

**CARACTERÍSTICAS DO PROCESSO DE OSSEOINTEGRAÇÃO
NOS IMPLANTES DENTÁRIOS DE TITÂNIO EM HUMANOS:
REVISÃO DE LITERATURA**

*CHARACTERISTICS OF OSSEOINTEGRATION PROCESS IN HUMANS
TITANIUM DENTAL IMPLANTS: LITERATURE REVIEW*

Maria Aparecida Salinas Ortega¹

Gabriel Koch²

Leandro Chambrone³

1 - Aluna de Mestrado em Biodontologia, Universidade Ibirapuera

2 - Aluno de Iniciação Científica, Universidade Ibirapuera

3 - Prof. Dr. Titular de Biodontologia, Universidade Ibirapuera

Autor para correspondência:

Maria Aparecida Salinas Ortega

Rua Dona Leopoldina 67 São Paulo - SP

CEP 04278 040 São Paulo/SP. Brasil

Email: masortega@gmail.com

RESUMO

Introdução: Apesar das técnicas cirúrgicas visarem um resultado previsível de cicatrização e osseointegração, os mecanismos pelos quais ocorre a íntima ancoragem entre o implante de titânio e o osso ainda não são completamente compreendidos, e o que se sabe é que a porcentagem de osso mineralizado ligado a superfície do implante (BIC) é determinante para o sucesso a longo prazo. Vários autores têm demonstrado percentagens de BIC mais elevadas em diversos tratamentos de superfície, diminuído desta forma o tempo de osseointegração e aumentando a longevidade destes implantes. **Objetivo:** O objetivo deste trabalho foi realizar uma revisão de literatura das características do processo de osseointegração dos implantes dentários de titânio em humanos e determinar os fatores para o sucesso clínico dos mesmos. **Metodologia:** Realizamos uma criteriosa busca nas bases de dados até julho de 2016 limitadas nas línguas portuguesa e inglesa e aplicamos os critérios de inclusão e exclusão, resultando em 12 artigos. **Revisão de literatura:** Realizamos através da revisão de literatura uma comparação entre os diferentes tratamentos de superfície de implantes dentários de titânio em períodos menores de cicatrização, como implantes usinados, implantes OSSEOTITE, implantes com fabricação a laser, implantes com condicionamento ácido, com superfície oxidada e com adição de nanomoléculas. **Conclusão:** Diversos tratamentos de superfície dos implantes podem aumentar o

contato osso-implante, assim como a densidade óssea peri-implantar, o que pode resultar clinicamente em uma melhor e mais rápida osseointegração, porém ainda se necessita de mais estudos para identificar qual tratamento de superfície traz maiores benefícios.

Descritores: implantes dentários, osseointegração, titânio, osso alveolar, espaço biológico.

ABSTRACT

Introduction: Although surgical techniques target a predictable healing and osseointegration result, the mechanisms associated to the intimate anchorage between the titanium implant and the bone are still not fully understood. It is known that the percentage of bone-implant contact (BIC) is the key to long-term success. Several authors have demonstrated higher percentages of BIC in several surface treatments, thus reducing osseointegration time and increasing the longevity of these implants. **Objective:** The purpose of this study was to perform a literature review of the characteristics of the osteointegration process of titanium dental implants in humans and determine the factors for their clinical success. **Methodology:** MEDLINE (via PUBMED) database was searched to include papers published up to and including July 2016. **Results and Conclusions:** We compared the different types of implant surface treatment and their anticipated healing periods. It could be noticed that several surface treatments of implants may increase bone-implant contact, as

well as peri-implant bone density, which may result in a better and faster osseointegration, but the literature still requires more studies to identify the best surface treatment in implants.

Descriptors: dental implants, osseointegration, alveolar bone, biologic width.

