

SUPERFÍCIE DE IMPLANTES DE TITÂNIO E SUA CAPACIDADE DE ESTÍMULO NA FORMAÇÃO ÓSSEA: UMA REVISÃO DE LITERATURA

Surface of Titanium Implants and your Ability to Stimulate Bone Formation: A Review of Literature

Lino João da Costa¹, Emerson Tavares de Sousa², Felipe Leite de Lucena³, Rebeca Cecilia Vieira de Souza⁴

1 - Professor associado da disciplina de Estomatologia e Implantodontia da UFPB

2 - Mestrando do programa de pós-graduação em odontologia da UFPB

3 - Cirurgião-dentista graduado pela UFPB

4 - Mestre em Estomatologia e Especialista em Cirurgia Bucomaxilofacial

Palavras-Chave:

Implante dentário. Osseointegração. Propriedades Químicas.

RESUMO

Durante anos o grande desafio da odontologia tem sido a busca por métodos que reabilitem os pacientes de forma menos traumática e eficaz do ponto de vista funcional e estético. Nessa interface, os implantes dentários surgiram e estão em pleno desenvolvimento tecnológico para garantir a satisfação dos pacientes. Dessa forma, o objetivo deste trabalho foi revisar a literatura sobre as superfícies de implantes de titânio e sua capacidade de estímulo na formação óssea, enfocando evidências científicas acerca das alterações químicas e topográficas no contexto da osseointegração.

KEY WORDS:

Dental implant. Osseointegration. Chemical Properties

ABSTRACT

For years the big challenge of dentistry has been the search for methods that rehabilitates patients less traumatic, and more effective functionally and aesthetically. In this interface, dental implants have emerged and are being increasingly perfected to ensure the complete satisfaction of rehabilitated patients. Thus, the aim of this study was to develop a theoretical review on the surfaces of titanium implants and their ability to stimulate bone formation focusing on scientific evidence of chemical and topographical changes in the context of osseointegration.

AUTOR CORRESPONDENTE:

Lino João da Costa

Rua Bancário Waldemar de Mesquita Accioly, 317, aptº 204,
Bancários, João Pessoa-PB\Brasil. CEP: 58051-420

797

INTRODUÇÃO

Restituir a saúde bucal do paciente mutilado pela perda dentária sempre foi um grande desafio e mesmo com a evolução das políticas preventivas em saúde bucal se observa a crescente necessidade de reposição de dentes perdidos, que tendência a métodos cada vez mais sofisticados. Em meio a esse cenário, surgiu a implantologia como ciência, graças às constatações de Branemark¹ sobre a interação biomaterial-osso, chamada de osseointegração.

Os implantes dentários são dispositivos de fixação ao osso, que dependem de uma complexa interação entre conjuntivo e oxido metálico, no processo denominado osseointegração², o qual está associado às respostas celulares que resultam na formação de osso junto à superfície dos implantes, a depender de fatores como: estado do hospedeiro, técnica cirúrgica, biocompatibilidade, desenho do implante, condições da superfície e controle de cargas após a instalação^{3,4}.

A superfície do implante vem recebendo uma maior atenção, devido evidências que comprovem seu melhor desempenho clínico frente a modificações. Frequentemente se publica sobre o uso de tratamentos de superfície em implantes para melhorar a resposta do organismo e

favorecer a formação óssea adequada para suportar as cargas mastigatórias⁵. Baseado nisso, a proposta deste estudo foi fazer um compilado de ideias na forma de um levantamento bibliográfico sobre as tendências atuais das superfícies dos implantes de titânio e sua capacidade de estímulo a formação óssea.

REVISÃO DE LITERATURA

Nos primeiros 20 anos de experiência, a biocompatibilidade do implante de titânio apoiou-se no sucesso da osseointegração e dominou o pensamento clínico. Subsequentemente, experiências com a topografia de superfície e suas propriedades químicas encorajaram novas considerações de melhorias na formação óssea.

