dos implantes, a indústria iniciou uma busca para a otimização dessas superfícies. Através de diferentes métodos de tratamento de superfície é possível alterar as forças interfaciais, molhabilidade, rugosidade, energia e a capacidade de adsorver as moléculas, alterando assim a resposta tecidual.

O tratamento de superfície tem como objetivos: reduzir o tempo de carregamento após a cirurgia, acelerar o crescimento e a maturação óssea para permitir o carregamento

imediatamente, aumentar a estabilidade primária, garantir o sucesso dos implantes quando instalados em regiões que apresentam um osso com menores qualidade e quantidade, obter o 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<sup>6</sup>.

Além de tratamentos de superfície que alteram a sua topografia, existem tratamentos que buscam alterar a energia da superfície dos implantes. Como foi citada anteriormente, a molhabilidade da superfície é dependente da energia da superfície. Uma alta energia de superfície proporciona melhor molhabilidade e conseqüentemente melhor adsorção e deposição de moléculas inorgânicas como íons de Ca e P, e moléculas orgânicas como proteínas, lipoproteínas e peptídeos sobre a superfície de  $\text{TiO}_2$ , potencializando a osseointegração. Estas interações provavelmente ocorrem por forças eletrostáticas entre grupos de aminoácidos com carga positiva e a superfície negativa de  $\text{TiO}_2$ , ou entre grupos de aminoácido com cargas negativas através de pontes de  $\text{Ca}^{++}$  que foram adsorvidas previamente pela superfície negativa de  $\text{TiO}_2$ . Através de um processo de jateamento com grânulos de areia e ataque ácido (SLA – Straumann AG, Waldenburg, Suíça), e o enxaguamento da superfície em uma atmosfera de  $\text{N}_2$  e contínuo armazenamento em uma solução isotônica de NaCl, conseguiu-se chegar a uma superfície com alto grau de molhabilidade (SLActive – Straumann AG, Waldenburg, Suíça)<sup>17</sup>.

Diante dos diferentes métodos de tratamento de superfícies, podemos citar alguns utilizados pela indústria e comercializados no mercado nacional (Quadro 1).

Os fabricantes de implantes utilizam diferentes mé-

QUADRO 1

Tratamento de superfície	Marca comercial
Ataque ácido	Osseotite (Biomet 3i); Master Porous (Conexão); Titamax (Neodent)
Ataque ácido e deposição de Ca P	NanoTite (Biomet 3i)
Jateamento com alumina	Ankylos (Dentstply)
Jateamento com $\text{TiO}_2$	Tioblast (Astra)
Jateamento com $\text{TiO}_2$ + tratamento com ácido fluorídrico	OsseoSpeed (Astra)
Jateamento com fosfato de cálcio	RBM (Lifecore)
Jateamento com areia e ataque ácido	SLA e SLActive (Straumann); Friadent plus (Dentsply)
Oxidação anódica	TiUnite (Nobel Biocare); Vulcano® (Conexão)

todos de tratamento de superfícies e baseados em suas pesquisas, procuram encontrar vantagens do seu método em detrimento dos outros.

## Discussão

Vários trabalhos foram realizados buscando uma comparação dos diferentes métodos de tratamento de superfície. Estudos *in vitro*<sup>14,18-19</sup>, estudos *in vivo*<sup>10,17,20</sup> e estudos clínicos longitudinais<sup>21-22</sup> procuram avaliar o quanto o tratamento da superfície dos implantes pode afetar os complexos mecanismos envolvidos no fenômeno da osseointegração.

Estudos<sup>18-19</sup> que avaliam a topografia através da microscopia eletrônica de varredura (MEV), e avaliam a composição química através de espectroscopia fotoeletrônica de raios-X (XPS) e espectroscopia atômica por emissão (AES) concordam em dizer que os diferentes métodos de tratamento de superfícies (anodização, ataque ácido, jateamento + ataque ácido) influenciam diretamente na topografia e na morfologia dessas superfícies. Características como o tamanho dos poros, a orientação destes e até o depósito de outras substâncias sobre a superfície como o P, variam de acordo com o tipo de tratamento que a superfície foi submetida. Outros estudos<sup>23-24</sup> confirmam que as características topográficas das superfícies, assim como suas propriedades químicas influenciam diretamente nas respostas celulares, potencializando estas respostas e conseqüentemente influenciando todo o processo de osseointegração. Através de um estudo com cultura de células tronco mesenquimais humanas, autores<sup>25</sup> compararam dois tipos de tratamento de superfície. Uma tratada apenas por jateamento por areia e a outra além do jateamento por areia também foi tratada com uma solução de ácido fluorídrico. Ambas as superfícies demonstraram grande diferenciação de osteoblastos sobre elas, demonstrando grande potencial de formação celular, porém na superfície tratada por jateamento + solução de ácido fluorídrico esta diferenciação foi maior e mais rápida, demonstrando que existem diferenças das respostas celulares com os diferentes tipos de tratamento de superfície.