INTRODUÇÃO

Atualmente a implantodontia é o método mais moderno de reabilitação protética, porém para que se obtenha sucesso clínico é necessário que ocorra o fenômeno da osseointegração, que é definido como o processo de conexão direta estrutural e funcional entre o osso vivo e a superfície de um implante sob carga funcional^{1,2}. Inicialmente observou-se na osseointegração que o titânio era o material mais indicado na confecção de implantes pelas suas propriedades físicas e biológicas³. A comprovação clínica do princípio básico da osseointegração permitiu que outras situações clínicas de ausências dentárias unitárias e parciais fossem contempladas, exigindo o desenvolvimento de

novos conceitos, princípios, tecnologias e técnica cirúrgicas⁴.

Apesar das técnicas cirúrgicas visarem um resultado previsível de cicatrização e osseointegração, os mecanismos pelos quais ocorre a íntima ancoragem entre o implante de titânio e o osso ainda não são completamente compreendidos⁵, e o que se sabe é que a porcentagem de osso mineralizado ligado a superfície do implante (BIC) é determinante para o sucesso a longo prazo^{6,7}. Estudos mostraram que a cicatrização começa imediatamente após a inserção do implante dentário, com a formação de um coágulo de sangue no espaço perimplantar^{8,9}, e a rugosidade e o tipo da superfície do implante pode ser um fator importante no processo de osseointegração devido a uma maior adsorção de proteínas, proliferação e a deposição de tecido ósseo^{10,11}.

A demanda pelo aumento da sobrevivência dos implantes dentários em locais com menor qualidade óssea levou à uma busca de novas propriedades

microestruturais da superfície dos implantes visando melhorar teoricamente o contato osso-implante (BIC)^{12,13}. Desta forma, diversos tratamentos da superfície dos implantes, como jateamento de partículas, ataque ácido, uso de laser na fabricação, anodização eletroquímica, recobrimento com camada de materiais biocompatíveis, técnicas de implantação iônica e técnicas de aspersão a plasma, foram descritas^{14,15}.

Vários autores têm demonstrado percentagens de BIC mais elevadas em diversos tratamentos de superfície, diminuído desta forma o tempo de osseointegração e aumentando a longevidade destes implantes¹⁶. Alguns estudos também realizaram uma comparação entre os diferentes tratamentos de superfície de implantes dentários de titânio em períodos menores de cicatrização.

Assim, a proposição do presente trabalho é realizar uma revisão sistemática analisando as características da osseointegração

dos implantes dentários de titânio em humanos e determinar os fatores para o sucesso clínico dos mesmos.

REVISÃO DE LITERATURA

1. Base de dados

A busca eletrônica foi realizada em literatura médica e odontológica internacional nos bancos de dados MEDLINE (via PubMed).

2. Critérios de inclusão dos estudos

Foram incluídos estudos não-randomizados e randomizados com controles histológicos que forneceram dados relativos à estudos em humanos e que descreveram os padrões de osseointegração em torno dos implantes dentários de titânio instalados em crista alveolar, região enxertada e alvéolos não-enxertados.

3. Critérios de exclusão

Os critérios de exclusão foram relatos de casos, séries de casos e estudos observacionais que não foram incluídos na revisão.

4. Estratégias de busca

A busca foi realizada nas bases de dados até julho de 2016,

limitada a estudos nas línguas portuguesa e inglesa, empregando os termos listados abaixo:

- 1- “dental implant osseointegration” ou “dental implant bone” ou “dental implant healing”
- 2- “implant” ou “dental implant” ou “osseointegration” ou “healing”
- 3- “bone histology” ou “histology” ou “tissue histology” ou “bone formation”

5. Seleção dos estudos

A seleção dos estudos obedeceu aos seguintes passos:

- 1º Avaliação dos títulos dos estudos identificados através da aplicação das estratégias de busca.
- 2º Os artigos cujos títulos sugeriam corresponder ao objetivo da presente revisão foram pré-selecionados para análise de seus resumos.
- 3º Após o estudo dos resumos, foram analisados os textos completos dos artigos que pareciam preencher os critérios de inclusão. Também foram obtidos os textos completos dos estudos cujos resumos não forneciam dados suficientes para uma decisão clara.