As características da superfície implicam no complexo processo de osseointegração de diversas formas. Vários trabalhos revelaram a natureza da biocompatibilidade do implante de titânio comercialmente puro e suas vantagens pragmáticas à custa da camada de oxido de titânio (TiO₂) e da baixa sinalização inflamatória nas células adjacentes¹. Adicionalmente, o filme de TiO₂ formado espontaneamente, tem alta densidade,

boa aderência ao substrato, grande resistência à corrosão, estabilidade térmica, baixa solubilidade e nenhuma toxicidade *in vivo*. Porém, as propriedades desse óxido nativo não são as melhores para garantir a resposta celular positivamente integrativa, podendo a osseointegração durar de meses a mais de um ano para se concretizar⁶.

Neste sentido, a ciência tem desenvolvido mecanismos de otimização e controle da integração óssea nos processos de usinagem e tratamentos subsequentes, que determinam características da superfície dos implantes, em especial: estrutura eletrônica, cristalinidade, composição química, propriedades químico-mecânicas, além da capacidade natural de formar fosfato de cálcio semelhante à apatita sobre a superfície do óxido³.

Clínicamente é notável a repercussão desses tratamentos, expressos na forma de tecnologias que objetivam: 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, aumentar a área possível de osseointegração⁷. Nessa interface relata-se^{1,4} que as mais importantes propriedades de superfície, passíveis de modificação são topografia, química, carga de superfície e molhabilidade.

Propriedades Topográficas e Osseointegração

Modificações na topografia, energia da superfície e molhabilidade dos implantes, podem modificar a resposta osteoblástica quanto ao número de células adsorvidas na superfície, atividade da fosfatase alcalina e osteocalcina, acelerando a osteogênese e consequentemente a osseointegração e estabilidade secundária^{4,8}. Esses efeitos são potencializados quando essas alterações culminam no aumento da polaridade desses dispositivos⁸.

A medida da estabilidade primária do implante com morfologia de superfície rugosa e lisa foi estudada e concluiu-se que implantes rugosos tem taxa de sucesso significativamente mais alta⁹, talvez devido ao aumento da camada de TiO₂ disponível que é um dos fatores mais importantes no processo de adesão e diferenciação celular³. A superfície porosa tem sido considerada como uma boa alternativa para revestimentos rugosos. Estes são destinados a aperfeiçoar a resistência interfacial material-osso, culminando na melhor fixação do implante, graças à interdigitação do tecido ósseo ao implante e o potencial aumento de adesão celular¹⁰.

Existem numerosas classificações para as superfícies dos implantes que levam em consideração os mais diversos aspectos. Quanto a rugosidade superficial são categorizadas em: minimamente rugosa (0.5-1 µm), medianamente rugosa (1-2 µm) e rugosa (2-3 µm), considerando-se lisa como sendo < 0.5 µm¹¹. A rugosidade entre 1-1,5 µm e diâmetro de 4 µm seriam ideais com relação à capacidade de resistir à remoção por cisalhamento¹². Adicionalmente, quando a textura é objeto de estudo, pode-se categorizar em: côncava (tratamentos de adição como revestimento com HA e spray de plasma de titânio)

e convexa (tratamentos de subtração como ataque ácido e jateamento)¹³.

Recentemente a nanotecnologia tornou-se tendência, já que por meio de suas nanorrugosidades (1-100 nanômetros em ao menos uma das suas três dimensões) facilita a osseointegração em escala nanométrica, à custa do aumento considerável da área reativa para adesão celular^{14, 15}.