A resposta celular, determinada pelo tipo de tratamento de superfície a qual o implante foi submetido, influencia diretamente os estágios da osseointegração. Através de um estudo em animais, autores<sup>17</sup> avaliaram dois tipos de tratamentos de superfície em relação à aposição óssea durante os estágios iniciais da osseointegração. As superfícies testadas eram tratadas por jateamento por areia + ataque ácido (SLA), porém uma delas era quimicamente ativada (SLActive). Os resultados demonstraram que o grupo com superfície ativada apresentava uma maior média de contato osso-implante no período de dois e quatro semanas de acompanhamento, porém no período de oito semanas, a média do contato osso-implante não apresentava diferenças estatisticamente significantes. Isto demonstra que a veloci-

dade da formação óssea também é influenciada pelo tipo do tratamento da superfície. Outro estudo<sup>20</sup> demonstra que o aumento na velocidade da formação óssea pode influenciar diretamente na estabilidade do implante. Os mesmos tipos de superfície foram avaliados (SLA e SLActive) através de uma análise de frequência de ressonância (RFA – Osstell – Integration Diagnostics, Savedalen, Suécia). Os resultados demonstraram que todos os implantes apresentaram sucesso clinicamente, porém foi observado que ocorreu uma mudança da estabilidade primária para a estabilidade secundária após um período de duas semanas para o grupo teste (SLActive) e de quatro semanas para o grupo controle (SLA). Isto demonstra um maior potencial de formação óssea no grupo teste comparada ao grupo controle, concordando assim com o estudo anterior, e demonstra que essa velocidade de formação óssea influencia diretamente na estabilidade do implante.

Em 2008, autores<sup>26</sup> avaliaram três tipos de superfície de implantes através de diferentes metodologias (interferômetro, MEV, XPS) e as respostas do tecido ósseo a esses implantes (torque de remoção, avaliação histológica). As superfícies avaliadas sofreram três tipos de tratamento de superfície: jateada por TiO<sub>2</sub>, jateada por TiO<sub>2</sub> + tratamento com ácido fluorídrico; e jateada por TiO<sub>2</sub> + modificada por partículas de HA nanométricas. Os resultados demonstraram que o tratamento químico das superfícies produziu uma nanotopografia sobre a microtextura das superfícies jateadas. Análises químicas demonstraram a presença de íons específicos sobre as superfícies modificadas, como íons flúor para os implantes submetidos ao tratamento com ácido fluorídrico e íons de Ca e P para a superfície submetida a partículas de HA. Os resultados dos testes de torque de remoção demonstraram maiores valores de torque para as superfícies modificadas, comparadas à superfície jateada por TiO<sub>2</sub>. Isto indica que a nanotopografia associada à deposição de íons específicos sobre a superfície promove uma maior e mais rápida formação óssea, o que pode ser comprovada através dos exames histológicos. Estes resultados estão de acordo com os resultados de outros estudos<sup>27-28</sup>, demonstrando que a deposição de nanopartículas associada à nanotopografia potencializa a osseointegração.

Os diferentes tipos de tratamentos de superfície conferem à superfície dos implantes uma topografia mais rugosa, o que interfere diretamente nas respostas celulares e, conseqüentemente, na qualidade da osseointegração. Porém, esta rugosidade pode também potencializar a progressão de uma doença peri-implantar. Através de um estudo experimental em cães, autores sugerem que a progressão da doença peri-implantar é maior em implantes com superfície rugosa comparada a implantes com superfície polida<sup>29</sup>. Estes resultados estão de acordo com resultados de outro estudo<sup>30</sup>, que também sugere que a rugosidade das superfícies dos implantes têm influência direta sobre a progressão de

*Os diferentes tipos de tratamentos de superfície conferem à superfície dos implantes uma topografia mais rugosa, o que interfere diretamente nas respostas celulares e, conseqüentemente, na qualidade da osseointegração. Porém, esta rugosidade pode também potencializar a progressão de uma doença peri-implantar. Através de um estudo experimental em cães, autores sugerem que a progressão da doença peri-implantar é maior em implantes com superfície rugosa comparada a implantes com superfície polida<sup>29</sup>. Estes resultados estão de acordo com resultados de outro estudo<sup>30</sup>, que também sugere que a rugosidade das superfícies dos implantes tem influência direta sobre a progressão de uma doença peri-implantar, caso ela venha a ocorrer.*

uma doença peri-implantar, caso ela venha a ocorrer. Uma consideração a respeito é que nos dois estudos a doença peri-implantar foi induzida justamente para avaliar a sua progressão sobre diferentes tipos de superfície. Os estudos não afirmam que as rugosidades nas superfícies tratadas desencadeiam uma doença peri-implantar.