- 4º Finalmente, após a leitura dos textos completos, os estudos que atendiam aos critérios de inclusão e não apresentavam nenhum dos critérios de exclusão foram inseridos na revisão

DISCUSSÃO

Inúmeros estudos experimentais em humanos focados nos tratamentos de superfície existentes foram descritos a fim de encontrar uma resposta para melhorar em termos de contato osso-implante (BIC) e densidade óssea peri-implantar, em comparação com resultados encontrados em implantes de superfície lisa.

Quanto mais rugosa a superfície do implante, mais rápido têm-se mostrado a osseointegração e uma porcentagem maior de BIC, porém estudos mostraram que essa porcentagem de BIC não depende somente da superfície de implante, como também da densidade e qualidade óssea, além do tempo de pós-operatório^{17, 18}.

O grau de osso trabeculado, também conhecido como densidade

óssea, qualidade óssea, ou, em termos histológicos, volume ósseo, representa a quantidade da matriz ou trabécula óssea presente em uma determinada área dos maxilares¹⁷.

Segundo Tristi et al⁵, se uma superfície do implante induz uma taxa BIC menor do que o esperado com base no volume ósseo peri-implantar, tal superfície pode ser classificada como não-condutora. Quando uma superfície de implante induz a mesma taxa de BIC e o esperado com base no volume ósseo peri-implantar, tal superfície pode ser classificada como neutra. Agora, se uma superfície induz uma taxa de BIC superior ao esperado com base no volume ósseo peri-implantar, tal superfície é classificada como osseocondutora.

Tristi et al ⁵, comparou dois tipos de superfície em um mesmo implante após seis meses de instalação, sendo um lado do implante com tratamento OSSEOTITE e o outro lado uma superfície de titânio usinado. O lado do implante de titânio usinado mostrou valores de BIC inferiores

ao esperado em relação ao volume ósseo peri-implantar, mostrando desta forma, ser uma superfície não-condutora e não-neutra. Já o lado do OSSEOTITE apresentou um BIC superior ao esperado em relação ao volume ósseo peri-implantar, o que significou que a superfície OSSEOTITE se mostrou uma superfície osseocondutora. Esse achado foi correlacionado devido à fixação de fibrina na rugosidade da superfície do implante, possibilitando o anexo de células osteogênicas e a formação de osso mais precocemente.

Outro método de tratamento de superfície existente se baseia na aplicação de laser para a confecção dos implantes dentários. Esse método é realizado após um feixe de laser de alta potência ser direcionado para uma porção de metal em pó, que através de um arquivo digital 3D, funde tais partículas formando uma camada fina de metal e posteriormente o implante dentário. Esse tipo de tecnologia permite a fabricação de implantes com diferentes formas e texturas, podendo apresentar uma

porosidade perpendicular gradiente ao longo eixo do implante.

Shibli et al ¹⁹, realizou um estudo comparando implantes com fabricação a laser com a aplicação ou não de carga imediata, e demonstrou que os implantes com carga imediata tiveram um valor de BIC maior quando comparado com implantes sem carga imediata em uma avaliação histológica após 2 meses de instalação.

Shibli et al¹⁵, também comparou em um outro estudo a quantidade de BIC encontrado após 8 meses de instalação de implantes usinados, com fabricação à laser (DFL) e com tratamento de superfície através de jateamento e condicionamento ácido (SLA). Em seus resultados, demonstrou que os implantes DFL eram mais bem adaptados para as propriedades elásticas do osso, podendo melhorar as taxas de sucesso a longo prazo. Em relação à quantidade de BIC, Shibli et al ¹⁵ demonstrou que tanto o implante DFL, quanto o SLA apresentaram médias mais elevadas de BIC em relação à superfície usinada. Tais

resultados sugerem que a proliferação e diferenciação das células ósseas são reforçadas pela rugosidade da superfície implantar, reforçando o aspecto osseointegrador dos tratamentos de superfície em questão.