Potenciais desvantagens podem resultar da rugosidade de superfície, dentre elas cita-se a maior taxa de formação de biofilme e o aumento da perimplantite^{16,17}. Entretanto, um estudo comparou superfícies moderadamente rugosas (tioblasted) e superfícies minimamente rugosas (usinadas) em pacientes acompanhados por até 12 anos, não sendo encontradas diferenças entre os dois tipos de implantes quanto à quantidade de osso, placa, cálculo, sangramento e profundidade de sondagem¹⁸. Nesse contexto, buscando elucidar essa problemática é necessário o estudo e desenvolvimento de tecnologias de superfícies que inibem ou reduzem a adesão bacteriana^{16, 17}.

Propriedades Físico-químicas e Osseointegração

A Composição química da superfície do implante também possui papel fundamental nos primeiros estágios de formação óssea, sendo determinante no recrutamento de células e proteínas da matriz extracelular, assim como nas modificações estruturais subsequentes¹⁹.

As características químicas das superfícies dizem respeito à energia de superfície e carga. Uma alta energia de superfície representa melhor molhabilidade e maior afinidade por adsorção, e isto determina se o biomaterial é hidrofílico ou hidrofóbico. Em outras palavras, implantes com alta energia de superfície devem apresentar osseointegração mais forte, devido à melhor adsorção das proteínas^{2,20} e melhor interação com fluidos biológicos e células²¹.

Um estudo realizado em humanos comparou superfícies moderadamente rugosas hidrofílicas e hidrofóbicas quanto a que apresentava osseointegração mais precoce, neste notou-se que o grau de osseointegração em quatro semanas foi maior em implantes com superfície hidrofílica²².

Idealmente, os agentes biomiméticos aplicados à superfície de implantes devem possuir: (1) capacidade de induzir diferenciação das células específicas; (2) fácil síntese ou produção; (3) capacidade de reabsorver em resposta a ação osteogênica; (4) baixa ou nenhuma toxicidade; (5) estabilidade química até a colocação na cavidade cirúrgica; e (6) bom custo-benefício. No entanto, até o momento, nenhum dos materiais disponíveis pode cumprir todos estes requisitos²³.

Os processos de tratamentos de superfícies podem ser divididos em métodos de adição e subtração. Este pode ser representado por processos como: ataque ácido da superfície e jateamento com óxidos ou areia, aquele por adição de hidroxiapatita, aspersão térmica por plasma, oxidação anódica, pó de titânio prensado à superfície².

DISCUSSÃO

Implantes dentários têm uma história longa e de sucesso. A porcentagem de fracasso é muito baixa, aproximadamente

5%, ocorrendo principalmente devido infecção, rejeição, perda acelerada de osso, e pobre osseointegração. A causa mais frequente do fracasso é a insuficiente formação óssea ao redor do biomaterial imediatamente após a implantação^{14,24}.

Apesar de sua biocompatibilidade, o titânio por si só é incapaz de induzir a aposição óssea, por isso, pesquisas recentes estão focadas na melhoria dos tratamentos de superfície para promover uma integração precoce, encurtando assim o tempo necessário para o tratamento²⁰. Um dos fatores que influencia a resposta biológica nos implantes dentários é a topografia da superfície, e vários estudos procuram encontrar qual a rugosidade ideal para a osseointegração^{2,13,22}.

O estudo da rugosidade foca-se nos implantes de superfície rugosa, nanorugosa e porosa. Implantes de superfície porosa facilitam a proliferação de células ósseas e maioria dos estudos relata como ideal o diâmetro de 100-400 µm. Uma pesquisa avaliou a reparação óssea ao redor de implantes de superfície porosa e rugosa, implantados em tibia de coelho, e concluiu que a superfície porosa contribuiu mais para a osseointegração devido a sua maior superfície de contato¹⁰. Adicionalmente, este tipo de implante foi testado em um estudo retrospectivo com Endopore por 9 anos de funcionamento, no qual foi constatado uma taxa de sucesso de 97,5%²⁵.

O estudo em escala nanométrica tem demonstrado ser bastante relevante no contexto da osseointegração, influenciando na adesão celular específica, proliferação e diferenciação^{14,15}. Entretanto, existem poucas pesquisas sobre a importância das nanoestruturas na integração osso-implante, e os que existem indicam que estes têm um impacto na cicatrização óssea nos momentos iniciais.