Diversos estudos clínicos demonstram a alta taxa de sucesso dos implantes com superfície tratada, inclusive em áreas com qualidade óssea pior, como a região posterior

da maxila e regiões submetidas a enxertos ósseos<sup>21-22</sup>. Os estudos revelam uma taxa de sucesso que varia entre 96% e 100%, comprovando os resultados dos estudos *in vitro*<sup>23-24</sup>, que demonstram a melhor resposta das superfícies tratadas comparadas às superfícies sem qualquer tipo de tratamento.

## Conclusão

As propriedades físicas e químicas das superfícies irão influenciar diretamente o fenômeno da osseointegração. As respostas celulares dependem da topografia, da energia de superfície, da carga e da camada de TiO<sub>2</sub> formada sobre a superfície do implante. A indústria utiliza diferentes métodos para o tratamento das superfícies, como: ataque ácido; ataque ácido + deposição de Ca e P; jateamento com alumina; jateamento com TiO<sub>2</sub>; jateamento com TiO<sub>2</sub> + tratamento com ácido fluorídrico; jateamento com fosfato de cálcio; jateamento com areia + ataque ácido; anodização; deposição de nanopartículas de íons Ca e P, entre outros métodos para obter uma melhor resposta tecidual.

É importante destacar que todos os métodos citados no presente trabalho promovem a osseointegração, porém com características diferentes.

Atualmente, a decisão clínica de qual tipo de implante utilizar cabe ao profissional e para isso ele pode contar com um grande número de publicações científicas que abordam o tema. Com isso, o profissional pode optar entre os diferentes tipos de tratamento de superfície baseados em evidências científicas, proporcionando assim um melhor tratamento aos seus pacientes.

Recebido em: jul/2009

Aprovado em: set/2009

Endereço para correspondência:

Marcelo Lievore de Brandão

Av. Nossa Senhora da Penha, 570 – Sala 503 – Centro da Praia Shopping

Praia do Canto

29059-900 - Vitória - ES

Tel.: (27) 3225-0234

marcelolive@hotmai.com

## Referências bibliográficas

1. Brånemark PI, Adell R, Breine U, Hansson BO, Lindström J, Ohlsson A. Intra-osseous anchorage of dental prostheses I. Experimental studies. *Scand J Plast Reconstr Surg* 1969;3:81-100.
2. Albrektsson T, Brånemark P-I, Hansson H.A. Lindström J. Osseointegrated titanium implants. Requirements for ensuring a long-lasting, direct bone-to-implant Anchorage in man. *Acta Orthopaedica Scandinavica* 1981;52:155-70.
3. Groisman M; Vidigal-Jr GM. Tipos de superfícies de implantes.. In: *Sobrape. (Org). Periodontia e Implantodontia - Atuação clínica baseada em evidências científicas. Sobrape; 2005. v.14, p.1-14.*
4. Albrektsson T. A multicenter report on osseointegrated oral implants. *J Prosth Dentistry* 1988;60(1):75-84.
5. van Steenberghe D, Lekholm U, Bolender C, Folmer T, Henry P, Herrmann I et al. The applicability of osseointegrated oral implants in the rehabilitation of partial edentulism: a prospective multicenter study on 558 fixtures. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1990;5:272-81.
6. Elias CN, Lima JHC, Santos MV. Modificações na superfície dos implantes dentários: da pesquisa básica à aplicação clínica. *Revista ImplantNews* 2008; 5(5):467-76.
7. Albrektsson T, Wennerberg A. Oral implant surfaces: Part 1 – Review focusing on topographic and chemical properties of different surfaces and in vivo responses to them. *Int J Prosthodont* 2004;17:536-46.
8. Albrektsson T, Wennerberg A. Oral implant surfaces: Part 2 – Review focusing on clinical knowledge of different surfaces. *Int J Prosthodont* 2004;17:544-64.
9. Gottlander M, Albrektsson T, Carlsson LV. A histomorphometric study of unthreaded hydroxyapatite-coated and titanium-coated implants in rabbit bone. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1992;7(4):485-90.
10. Vidigal-Jr, GM, Groisman M, Aragones LCA, Campos Junior A. Histomorphometric analyses of hydroxyapatite-coated and uncoated titanium dental implants in rabbit cortical bone. *Implant Dent* 1999;8(3):295-302.
11. Christenson EM, Anseth KS, van den Beucken JJ, Chan CK, Ercan B, Jasen JA et al. Nanobiomaterial applications in orthopedics. *J Orthop Res* 2007;25:11-22.
12. Mendonça G, Mendonça DBS, Araújo FJL, Cooper LF. Advancing dental implant surface technology – From micron to nanotopography. *Biomaterials* 2008; 29:3822-35.
13. Davies JE, Mechanisms of endosseous integration. *Int J Prosthodont* 1998; 11:391-401.
14. Park JY, Davies JE. Red blood cell and platelet interactions with titanium implant surfaces. *Clin Oral Impl Res* 2000;11:530-9.
15. Park JY, Gemmell CH, Davies JE. Platelet interactions with titanium: modulation of platelet activity by surface topography. *Biomaterials* 2001; 22(19):2671-82.
16. Wennerberg A, Albrektsson T. Suggested guidelines for the topographic evaluation of implant surfaces. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2000;15(3):331-444.
17. Buser D, Brogini N, Wieland M, Schenk R K, Denzer A J, Cochran D L et al. Enhanced bone apposition to a chemically modified SLA titanium surface. *J Dent Res* 2004;83(7):529-33.
18. Kang BS, Sul YT, Oh SJ, Lee HJ, Albrektsson T. XPS, AES and SEM analysis of recent dental implants. *Acta Biomater* 2009;5(6):2222-9.
19. Sul YT, Johansson CB, Petronis S, Krozer A, Jeong Y, Wennerberg A et al. Characteristics of the surface oxides on turned and electrochemically oxidized pure titanium implants up to dielectric breakdown: the oxide thickness, micropore configurations, surface roughness, crystal structure and chemical composition. *Biomaterials* 2002;23(2):491-501.
20. Oates TW, Valderrama P, Bischof M, Nedir R, Jones A, Simpson J et al. Enhanced implant stability with a chemically modified SLA surface: a randomized pilot study. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2007;22(5):755-60.
21. Fugazzotto PA, Vlassis J. Report of 1633 implants in 814 augmented sinus areas in function for up to 180 months. *Implant Dent* 2007;16(4):369-78.
22. Yamamichi N, Itose T, Neiva R, Wang HL. Long-term evaluation of implant survival in augmented sinuses: a case series. *Int J Periodontics Restorative Dent* 2008;28(2):163-9.
23. Nebe B, Luthen F, Lange R, Becker P, Beek U, Rychly J. Topography-induced alterations in adhesion structures affect mineralization in human osteoblasts on titanium. *Materials Science and Engineering C* 2004;24(5):619-24.
24. Deligianni DD, Katsala N, Ladas S, Sotiropoulou D, Amedee J, Missirlis YF. Effect of surface roughness of the titanium alloy Ti-6Al-4V on human bone marrow cell response and on protein adsorption. *Biomaterials* 2001;22(11):1241-51.
25. Valencia S, Gretzer C, Cooper LF. Surface nanofeature effects on titanium-adherent human mesenchymal stem cells. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2009; 24(1):38-46.
26. Meirelles L, Currie F, Jacobsson M, Albrektsson T, Wennerberg A. The effect of chemical and nanotopographical modifications on the early stages of osseointegration. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2008;23(4):641-7.
27. Telleman G, Albrektsson T, Hoffman M, Johansson CB, Vissink A, Meijer HJ et al. Peri-Implant Endosseous Healing Properties of Dual Acid-Etched Mini-Implants with a Nanometer-Sized Deposition of CaP: A Histological and Histomorphometric Human Study. *Clin Implant Dent Relat Res* 2009 Apr; 23.
28. Abrahamsson I, Albouy JP, Berglundh T. Healing at fluoride-modified implants placed in wide marginal defects: an experimental study in dogs. *Clin Oral Implants Res* 2008;19(2):153-9.
29. Berglundh T, Gottfredsen K, Zitzmann NU, Lang NP, Lindhe J. Spontaneous progression of ligature induced peri-implantitis at implants with different surface roughness: an experimental study in dogs. *Clin Oral Impl Res* 2007;18:655-61.
30. Albouy J-P, Abrahamsson I, Persson LG, Berglundh T. Spontaneous progression of peri-implantitis at different types of implants. An experimental study in dogs. I: Clinical and radiographic observations. *Clin Oral Impl Res* 2008; 19:997-1002.