Klokkevold et al²⁰, sugeriram que o tratamento ácido da superfície dos implantes aumenta a osseointegração do implante igualmente à tratamentos de superfícies mais complexas, como aspensão a plasma e revestimento de hidroxiapatita.

Grassi et al²¹, avaliou histologicamente a resposta óssea após dois meses da instalação de implantes usinados e implantes com tratamento de jateamento e condicionamento ácido, realizando uma comparação entre os dois grupos, e concluiu que a topografia da superfície é importante para a resposta do tecido ósseo frente à um implante dentário, uma vez que o implante usinado não fornece uma ancoragem entre implante e osso, principalmente em locais com densidade óssea pobre, como a região posterior de maxila, e os

implantes com tratamento de superfície através do jateamento e condicionamento ácido mostraram uma porcentagem maior de osso em contato com o implante.

Trisi et al²², também obteve resultado semelhante em comparação histológica de implantes usinados e implantes com condicionamento duplo-ácido após dois meses de instalação, onde os implantes com o tratamento de superfície apresentaram um maior BIC e um aumento da formação óssea ao longo da superfície, atingindo cerca de 50% de contato osso-implante, possibilitando a aplicação de carga segundo Albrektsson e Johansson.

Estudos mostraram que a adição de depósitos finos de cristais de hidroxiapatita e de fosfato de cálcio nas superfícies dos implantes aceleraram a formação de osso e aumentaram a resistência da ligação osso-implante²³, além de que as propriedades físico-químicas das superfícies dos implantes em escala nanométrica podem aumentar ainda mais a resposta do hospedeiro nos primeiros

momentos após instalação dos implantes^{24, 25}.

As propriedades de superfície em escala nanométrica podem modular ainda mais as características de aderência da camada de proteína no nosso corpo. A estrutura em nanoescala da matriz extracelular fornece uma rede essencial e natural de nanofibras para apoiar células e orientar o comportamento para a formação óssea²⁴.

Baseado nessas informações, Orsini et al²⁶, realizou um estudo comparativo entre implantes com ataque ácido e adição de nanopartículas de cálcio e implantes com somente o condicionamento duplo-ácido. Em uma avaliação histológica após dois meses de cicatrização óssea, o estudo demonstrou um aumento da capacidade osseocondutora da superfície tratada com condicionamento ácido associada à adição de nanopartículas de cálcio. Portanto, concluiu-se que a deposição de cristais nanométricos na superfície pode ser clinicamente vantajoso para encurtar o período

de cicatrização do implante e, desta forma, possibilitar uma aplicação de carga mais precocemente, principalmente em regiões com densidade óssea pobre ²⁶.

Ivanoff et al ²⁷, seguindo o mesmo conceito, realizou um estudo comparativo entre implantes com tratamento de condicionamento duplo-ácido e implantes com tratamento de superfície com adição de moléculas de biocerâmica. A avaliação histológica após 2 meses de cicatrização óssea mostrou um BIC e um índice de osteócito maior em implantes com superfície tratadas com moléculas de biocerâmica, sugerindo uma osseointegração mais rápida neste tipo de tratamento de superfície.

Outro método de tratamento de superfície citado na literatura e muito comumente utilizado no mercado é a oxidação anódica, que é uma técnica que modifica a superfície do implante formando uma camada de óxido com uma espessura de 1-10^μm, aumentando desta forma, a rugosidade e a porosidade da superfície implantar.

Shibili et al ^{28, 29}, através de dois estudos comparativos entre implantes de titânio “turned” e implantes com superfície oxidadas, demonstrou que as superfícies dos implantes oxidados apresentavam melhores valores de BIC e de volume ósseo em comparação com os implantes “turned” após um período de 2 meses de instalação dos implantes.

Ivanoff et al ³⁰, também demonstrou através de um estudo que após 3 meses e 6 meses de instalação dos implantes em mandíbula e maxila, respectivamente, os implantes com superfície oxidada apresentaram um maior contato osso-implante em comparação com implantes “turned”. O autor concluiu que a razão para esses resultados depende de uma ou várias diferenças da superfície, como: 1- a camada de oxido mais espessa; 2- o aumento da rugosidade da superfície; 3- a presença de uma superfície mais porosa; e 4- a mudança na estrutura cristalina.