Avaliou-se a rugosidade de superfície de implantes nanoestruturados, jateados e implantes SLA (superfície tratada com jatos de areia e ataque ácido). A superfície nanoestruturada mostrou valores de aspereza estatisticamente mais altos que as duas outras superfícies, com mais homogeneidade num arranjo de saliências e depressões²⁶. Um estudo comparativo analisou implantes SLActive (mais hidrofílico que o SLA) entre 1,2-3,99 µm, e NanoTite (criado pela deposição de CaP cristais de 20-100nm), e não foram encontradas diferenças estatísticas entre as superfícies, concluindo que implantes rugosos e nanoestruturados induziram uma resposta óssea similar após um período de 2, 4 e 8 semanas de implantação nas mandíbulas de cães²⁷. É importante ressaltar que em escala micro, a morfologia da superfície dos implantes tratados e também a interação do osso com os microporos e irregularidades da superfície ainda não foram totalmente investigada²⁴.

Implantes com propriedades biomiméticas, cujas superfícies foram tratadas com biocerâmicas ou íons, estão comercialmente disponíveis e tem demonstrado maior velocidade de osseointegração²⁰. Foi relatado que o implante condicionado quimicamente apresentou uma formação óssea mais precoce, constatando-se então que a resposta celular pode ser positivamente afetada quando diante de alterações químicas na superfície, talvez até operando acima dos efeitos topográficos²⁸.

Seguindo a evidência da bioatividade, futuras pesquisas podem identificar os fatores que podem explicar as diferenças observadas em tratamentos biomiméticos e de rugosidade superficial. A problemática nesse caso é o uso de técnicas de modificação de superfície isoladas, já que os tratamentos biomiméticos geralmente levam a superfícies mais rugosas, gerando um viés e dificultando discernimento.

CONCLUSÃO

Ressalta-se a importância das propriedades da superfície de implante na resposta biológica do receptor, sob a dependência da qualidade das propriedades mecânicas, topográficas e físico-químicas. Evidenciando que a deposição óssea sobre os implantes ocorre independentemente de serem polidas ou texturizadas. Entretanto as superfícies texturizadas contribuem para o maior contato osso-implante e neoformação óssea em tempo hábil. Adicionalmente, deve-se ratificar que os tratamentos químicos favorecem o prognóstico no sentido de induzir a deposição óssea.

REFERÊNCIAS

1. Bränemark, PI, Breine U, Lindström, J. et al. Intra-osseous anchorage of dental prostheses. I. experimental studies. *Scand J Plast Reconstr Surg* 1969; 3: 81-100.
2. Wennerberg A, Bougas K, Jimbo R, Albrektsson T. Implant coatings: new modalities for increased osseointegration. *Am J Dent* 2013; 26(2): 105-12.
3. De Brandao M.L. et al. Superfície dos implantes osseointegrados x resposta biológica. *Revista ImplantNews* 2013; 7(1): 95-101.
4. Lee JH, Ogawa T. The biological aging of titanium implants. *Implant Dent* 2012; 21(5): 415-21, 2012.
5. Mamalis A, Silvestros S. Modified titanium surfaces alter osteogenic differentiation: a comparative microarray-based analysis of human mesenchymal cell response to commercial titanium surfaces. *J Oral Implantol* 2013; 39(5): 591-601.
6. Il Song Park, Eun Jin Yang, and Tae Sung Bae. Effect of Cyclic Precalcification of Nanotubular TiO₂ Layer on the Bioactivity of Titanium Implant 2013; (2013): 7.
7. Stadlinger B, Pourmand P, Locher MC, Schulz MC. Systematic review of animal models for the study of implant integration, assessing the influence of material, surface and design. *J Clin Periodontol* 2012; 39(12): 28-36.
8. Zanivan DS, Elias CN, Daróz SR. Análise da superfície de fratura de implante osseointegrado e mecanismos envolvidos na cicatrização. *Revista ImplantNews* 2009; 6(1):39-46.
9. Javed F et al. Implant Surface Morphology and Primary Stability: Is There a Connection? *Implant Dentistry* 2011; 20(1):40-46.
10. Brentel AS et al. Histomorphometric analysis of pure titanium implants with porous surface versus rough surface. *J Appl Oral Sci* 2006; 14(3):213-218.

Implantes de titânio e formação óssea.
Costa LJ, et al.

11. Wennerberg A, Albrektsson T. Suggested guidelines for the topographic evaluation of implant surfaces. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2000; 15:331-334.
12. Elias CN, Lima JHC, Santos MV. Modificações na superfície dos implantes dentários: da pesquisa básica à aplicação clínica. *Revista ImplantNews* 2008; 5(5): 467-476.
13. Gupta A, Dhanraj M, Sivagami G. Status of surface treatment in endosseous implant: A literary overview. *Indian J Dent Res* 2010; 21(3): 433-438.
14. Tomisa AP, Launey ME, Lee JS, Mankani MH, Wegst UG, Saiz E. Nanotechnology approaches to improve dental implants. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2011; Suppl 26: 25-49.
15. McMahon RE, Wang L, Skoracki R, Mathur AB. Development of nanomaterials for bone repair and regeneration. *J Biomed Mater Res B Appl Biomater* 2013; 101(2): 387-97.
16. Teughels W, Van Assche N, Sliepen I, Quirynen M. Effect of material characteristics and/or surface topography on biofilm development. *Clin Oral Implants Res* 2006; 17 Suppl 2:68-81.
17. Dhir S. Biofilm and dental implant: The microbial link. *J Indian Soc Periodontol* 2013; 17(1): 5-11.
18. Vroom MG *et al.* Effect of surface topography of screw-shaped titanium implants in humans on clinical and radiographic parameters: a 12-year prospective study. *Clin. Oral Impl. Res* 2009; 20:1231-1239.
19. Barros RRM *et al.* Biofunctionalized implant surface. *Braz Dent J* 2009; 20(2):91-8.
20. Lang NP *et al.* Early osseointegration to hydrophilic and hydrophobic implant surfaces in humans. *Clin. Oral Impl. Res* 2011; 22:349-356.
21. Novaes Jr AB *et al.* Influence of implant surfaces on osseointegration. *Braz Dent J* 2010; 21(6):471-481.
22. Avila G, Misch K, Galindo-Moreno P, Wang HL. Implant surface treatment using biomimetic agents. *Implant Dentistry* 2009; 18(1):17-26.
23. 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(5):536-543.
24. Gonzalez-Garcia R, Monje A, Fernandez-Calderon MC, Hierro-Oliva M, Gonzalez-Martin ML, Monje F. Three-dimensional and chemical changes on the surface of a 3-year clinically retrieved oxidized titanium dental implant. *Journal of the mechanical behavior of biomedical materials* 2014; 34:273 – 282.
25. Sohn DS, Kim WS, Lee WH, Jung HS, Shin IH. A retrospective study of sintered porous-surfaced dental implants in restoring the edentulous posterior mandible: Up to 9 years of functioning. *Implant Dentistry* 2010; 19(5):409-418.
26. Tetè S *et al.* A macro- and nanostructure evaluation of a novel dental implant. *Implant Dentistry* 2008; 17(3):309-320.
27. Al-Hamdan K, Al-Moaber SH, Junker R, Jansen JA. Effect of implant surface properties on peri-implant bone healing: a histological and histomorphometric study in dogs. *Clin. Oral Impl. Res* 2011; 22:399-405.
28. Stadlinger B *et al.* Surface-conditioned dental implants: an animal study on bone formation. *J Clin Periodontol* 2009; 36:882-891.