CONCLUSÃO

Podemos concluir através desta breve revisão de literatura que os diversos tratamentos de superfície dos implantes podem aumentar o contato osso-implante, assim como a densidade óssea peri-implantar, o que pode resultar clinicamente em uma melhor e mais rápida osseointegração, até mesmo em regiões de qualidade óssea reduzida, porém ainda se necessita de mais estudos para identificar qual tratamento de superfície traz maiores benefícios.

REFERÊNCIAS

1. Brånemark PI, Adell R, Breine J. Intraosseous anchorage of dental prostheses. Experimental studies. *Scand. J. Plast. Reconstr. Surg.*, Stockholm, 1969; 3(2): .81-100.
2. Brånemark PI, Adell R, Albrektsson T. Osseointegrated titanium fixtures in the treatment of edentulous ness. *Biomaterials*, [s. i], 1983; 4(1): 25-8.
3. Brånemark PI, Hanssin, BO, Adell R. Osseointegrated implants in the treatment of edentulous jaw: experience from a 10-year period. *Scand. J. Plast. Reconstr. Surg.*, Stockholm, 1977; 16,(1): 132.
4. Ashley ET, Covington LL., Bishop BG, Breault LG. Ailing and failing endosseous dental implants: a literature review. *J Contemp Dent Pract.* 2003; 4(2): 35-50.
5. Trisi, P., Lazzara, R., Rao, W., Rebaudi, A. Bone-Implant Contact and Bone Quality: Evaluation of Expected and Actual Bone Contact on Machined and Osseotite Implant Surfaces. *Int J Periodontics Restorative Dent* 2002;22:535–545.
6. Buser D, Schenk RK, Steineman S, Fiorellini JP, Fox CH, Stich H. Influence of surface characteristics on bone integration of titanium implants. A histomorphometric study in miniature pigs. *J Biomed Mater Res* 1991;25:880–902.
7. Gotfredsen K, Nimb L, Hjørting-Hansen E, Jensen JS, Zholmen A. Histomorphometric and removal torque analysis for TiO₂-blasted titanium implants. An experimental study in dogs. *Clin Oral Implants Res* 1992;3:77–84.
8. Meyer A, Baier R, Natiella J, Meenagha M. Investigation of tissue/implant interactions during the first two hours of implantation. *J Oral Implantol* 1988;14:363–379.
9. Zechner W, Tangl S, Fürst G, Tepper G, Thams U, Mailath G, Watzek G. Osseous healing characteristics of three different implant types. A histological and histomorphometric study in minipigs. *Clin Oral Implant Res* 2003;14:150–157.
10. Davies JE et al. Bone bonding at natural and biomaterial surfaces. *Biomaterials* 2007;28:5058–5067.
11. Roach P, Eglin D, Rodhe K, Perry CC. Modern biomaterials: A review—Bulk properties and implications of surface modifications. *J Mater Sci Mater Med* 2007;18:1263–1277.
12. Friberg B, Jemt T, Lekholm U. Early failures in 4641 consecutively placed Brånemark dental implants. A study from stage I

- surgery to the connection of completed prostheses. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 1991;6:142-146.
13. Jaffin RA, Berman CL. The excessive loss of Branemark fixtures in type IV bone. A 5-year analysis. *J Periodontol.* 1991;62:2-4.
14. Marin C, Granato R, Bonfante EA, Suzuki M, Janal MN, Coelho PG. Evaluation of a nanometer roughness scale resorbable media-processed surface: A study in dogs. *Clin Oral Implants Res* 2012;23:119-124.
15. Shibli JA, Mangano C, D'ávila S, et al. Influence of direct laser fabrication implant topography on type IV bone: a histomorphometric study in humans. *J Biomed Mater Res A* 2010;93:607-614.
16. Giavaresi G et al. Mechanical and histomorphometric evaluations of titanium implants with different surface treatments inserted in sheep cortical bone. *Biomaterials,* 2003; 24(9): 1583-1594.
17. Buser D, Schenk RK, Steineman S, Fiorellini JP, Fox CH, Stich H. Influence of surface characteristics on bone integration of titanium implants. A histomorphometric study in miniature pigs. *J Biomed Mater Res* 1991;25:880-902.
18. Buser D. Effect of various titanium surface configurations on osseointegration and clinical implant stability. *Proceedings of the Third European Workshop on Periodontology, Implant Dentistry.* Berlin: Quintessence, 199;88-101.
19. Shibli J, Magano C, Magano F, Rodrigues JA, Cassoni A, Bechara K, et al. Bone-to-Implant Contact Around Immediately Loaded Direct Laser Metal-Forming Transitional Implants in Human Posterior Maxilla. *Journal of Periodontology,* 2013;84(6): 120-6.
20. Klokkevold PR, Johnson P, Dadgostari S, Caputo A, Davies JE, Nishmura RD. Early endosseous integration enhance by dual acid etching of titanium: a torque removal study in the rabbit. *Clin oral Implant Res,* 2001;12:350-357.
21. Grassi S, Piattelli A, Ferrari DS, Figueiredo LC, Feres M, Iezzi G et al. Histologic Evaluation of Human Bone Integration on Machined and Sandblasted Acid-Etched Titanium Surfaces in Type IV Bone. *J Oral Implantology* 2007; 33(1): 8-12.
22. Trisi P, Lazzara R, Rebaudi A, Rao W, Testori T, Porter SS. Bone-Implant Contact on Machined and Dual Acid-Etched Surfaces After 2 Months of Healing in the Human Maxilla. *J Periodontology* 2003; 74(7):945-56.
23. Oh S, Tobin E, Yang Y, Canes DL, Ong JL. In vivo evaluation of hydroxyapatite coatings of different 128-134. crystallinities. *Int J Oral Maxilloca Implantas* 2005; 20:726-731.
24. Marin C, Granato R, Suzuki M, Gil KN, Piattelli A, Coelho PG. Removal torque and histomorphometric evaluation of bioceramic grit-blast/acid-etched and dual acid-etched implant surfaces: an experimental study in dogs. *J periodontal* 2008; 79(10):1942-9.
25. Stevens MM, George JH. Exploring and engineering the cell surface interface. *Science* 2005; 310:1135-1138.
26. Orsini G, Piattelli M, Scarano A, Petrone G, Kenealy J, Piattelli A et al. Radomized, Controlled Histologic

and Histomorphometric Evaluation of Implants with Nanometer-Scale Calcium Phosphate Added to the Dual Acid-Etched Surface in the Human Posterior Maxilla. *J Periodontol*, February 2007; 78(2):209-18.

27. Ivaoff CJ, Widmark G, Johansson C, Wennerber A. Histologic Evaluation of Bone Response to Oxidized and Turned Titanium Micro-implants in Human Jawbone. *Clin Oral Impl. Res.* 2002; 14: 67-75.

28. Shibili JA, Grassi S, Figueiredo LC, Feres M, Marcantonio E, Iezzi G et al. Influence of Implant Surface Topography on Early Osseointegration: A Histological Study in Human Jaws. *Wiley InterScience* 2007; 80(2): 377-85.

29. Shibili JA, Grassi S, Piattelli A, Pecora GE, Ferrari DS, Onuma T et al. Histomorphometric Evaluation of Bioceramic Molecular Impregnated and Dual Acid-Etched Implant Surfaces in the Human

Posterior Maxilla. *Clinical Implant Dentistry and Related Research*, 2010; 12(4):281-88.

30. Ivanoff CJ, Hallgreen C, Widmark G, Sennerby L, Wennerberg A. Histologic evaluation of the bone integration of TiO₂ blasted and turned titanium microimplants in humans. *Clin Oral Impl. Res.* 2001; 12: