

Características do implante que são fatores importantes para alcançar uma correta osseointegração.

Uma revisão sistemática integrativa

Efraim Vázquez Iglesias

Dissertação conducente ao Grau de Mestre em Medicina Dentária
(Ciclo Integrado)

Gandra, 29 de setembro de 2021

Efraim Vázquez Iglesias

Dissertação conducente ao Grau de Mestre em Medicina Dentária
(Ciclo Integrado)

Características do implante que são fatores importantes para alcançar uma correta osseointegração.

Uma revisão sistemática integrativa

Trabalho realizado sob a Orientação de Prof Doutora Paula López Jarana

Declaração de Integridade

Eu, acima identificado, declaro ter atuado com absoluta integridade na elaboração deste trabalho, confirmo que em todo o trabalho conducente à sua elaboração não recorri a qualquer forma de falsificação de resultados ou à prática de plágio (ato pelo qual um indivíduo, mesmo por omissão, assume a autoria do trabalho intelectual pertencente a outrem, na sua totalidade ou em partes dele). Mais declaro que todas as frases que retirei de trabalhos anteriores pertencentes a outros autores foram referenciadas ou redigidas com novas palavras, tendo neste caso colocado a citação da fonte bibliográfica

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer a meu pai e minha mãe porque sem eles eu nunca teria a oportunidade de estudar medicina dentária. Agradeço também ao meu irmão, meus avós e tios, e todas as pessoas que me amam e me ajudam.

Não quero esquecer todos os amigos que conheci que me ajudaram quando precisei deles.

Agradeço também à minha orientadora Paula López Jarana por estar sempre disponível para me ajudar. E para finalizar, gostaria de agradecer a todas as pessoas que trabalham na CESPu que sempre me trataram muito bem.

RESUMO

Introdução: Algumas das causas do fracasso dos implantes dentários estão relacionadas às falhas que ocorrem no processo de osseointegração.

Objetivos: Revisão da literatura a fim de analisar as características dos implantes que interferem na osseointegração, para estabelecer os padrões que devem ser seguidos na fabricação de um implante dentário e assim aumentar as probabilidades de uma osseointegração correta.

Materiais e métodos: A metodologia utilizada baseia-se na realização de uma revisão sistemática integrativa. Pesquisas bibliográficas foram realizadas no PUBMED usando as seguintes palavras-chave: (dental implants) AND (implant design) AND (osseointegration) AND (titanium surface). Os critérios de inclusão envolveram artigos pertencentes à categoria de "revisão" publicados na língua inglesa e uma data de publicação que varia do ano 2015 a 2021.

Discussão: 11 estudos foram incluídos identificando neles vários fatores importantes para a osseointegração, fatores que podem ser incluídos nas seguintes categorias: físicos, mecânicos, químicos, biológicos. Todos esses fatores podem ser modificados para que o processo de osseointegração ocorra de forma mais rápida e eficiente, embora às vezes surja um conflito quando se trata de encontrar as condições adequadas para a osseointegração sem que isso tenha impacto sobre um maior acúmulo de placa. São analisadas as características incluídas na fabricação do implante que são também fatores importantes na osseointegração. Serão analisadas as características físicas que condicionam o processo de osseointegração, falando primeiro sobre os materiais que intervêm na fabricação do implante, para posteriormente explicar os fatores relacionados à sua forma. Dentro da forma será explicado o papel que a superfície do implante desempenha, aludindo à importância da rugosidade. Também são nomeadas várias técnicas usadas para modificar a rugosidade de uma superfície de um implante. A seguir, serão discutidos os fatores químicos, dando relevância à importância de se obter uma superfície hidrofílica para se obter uma osseointegração rápida e posteriormente vários procedimentos serão citados para modificar a superfície a fim de torná-la hidrofílica. Finalmente, são discutidas as

possibilidades que as modificações biológicas de um implante podem ter ao promover a osseointegração, com tratamentos como a aplicação de plasma rico em plaquetas, fibrina rica em plaquetas ou matriz extracelular.

Conclusões: São necessários mais estudos que permitam conhecer com maior precisão as interações que os diferentes fatores podem ter entre si, de forma a termos implantes que possam ter as características mais personalizadas para cada paciente, tendo em conta as suas condições pessoais.

PALAVRAS-CHAVE

Dental implants; Osseointegration; Osseointegration; Titanium surface

ABSTRACT

Introduction: Some of the causes of dental implant failure are related to failures that occur in the osseointegration process.

Objectives: Literature review in order to analyze the characteristics of implants that interfere with osseointegration to establish which standards should be followed in the manufacture of a dental implant in order to increase the chances of a correct osseointegration.

Materials and methods: The methodology used is based on an integrative systematic review. Bibliographic searches were performed in PUBMED using the following keywords: (dental implants) AND (implant design) AND (osseointegration) AND (titanium surface). The inclusion criteria involved articles belonging to the "review" category published in English and a publication date ranging from 2015 to 2021.

Discussion: 11 studies were included identifying in them several important factors for osseointegration, factors that can be included in the following categories: physical, mechanical, chemical, biological. All these factors can be modified so that the osseointegration process takes place faster and more efficiently, although sometimes a conflict arises when it comes to finding the appropriate conditions for osseointegration without this having an impact on a greater accumulation of plaque. The characteristics included in the fabrication of the implant, which are important factors in osseointegration, are analyzed. The physical characteristics that condition the osseointegration process will be analyzed, first talking about the materials involved in the manufacture of the implant, to later explain the factors related to its shape. Within the shape, the role played by the implant surface will be explained, alluding to the importance of roughness. Various techniques used to modify the roughness of an implant surface are also named. Next, chemical factors will be discussed, emphasizing the importance of obtaining a hydrophilic surface to obtain a fast osseointegration and later several procedures will be mentioned to modify the surface in order to make it hydrophilic. Finally, the possibilities that the biological modifications of an implant can have in promoting osseointegration are discussed, with treatments such as the application of platelet-rich plasma, platelet-rich fibrin or extracellular matrix.

Conclusions: More studies are needed to better understand the interactions that different factors can have with each other, so that we have implants that can have the most personalized characteristics for each patient, taking into account their personal conditions.

KEYWORDS

Dental implants; Osseointegration; Osseointegration; Titanium surface

Índice geral

Resumo: pag	4
Introdução: pag.....	15
Objetivos: pag.....	16
Materiais e métodos: pag.....	17
Discussão: pag.....	29
Conclusões: pag.....	46
Bibliografia: pag.....	47

Lista de tabelas:

Tabela 1.....pag 19
Tabela 2.....pag 20

Lista de ilustrações:

Figura 1.....pag 18
Figura A.....pag 29
Figura B.....pag 30
Figura C.....pag 30
Figura D.....pag 30
Figura F.....pag 36
Figura G.....pag 36

Lista de abreviaturas, siglas e acrónimos

Ti: Titânio

UV: Ultravioleta

CP: Comercialmente puro

Fe: Ferro

O: Oxigénio

μm : Micrómetro

SLA: Jato de areia ácido

HA: Hidroxiapatita

TiO 2: Titânio

HF: Ácido fluorídrico

HNO 3: Ácido nítrico

H₂ SO₄: Ácido sulfúrico

TPS: Titânio plasma spray

DCD: Deposição cristalina discreta

cpTi: Titânio comercialmente puro

nm: Nanómetro

PRP: Plasma rico em plaquetas

PRF: Fibrina rica em plaquetas

ECM: Matriz Extracelular

P: Plaquetas

RBC: Glóbulos vermelhos

N: Neutrófilos

B: bactérias

DEBR: Restos ósseos produzidos pela perfuração

mGF: Fatores de crescimento

OM: Matriz osteóide

Oc: Osteoclastos

BMP: Proteínas morfogenéticas ósseas

Ob: Osteoblastos

IB: Osso imaturo

1 INTRODUÇÃO:

A implantologia dentária foi capaz de se desenvolver graças ao processo fisiológico conhecido como osseointegração. Esse processo desempenha um papel fundamental no sucesso de um implante dentário. (1) A propriedade do osso de se integrar com certos metais foi descoberta por Brånemark e a sua equipe em 1962. (1)(2) Eles começaram a desenvolver os primeiros implantes modernos utilizando titânio, um material biocompatível que permite a fixação do implante dentário no osso, levando à sua integração estrutural e funcional (osseointegração). (1)

O termo osseointegração foi introduzido por Brånemark para descrever a situação em que um material implantado entra em contato direto, estrutural e funcional com o osso no nível microscópico. (1) Em princípio, considerou-se que esse fenômeno era devido a uma reação do osso ao material implantado, em que era interpretado pelo corpo como o seu próprio tecido, estabelecendo assim uma reação benigna ao material implantado. (2) Hoje percebe-se que os implantes orais são apenas corpos estranhos e que esse fato explica a osseointegração como mecanismo de proteção dos tecidos. A osseointegração tem uma nova definição: consequência de uma cascata de eventos moleculares e celulares que ocorrem após a preparação de um leito de implantação e colocação de um implante dentário, o que produz uma aposição do osso neoformado diretamente na superfície do implante. (3)

Atualmente o conceito é aplicado a implantes de titânio e outros biomateriais com capacidade de osseointegração, projetados para serem implantados ou incorporados ao sistema biológico para substituir ou reparar tecidos, bem como as funções que desempenham. (1) Os implantes dentários estão disponíveis em diferentes materiais, formas, e com diferentes preparações de superfície. (3) Para que um material atenda aos requisitos necessários, deve ter as seguintes propriedades: biocompatível, osteoindutor, osteocondutor, osteopromotor, poroso e mecanicamente compatível com o osso hospedeiro para cumprir a função desejada. (1)

Existem uns critérios específicos que foram desenvolvidos para definir objetivamente o sucesso de um implante dentário, onde se incluem imobilidade, ausência de radioluscência peri-implantar, perda óssea marginal inferior a 1 mm durante o primeiro ano em função e 0,2 mm anualmente após uma largura de gengiva inserida > 2 mm, ausência de dor, infecção, parestesia, outras neuropatias, e o procedimento realizado sem complicações. Infelizmente, dos cinco milhões de implantes colocados por dentistas nos Estados Unidos por ano, aproximadamente 1–2% dos pacientes apresentam falha primária do implante devido à osseointegração inadequada, enquanto cerca de 5% dos pacientes apresentam falha secundária do implante causada por peri-implantite. Por esse motivo, o conhecimento dos vários fatores que podem prevenir o desenvolvimento dessas patologias deverão ser estudados a fim de atuar da melhor forma possível em relação ao sucesso do implante. (4)

2. OBJETIVOS:

O objetivo deste trabalho é fazer uma revisão da literatura na plataforma Pubmed, sobre as diferentes características próprias do implante dentário que são fatores determinantes no seu processo de osseointegração.

Além de identificar essas características relevantes na osseointegração, também será discutido como cada uma delas pode ser implementada, nomeando e explicando também as técnicas disponíveis que permitem melhorar esses fatores, para finalmente determinar quais devem ser as características ideais com as quais deve ser feita a confecção de um implante dentário.

3. MÉTODOS:

Foi realizada uma pesquisa bibliográfica no PubMed (através da National Library of Medicine). Neste estudo foi aplicada a seguinte combinação de termos de pesquisa: "dental implants" AND "implant design" AND "osseointegration" OR "titanium surface". Os critérios de inclusão incluíram artigos publicados na língua inglesa, de 2015 a 2021, que contenham informações sobre o processo de osseointegração e os diferentes fatores que nele intervêm, de forma a estabelecer os requisitos que um implante dentário deve ter para promover esse processo fisiológico. Os critérios de inclusão de elegibilidade usados para as pesquisas de artigos também incluíram: revisões sistemáticas relacionadas ao processo de osseointegração. Os critérios de exclusão foram os seguintes: trabalhos sem resumo, revisão bibliográfica, teses e dissertações; artigos cujo título e / ou resumo não se enquadrem no tema; todos os artigos em língua estrangeira diferente do inglês, ou artigos onde o texto completo não estava disponível. Além disso, as listas de referência de todas as fontes primárias e estudos elegíveis desta revisão sistemática foram pesquisadas manualmente em busca de publicações relevantes adicionais. Os estudos baseados na data de publicação não foram restritos durante o processo de busca.

4. RESULTADOS

Foi realizada uma revisão sistemática integrativa na plataforma PubMed (National Library of Medicine) utilizando as seguintes combinações de palavras-chave: (dental implants) AND (implant design) AND (osseointegration) AND (titanium surface). Os critérios de inclusão envolveram artigos publicados na língua inglesa, desde o ano 2015 até o ano 2021. Três pesquisas bibliográficas foram necessárias e realizadas no PubMed. Após cada pesquisa foram selecionados artigos pertinentes, por meio de seus títulos e resumos, obedecendo também aos seguintes critérios de inclusão: "Review". A pesquisa 1 foi realizada usando a seguinte combinação de termos de pesquisa: (dental implants) E (osseointegration), resultando em 91 artigos. A Pesquisa 2 foi realizada usando a seguinte combinação de termos de pesquisa: (osseointegration) AND (titanium surface), resultando em 45 artigos. A Pesquisa 3 foi realizada usando a seguinte combinação de termos de pesquisa: (implant design) AND (osseointegration), resultando em 49 artigos.

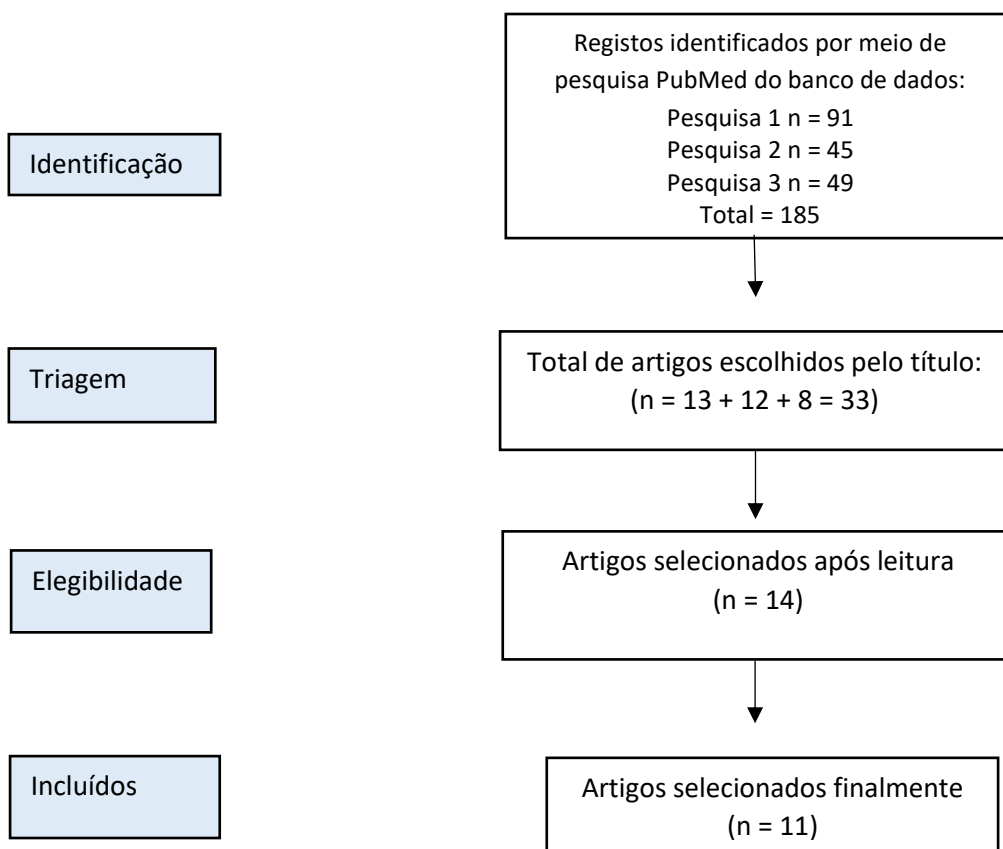


Figura 1: Diagrama de fluxo da estratégia de pesquisa deste estudo

Tabela 1 - Listagem de artigos escolhidos

Título	Autor	Ano
Research on implants and osseointegration	María B. Guglielmotti, Daniel G. Olmedo, Rómulo L. Cabrini	2019
On osseointegration in relation to implant surfaces	Albrektsson T, Wennerberg A.	2019
Novel surfaces and osseointegration in implant dentistry	Pellegrini G, Francetti L, Barbaro B, del Fabbro M.	2018
The Impact of Dental Implant Surface Modifications on Osseointegration and Biofilm Formation	Stefanie Kligman, Zhi Ren, Chun-Hsi Chung, Michael Angelo Perillo, Yu-Cheng Chang, Hyun Koo, Zhong Zheng, Chenshuang Li	2021
Implant Surface Material, Design, and Osseointegration	Orrett E. Ogle	2015
Biomaterial-based possibilities for managing peri-implantitis	Erica D. de Avila, Bart A. van Oirschot, Jeroen J. J. P. van den Beucken	2016
Zirconia versus titanium in dentistry: A review	Takao Hanawa	2020
Effect of Zirconia Dental Implant Surfaces on Bone Integration: A Systematic Review and Meta-Analysis	Ali Hafezeqoran, Roodabeh Koodaryan	2017
Immediate loading implants: review of the critical aspects	L Tettamanti, C Andrisani, M Andreasi Bassi, R Vinci, J Silvestre-Rangil, A Tagliabue	2017
Short Implants: New Horizon in Implant Dentistry	Neha Jain, Manisha Gulati, Meenu Garg, Chetan Pathak	2016
Recent advances in dental implants	Do Gia Khang Hong and Ji-hyeon Oh	2017

Tabela 2 – resumo dos artigos

Artigos	objetivo	Material e métodos	Resultados	Conclusao
<p>Autor: Tomas Albrektsson, Ann Wennerberg</p> <p>Título: "On osseointegration in relation to implant surfaces".</p> <p>Ano: 2019</p> <p>Tipo de estudo: Revisão</p>	<p>O objetivo deste artigo é apresentar uma descrição geral dos mecanismos de osseointegração e uma introdução às inovações superficiais com relevância para a osseointegração.</p>	<p>O presente artigo é uma revisão narrativa de alguns detalhes relacionados à osseointegração e à superfície do implante.</p>	<p>É possível, mas ainda não comprovado, que os resultados clínicos podem ser suportados por uma certa composição química da superfície do implante. O mesmo pode ser dito em relação à hidrofiliabilidade das superfícies dos implantes; dados animais positivos podem sugerir alguma promessa, mas há uma falta de evidência clínica de que os implantes hidrofílicos resultem em melhores resultados clínicos de superfícies mais hidrofóbicas. Com relação às propriedades mecânicas, parece óbvio que elas devem incluir a carga de implantes orais.</p>	<p>Há uma falta de evidência clínica que apoie qualquer tipo particular de padrão de nano-rugosidade que, na melhor das hipóteses, é documentado com resultados de estudos em animais. Precisamos de mais pesquisas sobre a superfície mecanicamente ideal do implante do ponto de vista clínico.</p>
<p>Autor:</p>	<p>No presente estudo, investigamos eventos que</p>	<p>Dados sobre a interação celular-substrato, bem</p>	<p>1. A maioria dos tratamentos de superfície passa pela</p>	<p>A aplicação de superfícies modernas na prática clínica</p>

<p>Gaia Pellegrini et al</p> <p><u>Título:</u> "Novel surfaces and osseointegration in implant Dentistry".</p> <p><u>Ano:</u> 2018</p> <p><u>Tipo de estudo:</u> Revisão</p>	<p>ocorrem durante o processo de osseointegração, fatores relacionados à superfície que afetam o comportamento celular, e também abordagens para modificações da superfície do implante que estão atualmente sobre investigação em modelos pré-clínicos ou foram recentemente propostas na prática clínica para melhorar a osseointegração.</p>	<p>como estudos avaliando a resposta a essas novas superfícies, são revisados no presente estudo.</p>	<p>formação de uma espessa camada de óxido de titânio, a alteração da composição química da superfície pela incorporação de moléculas bioativas e fármacos.</p> <p>2. A criação de uma topografia de superfície mais atrativa para a diferenciação, adesão e atividade osteogênica dos osteoblastos.</p>	<p>odontológica deve ser incentivada para aumentar e acelerar a osseointegração dos implantes, reduzir a ocorrência de perda óssea peri-implantar e favorecer a reosseointegração das superfícies afetadas.</p>
<p><u>Autor:</u> Takao Hanawa</p> <p><u>Título:</u> "Zirconia versus titanium in dentistry: A review".</p>	<p>O objetivo é comparar as propriedades do titânio e zircônio como material de implante dentário.</p>	<p>Esta revisão compara cientificamente as propriedades da zircônia e do titânio, mas não identifica o melhor deles como material de implante. O tratamento e a modificação da superfície</p>	<p>As propriedades mecânicas do titânio são superiores às do zircônio. Alguns estudos demonstraram que a zircônia pode ser usada no implante dentário, especialmente como pilar.</p>	<p>A morfologia da superfície é mais importante para a osseointegração do que a composição da superfície.</p>

<p>Ano: 2020</p> <p>Tipo de estudo: Revisão</p>		<p>para melhorar a fixação do tecido e inibir a adesão bacteriana não são considerados nesta revisão.</p>	<p>A osseointegração do titânio é superior à do próprio zircônio sem tratamento de superfície; Após o tratamento de superfície, ambos materiais apresentam osseointegração comparável. Para inibir a adesão bacteriana, a zircônia é superior ao titânio e, portanto, mais adequada para pilares. Ambos os materiais mostram uma capacidade semelhante de adesão de tecidos moles.</p>	
<p>Autor: L Tettamanti, C Andrisani, M Andreasi Bassi, R Vinci, J Silvestre-Rangil, A Tagliabue</p> <p>Título: "Immediate loading implants: review of the critical aspects".</p>	<p>O objetivo desta revisão é explorar o conceito de carga imediata do implante e as indicações para a prática clínica.</p>	<p>Três protocolos foram classificados para a sincronização da carga de implantes: implantes de carga imediata (ILI); implantes de carregamento precoce (ELI); e implantes de carga convencionais (CLI). Duas subclassificações indicam as diferentes modalidades de carregamento: 1)</p>	<p>Estudos mostram que o ILI demonstra maior risco de falha do implante quando comparado ao CLI, embora as taxas de sobrevivência tenham sido altas para ambos os procedimentos.</p>	<p>O sucesso clínico desta técnica é altamente dependente de muitos fatores: seleção do paciente, qualidade e quantidade óssea, número e desenho do implante, estabilidade primária do implante, carga oclusal e habilidade cirúrgica do médico. Entre eles, a estabilidade primária do implante é, sem dúvida, o mais importante.</p>

<p>Ano: 2017</p> <p>Tipo de estudo: Revisão</p>		<p>carregamento oclusal ou carregamento não oclusal, 2) carregamento direto ou carregamento progressivo.</p>		<p>Os estudos disponíveis utilizam diferentes procedimentos cirúrgicos, tipos de próteses, tempos de carregamento e têm desenhos de estudo muito diferentes. Essa falta de homogeneidade limita a relevância das conclusões que podem ser tiradas.</p>
<p>Autor: María B Guglielmotti, Daniel G Olmedo, Rómulo L Cabrini</p> <p>Título: "Research on implants and osseointegration".</p> <p>Ano: 2019</p> <p>Tipo de estudo: Revisão</p>	<p>O objetivo deste artigo é resumir as conclusões dos estudos sobre os fatores locais e sistêmicos que afetam o processo de cicatrização óssea peri-implantar, corrosão em implantes dentários, bem como a experiência na avaliação de implantes dentários malsucedidos.</p>	<p>Este artigo resume o trabalho de pesquisa resultante de mais de 25 anos de experiência neste campo. Inclui estudos realizados em laboratório com modelos experimentais desenvolvidos por uma equipa de investigação.</p>	<p>Foi feito o estudo do osso e tecidos moles, concentrando-se na resposta óssea a diferentes factores. Além disso, foi feito o controlo biológico dos biomateriais através da análise das interfaces de tecido mineralizado de tecidos moles biomateriais, utilizando amostras experimentais embebidas em resina acrílica. Isto permitiu a realização de estudos histológicos e histomorfométricos, e a</p>	<p>As múltiplas etiologias das falhas dos implantes dentários é vasta, e pode ser organizada nas seguintes categorias:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Aspectos gerais da implantologia. - Fatores inerentes ao próprio implante. - Fatores associados à técnica cirúrgica. - Condições locais e ou sistêmicas do hospedeiro. - Biomecânica da carga do implante. - Concepção do implante e da superestrutura protética.

			obtenção de resultados quantitativos. Eles foram analisados estatisticamente.	- Cuidados com implantes/higiene.
<p><u>Autor:</u> Orrett E. Ogle et al</p> <p><u>Título:</u> "Implant Surface Material, Design, and Osseointegration".</p> <p><u>Ano:</u> 2015</p> <p><u>Tipo de estudo:</u> Revisão</p>	Compreender melhor o fenómeno da osseointegração e informações dos fabricantes de implantes sobre o mesmo	Este artigo apresenta uma revisão e discussão de estudos prévios sobre o design do implante e as características da superfície.	O sucesso de um implante dentário depende das características químicas, físicas, mecânicas e topográficas de sua superfície.	Os materiais de escolha para implantes dentários são o cpTi, liga de titânio (com ou sem HA) e zircônio. As mudanças topográficas das superfícies dos implantes podem melhorar a taxa e a qualidade da osseointegração, capacidade de sobrevivência e função. A transferência de carga na interface osso-implante é um dos fatores mais críticos que afetam osseointegração. Um projeto de implante ideal deve fornecer um equilíbrio entre as forças de compressão e tração, minimizando o início das forças de cisalhamento.
<p><u>Autor:</u> Neha Jain et al</p>	Tirar conclusões dos estudos conduzidos em implantes curtos,	Dados relacionados às taxas de sobrevivência de implantes curtos, seu	Os implantes curtos permitem o tratamento de pacientes que não podem se submeter a	Há uma escassez de dados sobre o sucesso a longo

<p><u>Título:</u> "Short Implants: New Horizon in Implant Dentistry".</p> <p><u>Ano:</u> 2016</p> <p><u>Tipo de estudo:</u> Revisão</p>	<p>descrevendo as suas taxas de sobrevivência e a comparação com implantes longos.</p>	<p>desenho e considerações protéticas foram compilados e estruturados neste manuscrito com ênfase nas indicações, vantagens dos implantes curtos e fatores biomecânicos críticos a serem levados em consideração na escolha de colocá-los.</p>	<p>técnicas cirúrgicas complexas por razões médicas, anatómicas ou financeiras. Os implantes curtos oferecem uma alternativa de tratamento menos invasiva em casos de crista reabsorvida. Também reduzem a morbidade, o custo e o tempo de tratamento.</p>	<p>prazo e a sobrevivência dessas implantes curtos, particularmente no que diz respeito ao carregamento oclusal, coroa / proporção de implantes e em situações de qualidade óssea inferior à ideal.</p>
<p><u>Autor:</u> Stefanie Kligman et al</p> <p><u>Título:</u> "The Impact of Dental Implant Surface Modifications on Osseointegration and Biofilm Formation".</p> <p><u>Ano:</u></p>	<p>Este artigo tem como objetivo discutir de forma abrangente as modificações da superfície do implante atualmente disponíveis, comumente usadas em implantologia.</p>	<p>Trata-se de uma revisão sobre as modificações da superfície em termos de seu impacto na osseointegração e formação de biofilme, o que é fundamental para os médicos escolherem os materiais mais adequados para melhorar o sucesso e a sobrevivência do implante.</p>	<p>Até agora, uma diversidade de modificações na superfície do implante, incluindo diferentes técnicas físicas, químicas e biológicas, tem sido aplicada a uma ampla gama de materiais, como titânio, zircônia e poliéter éter cetona, para atingir esses objetivos. As modificações de superfície diferem em seu equilíbrio entre aumentar a osseointegração por meio do recrutamento, adesão e proliferação de células</p>	<p>As modificações ideais aumentam a interação entre a superfície do implante e o osso circundante, o que facilitará a osseointegração enquanto minimiza a colonização bacteriana para reduzir o risco de formação de biofilme. No entanto, o ponto ideal é difícil de determinar porque uma rugosidade superficial de pelo menos 1–1,5 µm é necessária para obter uma fixação óssea mais firme,</p>

<p>2021</p> <p><u>Tipo de estudo:</u> Revisão</p>			<p>osteogênicas e fibroblásticas e minimizar a adesão bacteriana e a formação de biofilme.</p>	<p>enquanto o limite de retenção bacteriana é de 0,2 µm, acima do qual ocorre um aumento no acúmulo de bactérias.</p>
<p><u>Autor:</u> Ali Hafezeqoran et al</p> <p><u>Título:</u> "Effect of Zirconia Dental Implant Surfaces on Bone Integration: A Systematic Review and Meta-Analysis".</p> <p><u>Ano:</u> 2017</p> <p><u>Tipo de estudo:</u> Revisão</p>	<p>A presente revisão sistemática e meta-análise foi conduzida para avaliar BIC em torno de implantes de zircônia com superfícies diferentes.</p>	<p>Pesquisas eletrônicas sem restrições de tempo foram realizadas no banco de dados PubMed para dados relevantes, publicações até 15 de junho de 2016. Os seguintes termos de pesquisa foram usados neste estudo: implante dentário, implante de zircônia, implante dentário de zircônia, osseointegração de zircônia, remoção valores de torque, histomorfometria, tratamento de superfície de zircônia, e tratamento de superfície de implante dentário com OR e AND.</p>	<p>As publicações selecionadas foram subdivididas de acordo com as diferenças nos materiais de implante e tratamentos de superfície em 3 grupos: (1) estudos que avaliaram o impacto do implante de zircônia mecanizada ou modificado na superfície em BIC em comparação com implantes de titânio, (2) estudos que avaliaram o BIC de implantes de zircônia em molde de injeção de pó (PIM) e (3) estudos que compararam RT de zircônia mecanizada com implantes de zircônia modificados por superfície. Após a aplicação dos critérios de inclusão / exclusão e</p>	<p>Nenhuma diferença significativa nos valores de BIC foi observada entre titânio e zircônia e entre implantes de titânio e zircônia com jato de areia. Um BIC significativamente melhor foi observado para zircônia tratada de superfície em comparação com implantes de titânio não modificado. Os implantes de zircônia mostraram valores BIC favoráveis em comparação para implantes de zircônia mecanizados; além disso, PIM não tratado em implantes de zircônia mostraram resultados</p>

		Os autores também pesquisaram manualmente a literatura em busca de publicações.	avaliação qualitativa dessas publicações, 15 estudos foram considerados para uma metanálise quantitativa.	significativamente melhores do que Implantes de zircônia tratados com PIM e zircônia não tratada. Implantes mostraram valores de RT favoráveis em comparação com os implantes de zircônia mecanizados.
<p>Autor: Erica D de Avila et al</p> <p>Título: "Biomaterial-based possibilities for managing peri-implantitis".</p> <p>Ano: 2016</p> <p>Tipo de estudo: Revisão</p>	Esta revisão concentrará-se nas possibilidades baseadas em biomateriais para prevenir e / ou tratar a peri-implantite, descrevendo conceitos e componentes de implantes dentários adequados para o envolvimento na prevenção e tratamento desta doença.	São comentados critérios importantes referentes aos parâmetros geométricos dos implantes dentários e seus componentes, que podem afetar diretamente as condições do tecido peri-implantar. Finalmente, apresenta-se uma visão geral dos sistemas de biomateriais atualmente disponíveis que podem ser usados no campo da implantologia oral.	Os biomateriais podem ser usados como revestimento carreador para agentes antimicrobianos para apoiar a prevenção e / ou tratamento da mucosite peri-implantar e peri-implantite. Os desafios restantes neste campo envolvem a otimização da montagem de revestimento para melhorar o armazenamento de longo prazo de sistemas multicamadas e para controlar novos mecanismos de liberação acionados e responsivos.	As modificações físico-químicas dos implantes dentários desempenham um papel na redução da adesão dos microrganismos, mas não evitam a peri-implantite. Mais pesquisas no avanço de materiais capazes de liberação de múltiplos fármacos são necessárias para fornecer novos caminhos para a prevenção e tratamento da peri-implantite.

<p>Autor: Do Gia Khang Hong and Ji-hyeon Oh</p> <p>Título: "Recent advances in dental implants".</p> <p>Ano: 2017</p> <p>Tipo de estudo: Revisão</p>	<p>Estabelecer um resumo de alguns dos conhecimentos atuais sobre implantologia oral</p>	<p>Por meio de uma revisão sistemática este documento resume o conhecimento atual sobre superfícies de implantes, carga imediata versus carga convencional, implantes curtos, levantamento de seio nasal e implantes personalizados usando impressão tridimensional.</p>	<p>A maioria das modificações da superfície do implante mostrou bons resultados de osseointegração. Em relação aos revestimentos biomoleculares, recentemente desenvolvidos e estudados, bons resultados foram observados em experimentos com animais. A carga imediata teve resultados clínicos semelhantes em comparação com a carga convencional e pode ser usada como um tratamento de sucesso porque tem a vantagem de reduzir os tempos de tratamento e fornecer função e estética precoces. Os implantes curtos mostraram resultados clínicos semelhantes em comparação com os implantes padrão.</p>	<p>Descobertas recentes sobre modificações de superfície, carga imediata, implantes curtos, levantamento de seios paranasais e implantes personalizados melhoraram a taxa de sucesso dos implantes. No entanto, existem limitações devido à falta de estudos clínicos ou de longo prazo. Um ensaio clínico de longo prazo e um estudo mais preditivo são necessários.</p>
----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

5. DISCUSSÃO

A osseointegração é um requisito fundamental para a supervivência do implante dentário. Os fenómenos celulares que decorrem entre a superfície do implante e o tecido ósseo são afetados pela topografia do implante. Para os pacientes saudáveis, os principais sistemas de implantes poderiam aportar bons resultados dependendo do planeamento do tratamento protético, do correto posicionamento tridimensional do implante e dos parâmetros médicos do paciente. (5)

Apesar disso, o 1–2% dos pacientes apresentam falha primária do implante devido às condições sistémicas que alteram o metabolismo ósseo dando lugar a por exemplo a cicatrização retardada ou menor contato osso-implante, uma osseointegração inadequada. A indústria tem como objetivo implementar as características da superfície do implante para acelerar e melhorar os processos biológicos que promovem a osseointegração. (4) (6)

Osseointegração:

O processo de osseointegração funciona na área da interface do implante em contato com o osso da seguinte maneira: (3)

(A) Imediatamente após o trauma cirúrgico.

Formação de coágulos sanguíneos.

As plaquetas (P) e os glóbulos vermelhos (RBC) aprisionados na rede de fibrina liberam agentes pró-inflamatórios, angiogénicos e quimiotáticos (pGF, fh, fbg) que iniciam a inflamação. Podem ser observados neutrófilos (N), bactérias (B) e restos ósseos produzidos pela perfuração (DEBR).

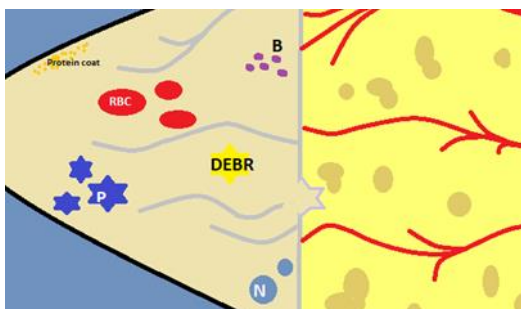


Figura A - Imediatamente após o trauma cirúrgico.

(B) Poucos dias após o trauma cirúrgico.

Fase inflamatória.

Os macrófagos secretam enzimas digestivas que limpam o defeito por bactérias (B) e restos ósseos (DEBR) e juntamente com neutrófilos liberam fatores de crescimento (mGF) que iniciam a proliferação subsequente (angiogénese e formação de matriz provisória de osteóide [OM]). Na superfície óssea, a reabsorção é realizada pelos osteoclastos (Oc).

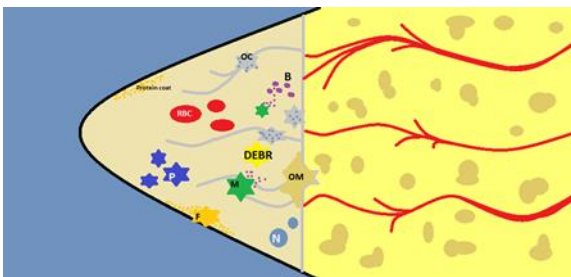


Figura B - Poucos dias após o trauma cirúrgico.

(C) 1 semana após o trauma cirúrgico.

Formação de tecido de granulação.

As células endoteliais formam novos vasos que invadem o espaço da ferida a partir do osso. A OM forma-se em torno de novas estruturas vasculares e abrange o defeito. Proteínas morfogenéticas ósseas (BMP), fatores de crescimento e de diferenciação armazenados na matriz óssea e expostos após a perfuração óssea induzem células osteoprogenitoras a ativar e expressar fatores para a mineralização tecidual realizada pelos osteoblastos (Ob).

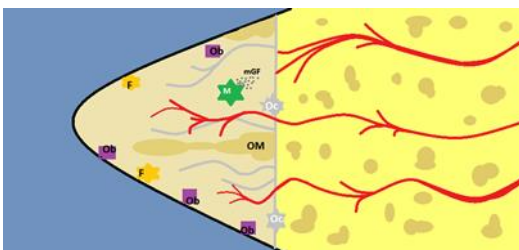


Figura C - 1 semana após o trauma cirúrgico

(D) 2 semanas após o trauma cirúrgico.

Neoformação de osso imaturo (IB) na superfície do osso e do implante.

A OM com Ob de revestimento atua como o centro de ossificação e é gradualmente remodelado em osso lamelar. As proteínas que induzem a reabsorção óssea (RANKL) são encontradas próximas às áreas de remodelação.

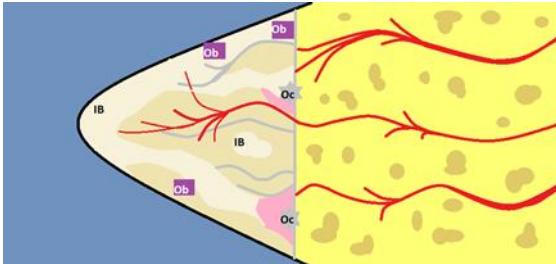


Figura D - 2 semanas após o trauma cirúrgico

(E) 4 semanas após a colocação do implante.

Remodelação de IB por Oc e Ob e formação de osso lamelar. (3)

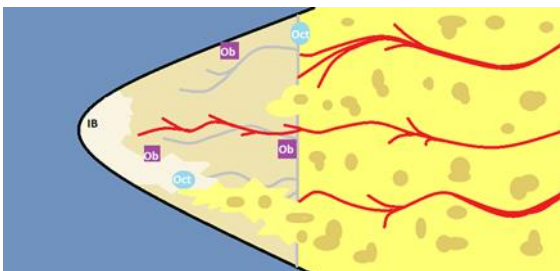


Figura E - 4 semanas após a colocação do implante.

Fatores Mecânicos e Físicos:

Materiais do implante dentário:

Os biomateriais do que são feitos os implantes dentários e componentes associados, podem ser definidos como "qualquer material, natural ou sintético, que pode ser usado por qualquer período de tempo que interaja com sistemas biológicos, a fim de manter ou melhorar a qualidade de vida do indivíduo."

Até o momento, na terapia de implante dentário, o titânio (Ti) ainda é considerado o biomaterial mais útil para o implante e para a conexão do pilar. Com várias propriedades vantajosas, principalmente a excelente biocompatibilidade, ganhou popularidade e hoje é

considerado o metal de escolha para implantes dentários. A biocompatibilidade do titânio pode ser atribuída à formação de uma camada de óxido estável e autolimitada na superfície, que evita que os materiais de titânio se oxidem e corroam ainda mais. Essa característica de resistência à corrosão facilita a biocompatibilidade, mantendo a integridade mecânica do material e a saúde do tecido circundante. Além disso, o titânio tem grande resistência a cargas repetidas e é menos rígido, o que diminui a quantidade de estresse no osso. (4) (6) (7)

É interessante notar que existem vários obstáculos para o titânio na implantologia dentária contemporânea. Por exemplo, as superfícies de implantes tradicionais e não modificadas não têm capacidade total para alcançar a osseointegração de forma consistente e combater a formação de biofilme. A superfície de titânio de um implante é reativa quando exposta a fluidos biológicos (por exemplo, saliva e sangue) ou ao ar, formando dióxido de titânio, que serve como uma camada de passivação que determina a biocompatibilidade do implante. No entanto, as propriedades eletroquímicas / físico-químicas do dióxido de titânio são fundamentalmente diferentes em comparação com os tecidos duros dentais mineralizados, que parecem criar um microambiente distinto que afeta a aderência dos colonizadores orais iniciais (como estreptococos e Actinomyces orais) e pode alterar as interações entre espécies associadas à saúde peri-implantar.

Na conquista desses obstáculos, uma diversidade de modificações físicas, químicas e biológicas foi aplicada à superfície dos implantes de titânio para melhorar o seu desempenho biológico e os resultados da osseointegração. Entre as abordagens da modificação da superfície dos implantes de titânio existem as seguintes: mecanizado, jateamento de areia, condicionamento ácido / jato de areia, ablação a laser, nanocompósito. (4)

O titânio, devido à sua coloração cinza escuro, pode apresentar preocupação estética, principalmente nas regiões anteriores da boca, com gengiva fina, recessão gengival, ou se for utilizada uma coroa restauradora de cerâmica translúcida e ocorrer desnível metálico. Assim, vários outros materiais, como é o caso da zircônia, estão sendo investigados para melhorar continuamente os resultados de implantes do paciente. (4)

Os implantes de zircônio são indicados em restaurações anteriores onde a cor é significativa por causa de uma fina camada gengival e onde o tecido pode transmitir uma tonalidade cinza antiestética característica dos implantes de titânio. (5)

Devido a preocupações estéticas que podem surgir com a recessão dos tecidos moles e o uso de implantes de titânio cinza escuro, a zircônia foi introduzida na implantologia dentária em 2005. Como um material da cor do dente, a zircônia pode melhorar o resultado estético do paciente, tanto no tecido mole quanto no nível da restauração. Enquanto isso, semelhante ao titânio, a zircônia é osteocondutora e biocompatível, enquanto causa menos reação do tecido e liberação de íons tóxicos para os tecidos circundantes.

Em particular, a liga de zircônio com ítrio, que forma uma estrutura estável de policristal de zircônia tetragonal de ítrio (Y-TZP) à temperatura ambiente, apresentou propriedades biológicas e mecânicas vantajosas para estimular a proliferação de células osteogênicas durante a osseointegração, uma vez que tem alta resistência à fadiga, módulo de elasticidade, tenacidade à fratura, resistência à flexão, resistência à corrosão e degradação a baixa temperatura.

Estudos em animais e humanos demonstram a deposição de osso maduro recém-formado em estreita proximidade com a superfície do implante de zircônia, com poucos espaços na medula, inflamação mínima, e numerosos pequenos osteoblastos multinucleados de secreção ativa. (4) (8)

Além disso, os implantes de zircônia exibem um valor de contato osso-implante comparável aos implantes de titânio. Assim, os implantes de zircônia têm osseointegração semelhante com as suas contrapartes de titânio, pelo menos no estágio inicial de cicatrização. Além disso, os implantes de zircônia estão associados a menos formação de biofilme do que os implantes de titânio, diminuindo o risco de peri-implantite. (4)

Em relação à modificação da superfície da zircônia, como a zircônia é um biomaterial inerte, várias técnicas têm sido aplicadas na sua superfície para melhorar o seu comportamento mecânico e a sua resposta biológica: mecanizado, acondicionamento com ácido / jato de areia, modificação a laser, revestimentos, tratamento UV. (4)

Forma do implante dentário:

Características como o formato do corpo do implante e diferentes padrões de rosca podem melhorar a fixação primária e a estabilidade de longo prazo do implante. As modificações físicas podem ser categorizadas nos níveis macro, micro e nano. (4)

A transferência de carga na interface osso-implante é um dos fatores mais críticos que afetam a estabilidade primária e a capacidade do implante de sustentar a carga após a osseointegração. Está provado que se a faixa de micromovimentos resultar em mais de 150 μm , isso pode comprometer o processo de osseointegração. (5) (9)

O design de implante paralelo, onde o diâmetro é consistente ao longo do comprimento do corpo do implante, é um dos designs mais usados para atingir a estabilidade inicial do implante. Os implantes cônicos que imitam uma raiz de dente (em outras palavras, aqueles com uma diminuição no diâmetro em direção ao ápice) podem desviar as forças em direção ao ápice e distribuir as forças oclusais para o osso vizinho melhor do que os implantes paralelos. Assim foi desenvolvido o primeiro implante cônico, que é mais favorável para a colocação imediata e carga imediata. Além disso, com um ápice cônico, menos remoção de volume ósseo é necessária, o que é superior para um local de implante com proximidade de raiz. (4) (9)

Por último, também em relação à forma ou design do implante, os fatores biomecânicos mais importantes que influenciam a transferência de carga na interface osso-implante são o comprimento, o diâmetro (largura) e a forma do corpo/rosca. (5)

O comprimento e o diâmetro dependem da qualidade do suporte ósseo. É amplamente aceito que o diâmetro de um implante tem um impacto maior na estabilidade do que o comprimento (10). Variações no tamanho e forma dos implantes tornam-se relevantes para as exceções, como pacientes com baixo volume ósseo e osso de baixa qualidade. Todos os autores preferem usar implantes mais longos sempre que possível, com comprimento mínimo de 8 mm.

Implantes cónicos estão sendo usados agora para muitos casos em que o osso se estreita abaixo da crista alveolar. No osso tipo 1 e 2, o comprimento e o diâmetro não parecem ser fatores significativos para o sucesso do implante. No osso tipo 3 e 4, implantes de grande diâmetro são recomendados e implantes curtos devem ser evitados.

Um aumento no diâmetro do implante induz uma redução significativa dos picos de estresse no osso cortical. Uma relação direta entre o comprimento do implante e a estabilidade primária não foi demonstrada, um implante curto pode ser tão estável quanto um implante longo. O uso de implantes curtos permite o tratamento de pacientes que não podem se submeter a técnicas cirúrgicas complexas por razões médicas, anatômicas ou financeiras. Não há consenso geral sobre a definição de implante curto. A maioria dos autores considera implantes menores que 10 mm como implantes curtos. Ao reduzir a necessidade de cirurgias complexas, os implantes curtos reduzem a morbidade, o custo e o tempo de tratamento. Quando colocados considerando todos os fatores biomecânicos críticos, e usando implantes curtos de protocolo clínico estrito, podem ser uma opção de tratamento bem-sucedida em cristas atroficas. No entanto, ainda há uma escassez de dados sobre o sucesso prospectivo a longo prazo e a sobrevivência desses implantes curtos, particularmente com relação à carga oclusal, relação coroa / implante e em situações de qualidade óssea inferior a ideal. (5) (10) (4) (9)

Em relação à geometria da rosca (a forma e os detalhes da rosca), as roscas do implante devem permitir maior estabilidade e mais área de contato da superfície do implante. Profundidade da rosca (a distância entre o diâmetro maior e o menor da rosca): quanto mais profundas as roscas, mais ampla é a área de superfície do implante; desenho vantajoso em ossos mais macios e áreas de maior força oclusal por causa de uma maior área de superfície funcional em contato com o próprio osso. (5)

Quanto ao formato da rosca: O projeto da rosca quadrada tem uma porcentagem de contato osso-implante maior em comparação com os projetos de rosca de reforço reverso, e rosca em forma de V. (10)

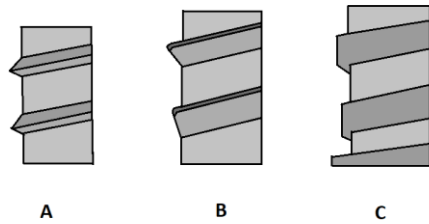


Figura F: A - Rosca em V, B - Rosca reversa, C - Rosca quadrada

Também em relação às variações de passo (a distância do centro da rosca até o centro da próxima rosca) e ao ângulo da face da rosca (o ângulo entre uma face de uma rosca e um plano perpendicular ao longo eixo do implante): à medida que o passo diminui, a área de superfície aumenta, levando a uma distribuição de tensões mais favorável; um implante com maior número de fios é aconselhável em ossos de baixa qualidade, em áreas com altas forças oclusais e em implantes curtos. Porém, do ponto de vista cirúrgico, quanto menos fios, mais fácil e rápido será a inserção do implante. (5) (10)

Em relação à geometria da conexão do pilar: A conexão "Cone Morse" induz menos perda óssea marginal em comparação com a conexão de hexágono externo, e também promove o crescimento ósseo sobre o ombro do implante. Por outro lado a conexão de implante "hexágono interno" mostra uma distribuição de força mais ampla em comparação com a conexão de "hexágono externo". (10)

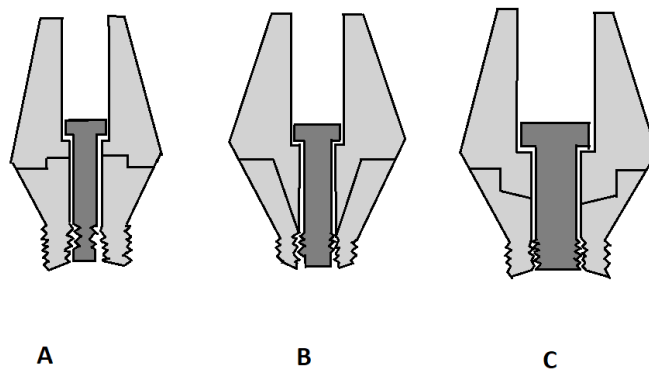


Figura G: a) Hexágono externo b) Cone Morse c) Hexágono interno.

Modificações em nível de micro podem aumentar a área de superfície dos implantes em uma escala micrométrica, aumentando a formação da matriz de fibrina como um arcabouço osteocondutor para células osteogênicas e deposição de matriz óssea. (4)

A modificação de nível nano pode aumentar a rugosidade e molhabilidade da superfície do implante, bem como a energia livre da superfície, para aumentar o crescimento celular e a diferenciação osteoblástica. (4)

O projeto de nível macro dos implantes dentários toma forma (cônico ou paralelo), o padrão da rosca e as irregularidades gerais de nível macro são levadas em consideração. (4)

Superfície do implante dentário:

Os aspectos mecânicos da superfície do implante são até agora a propriedade menos pesquisada. No entanto, a dureza do titânio em si desenvolveu-se ao longo dos anos. Antigamente, o titânio grau 1 era o material dominante.

Hoje, o mercado é dominado por titânio CP grau 4 ou ligas como Ti6Al4V ou TiZr. A principal diferença entre titânio grau 1 e grau 4 são as quantidades ligeiramente maiores de Fe e O. Este pequeno aumento tem um impacto profundo na dureza do material. Além disso, Ti6Al4V e TiZr são muito mais duros do que Ti Grau 1. A dureza aprimorada do material tem sido usada, por exemplo, para produzir implantes com resistência mecânica à fratura, mesmo para implantes de pequeno diâmetro. (2)

Várias abordagens para a modificação da superfície do implante estão atualmente sob investigação ou foram propostas recentemente para melhorar a osseointegração:

- Formação de uma espessa camada de óxido de titânio.
- Alteração da composição química da superfície pela incorporação de moléculas bioativas e fármacos.
- Criação de uma topografia de superfície mais atrativa para a diferenciação e adesão dos osteoblastos, e para a atividade osteogénica dos osteoblastos. (3)

O design da superfície do implante evoluiu para atender aos desafios da reabilitação oral em ossos saudáveis e comprometidos. Por exemplo, para vencer as complicações mais comuns relacionadas ao implante dentário, peri-implantite e subsequente perda do implante, as superfícies do implante foram modificadas para introduzir as propriedades desejadas em um implante dentário e, assim, aumentar a taxa de sucesso do implante e expandir as suas indicações.

Até agora, uma diversidade de modificações na superfície do implante, incluindo diferentes técnicas físicas, químicas e biológicas, tem sido aplicada a uma ampla gama de materiais, como titânio e zircônia, para atingir esses objetivos. As modificações ideais aumentam a interação entre a superfície do implante e o osso circundante, o que facilitará a osseointegração enquanto minimiza a colonização bacteriana para reduzir o risco de formação de biofilme. (4)

Independentemente do material utilizado para formar o implante, existe uma questão que deve ser sempre levada em consideração ao avaliar a capacidade de osseointegração do implante: a superfície do implante.

Sabe-se que o primeiro passo para a osseointegração é a estabilidade primária, que é alcançada no momento da colocação cirúrgica do implante. Conforme a cicatrização ocorre e um novo osso aparece, a estabilidade secundária é alcançada. É importante ressaltar que os dois estágios da osseointegração podem ser influenciados pelas características do implante. Em particular, a superfície do implante, que entra em contato direto com o bioambiente, pode influenciar muito a resposta biológica e impactar a resistência mecânica da interação entre o implante e o tecido, desempenhando um papel crucial na determinação do destino de curto e longo prazo do implante.

Ao projetar uma superfície de implante ideal, deve haver um equilíbrio preciso entre a atividade antimicrobiana e as propriedades osteocondutoras desejadas. O equilíbrio é difícil de ser alcançado, pois uma maior rugosidade superficial promove uma fixação óssea mais firme, mas é diretamente proporcional à retenção bacteriana, que pode promover a formação de biofilme em longo prazo. (5)

As variações entre as várias modificações de superfície apresentam um conflito de interesses entre aumentar a osseointegração por meio do recrutamento, adesão e proliferação de células osteogénicas e fibroblásticas, e minimizar a adesão bacteriana e a formação de biofilme. A rugosidade da superfície, que afeta diretamente a osseointegração e a formação do biofilme, é o principal alvo para todos os tipos de modificações de superfície. No entanto, o ponto ideal é difícil de determinar porque uma rugosidade superficial de pelo menos 1–1,5 μm é necessária para obter uma fixação óssea mais firme, enquanto o limite de retenção bacteriana é de 0,2 μm , acima do qual ocorre um aumento no acúmulo de bactérias. (4)

A modificação da superfície do implante tem sido estudada e aplicada para melhorar as propriedades biológicas da superfície, promovendo a osseointegração. (11). A estrutura da superfície do material implantado afeta a osseointegração. A nanotopografia e a microtopografia de superfície modificam a forma e a atividade das células-tronco mesenquimais (regulação positiva de genes osteoblásticos, maior taxa de diferenciação dessas células de linhagem osteogénica). (2)

Em estudos com animais, as modificações da superfície do implante por revestimento biomolecular pareceram melhorar a osseointegração, promovendo a formação óssea peri-implantar nos estágios iniciais da cicatrização, e pareceram melhorar a análise histomorfométrica e os resultados dos testes biomecânicos. No entanto, o revestimento biológico não teve um efeito estatisticamente significativo no crescimento ósseo peri-implantar, mas efeitos estatisticamente significativos foram observados com revestimentos de componentes da matriz inorgânica e extracelular. Além disso, tais modificações na superfície do implante nem sempre proporcionam efeitos benéficos na osseointegração. Estudos clínicos de longo prazo são necessários. (11)

Um dos principais fatores da superfície em termos da osseointegração da mesma é a rugosidade da superfície, que mostra maior atividade dos osteoblastos entre 1 e 100 μm de rugosidade da superfície em comparação com uma superfície lisa. Acredita-se que as superfícies ásperas tenham melhor osseointegração do que as superfícies lisas. (11) No caso de uma qualidade óssea favorável (osso tipo 1 ou 2) desempenha apenas um papel menor.

Em ossos de má qualidade (osso tipo 4) foi observado um efeito mais positivo da rugosidade da superfície. A taxa de sobrevivência em osso tipo 4 é significativamente reduzida em comparação com outras qualidades ósseas. (5)

A criação de irregularidades que tornam a superfície do implante mais áspera, melhoram a ancoragem mecânica entre o tecido ósseo e os materiais do implante. Melhoram a resistência ao cisalhamento do metal, diminuem o afrouxamento do implante, proporcionam melhor estabilidade mecânica entre o tecido ósseo e a superfície do implante, retêm completamente os coágulos sanguíneos e estimulam o processo de cicatrização óssea. A quantidade de contato osso-implante é reforçado pela rugosidade da superfície do implante. (5)

Mudanças topográficas das superfícies dos implantes são aplicadas para melhorar a taxa e a qualidade da osseointegração, a capacidade de sobrevivência e a função. A criação de irregularidades superficiais melhora a ancoragem mecânica entre o tecido ósseo e os materiais do implante. (5)

Quando implantes rugosos foram colocados, houve uma diferença estatisticamente significativa na densidade entre o osso interno e o imediatamente externo às roscas. Em seios enxertados, os implantes rugosos também têm sido associados a taxas de sobrevivência mais altas. (5)

Desde a década de 1990, a técnica dominante para obter uma superfície moderadamente rugosa tem sido uma técnica subtrativa. A superfície foi tornada áspera pela remoção de material ou reorganização da camada superficial da superfície usando técnicas de jateamento, jateamento mais ataque químico, ou oxidação. Descobriu-se que superfícies oxidadas têm a menor probabilidade de falha quando comparadas a outras superfícies moderadamente ásperas, superfícies minimamente e superfícies ásperas. (2)

Em vários estudos experimentais, vários íons incorporados à superfície do implante, como Ca, P, Sr, F, NaOH e Mg, proporcionaram uma forte resposta óssea. Quase todas as técnicas para modificar a rugosidade da superfície também alteram a química da superfície.

Portanto, as propriedades químicas e topográficas podem ser melhoradas selecionando uma determinada técnica de fabricação. (2)

Hoje, a rugosidade dominante em implantes dentários é uma superfície isotrópica e moderadamente rugosa ou áspera produzida pela remoção de materiais ou reorganização da camada superficial mais externa. O processo de corrosão transfere uma superfície anisotrópica (por exemplo, uma direção específica na estrutura da superfície criada pelo método de fabricação) para uma superfície isotrópica (nenhuma direção específica das irregularidades da superfície pode ser observada). (2)

A rugosidade da superfície dos implantes foi aumentada por vários métodos, incluindo mecanizado, revestimento por spray de plasma, shot peening, ataque ácido, jato de areia ácido (SLA), anodização e revestimento biomimético.

- A superfície mecanizada do implante é o design de superfície de primeira geração.
- O revestimento por pulverização de plasma forma uma camada de deposição espessa, como hidroxiapatita (HA) e titânio, pulverizando um material dissolvido por calor na superfície do implante.
- O jateamento é um processo de pulverização de partículas na superfície do implante usando material cerâmico ou sílica. Partículas de areia, HA, alumina ou dióxido de titânio (TiO_2), são usadas e atacadas com ácido para remover as partículas remanescentes da explosão.
- O ataque ácido é a raspagem de superfícies de implante de titânio usando ácidos fortes, como ácido fluorídrico (HF), ácido nítrico (HNO_3) e ácido sulfúrico (H_2SO_4) ou combinações desses ácidos.
- SLA é um ataque ácido após o jato de areia com grandes partículas de grãos de 250 a 500 μm .
- A anodização é a quebra dielétrica da camada de TiO_2 pela aplicação de uma tensão elevada para gerar um micro arco. Este processo forma uma camada porosa na superfície de titânio.

No curto prazo, a taxa de sobrevivência de SLA, revestimento de HA e modificações da superfície oxidada foi do 100%, mas a taxa de sobrevivência tendeu a ser ligeiramente menor a longo prazo. No SLA, a taxa de sobrevivência em 10 anos de acompanhamento foi de 98,8 ~ 99,7% e no plasma em pó de titânio (TPS), a taxa de sobrevivência em 20 anos de acompanhamento foi de 89,5%. Com anodização, a taxa de sobrevivência em 8 ~ 12 anos de acompanhamento foi de 96,5 ~ 100%. Com o revestimento HA, embora a taxa de sobrevivência em 10 anos de acompanhamento em 2007 fosse tão baixa quanto 82,0%, também houve relatos de 98,5 e 93,2% em artigos publicados em 2000, respectivamente, que eram semelhantes aos implantes de titânio não revestidos.

Existem várias modificações de superfície, conforme mencionado acima. Diz-se que qualquer modificação de superfície fornece uma boa superfície para osseointegração quando a rugosidade da superfície é de 0,44 ~ 8,68 μm .

Há um estudo que sugere que o HA é superior ao jato de areia, SLA, TPS e / ou superfícies mecanizadas na relação de contato osso-implante.

As mudanças entre as várias modificações de superfície diferem em seu equilíbrio entre aumentar a osseointegração por meio do recrutamento, adesão e proliferação de células osteogênicas e fibroblásticas, e minimizar a adesão bacteriana e a formação de biofilme. A rugosidade da superfície, que afeta diretamente a osseointegração e a formação do biofilme, é o principal alvo para todos os tipos de modificações de superfície. No entanto, o ponto ideal é difícil de determinar porque uma rugosidade superficial de pelo menos 1–1,5 μm é necessária para obter uma fixação óssea mais firme, enquanto o limite de retenção bacteriana é de 0,2 μm , acima do qual ocorre um aumento no acúmulo de bactérias. (4)

Fatores Químicos:

Entre as modificações físicas do titânio, as modificações de nível micro parecem atingir a osseointegração mais robusta, enquanto as modificações de nível nano diminuem a adesão bacteriana de forma mais eficaz. Com relação às modificações químicas, as modificações de nível nano são alcançadas para aumentar a hidrofiliabilidade da superfície e, assim, promover a osseointegração enquanto reduz a adesão bacteriana hidrofóbica. Além disso,

a estimulação mais robusta e direta da osseointegração e mitigação da formação de biofilme pode ser realizada por modificações biológicas específicas. Por exemplo, o revestimento com fator de crescimento é conhecido por aumentar a osseointegração. Os resultados favoráveis exibidos por fatores de crescimento externos em conjunto com células-tronco e outros agentes biomiméticos podem ser usados para atender a necessidade de osseointegração precoce, promovendo resultados mais previsíveis e mais rápidos. Enquanto o revestimento com agente antibacteriano combate diretamente as bactérias e melhora as propriedades do implante. (4)

Embora seja aparente que diferentes modificações têm uma gama de efeitos benéficos, é essencial considerar em que momento e em quais condições esses efeitos ocorrem. Certas modificações mostram resultados significativos pouco tempo após a colocação do implante, e resultados equivalentes aos controles algumas semanas após a colocação. Isso sugere que modificações específicas, como a criação de um implante SLA hidrofílico ou fotofuncionalização UV podem ser mais benéficas em pacientes que requerem protocolos de carregamento precoce. (4)

No geral, uma superfície de implante modificada quimicamente pode beneficiar significativamente a consolidação óssea como os exemplos a seguir demonstrariam:

Os implantes hidrofílicos modificados quimicamente podem encurtar o período de cicatrização. Em um implante de titânio regular, a absorção de carbonatos e hidrocarbonetos do ar circundante resulta em baixa energia de superfície e a rugosidade da superfície leva à hidrofobia. Para evitar o contato da superfície com o ar, os implantes devem ser hidroxilados (ou hidratados). Uma estratégia simples é aplicar uma solução de íon hidróxido à superfície do implante para elevar a energia superficial e a hidroflicidade. Uma superfície hidroxilada produzida a partir de modificações químicas tem uma maior afinidade por proteínas e é capaz de manter a conformação e função adequadas das proteínas absorvidas e, subsequentemente, encorajar a fixação e a migração das células para o implante, bem como promover a diferenciação e maturação dos osteoblastos. (4)(6)

A deposição cristalina discreta (DCD) é um processo sol-gel em que uma superfície gravada com ácido duplo é modificada com partículas de fosfato de cálcio de 20–100 nm. Após esse

processo, cerca de 50% da superfície é composta por essas partículas de fosfato de cálcio. Os implantes de titânio tratados com DCD têm melhor osteocondução em comparação com titânio comercialmente puro (cpTi), exibindo maior contato osso-implante em modelos animais, devido a um aprimoramento na nanotopografia de superfície. Em comparação com superfícies de implantes mecanizados e condicionados com ácido, as superfícies modificadas com DCD mostraram uma redução significativa na fixação bacteriana. A adesão de *A. actinomycetemcomitans*, *S. mutans* e *S. sanguis* foi significativamente reduzida em superfícies modificadas com DCD, em comparação com superfícies gravadas com ácido, o que pode ser atribuído à diminuição da rugosidade superficial desse material. (4)

A oxidação anódica é um processo que modifica a superfície do implante de titânio eletroquimicamente para criar uma camada mais espessa de TiO₂. A camada de TiO₂ tem 17–200 nm de espessura na superfície de um implante de titânio não modificado, enquanto o processo de oxidação anódica pode expandir a camada de TiO₂ para 600–1000 nm. Essa camada mais espessa de TiO₂ induzida por oxidação anódica contém várias porosidades, estimulando a deposição, adesão e proliferação de fibroblastos gengivais, bem como a adesão de osteoblastos. (4)

Fatores biológicos:

Várias modificações biológicas também podem ser aplicadas às superfícies dos implantes, mostrando assim uma diversidade de efeitos na osseointegração e formação de biofilme, incluindo plasma rico em plaquetas (PRP), fibrina rica em plaquetas (PRF) e matriz extracelular (ECM). Os reservatórios de fatores de crescimento promovem a adesão dos osteoblastos, melhorando desta maneira a consolidação óssea. Em relação à modificação da superfície do implante, um estudo *in vitro* mostrou um aumento do número e comprimento de filopódios em osteoblastos aderentes nas superfícies de titânio tratadas com PRP ou PRF com ácido zoledrônico, em comparação com as superfícies tratadas apenas com ácido zoledrônico, sugerindo que o PRP e o PRF têm o potencial de aumentar a aposição óssea inicial e a estabilidade primária dos implantes dentários, particularmente em pacientes submetidos ao tratamento com bisfosfonatos. É importante notar que a comparação entre PRP e PRF em células osteogênicas é controversa e limitada ao nível de

cultura de células in vitro. Assim, estudos mais abrangentes são necessários para investigar os componentes do fator de crescimento, a concentração do fator de crescimento e os efeitos in vivo do PRP e PRF. (4)

Matriz Extracelular (ECM)

Durante a osseointegração, os fibroblastos secretam moléculas de ECM, como colágeno, sulfato de condroitina, vitronectina e fibronectina, que guiam as células osteoprogenitoras para a superfície funcional. Assim, ao aplicar componentes de ECM à superfície do implante, a interação célula-ECM pode ativar várias vias de sinalização para melhorar a consolidação óssea. Em particular, os implantes revestidos com colágeno / sulfato de condroitina ou colágeno / hialuronano sulfatado mostraram aumentar a formação e maturação óssea, em comparação com os implantes não revestidos, confirmando os efeitos positivos do revestimento ECM na osseointegração. (4)

6. CONCLUSÃO

As características de um implante dentário influenciam a maneira como ele realiza a osseointegração. Sendo esta diretamente responsável pelo fracasso de 1-2% das falhas de implantes, e peri-implantite (patologia intimamente relacionada à osseointegração) de 5%, saber quais fatores na fabricação do implante podem desempenhar um papel de liderança na osseointegração, é um requisito indispensável.

Esses fatores abrangem muitos aspetos do implante, variando de fatores físicos (como rugosidade, que demonstrou responder favoravelmente) a fatores mecânicos, químicos e biológicos. Cada um deles foi modificado para alcançar uma melhor osseointegração.

Existem critérios específicos para estabelecer quando o processo de osseointegração foi bem-sucedido, mas infelizmente o mesmo não acontece com as características do implante dentário necessárias para atingir uma osseointegração ideal, uma vez que esses fatores interagem entre si de uma forma bastante imprevisível. É preciso ter cautela sempre que for considerada uma mudança em um determinado fator. A tudo isso, deve-se acrescentar que as condições particulares de cada paciente podem, por sua vez, exigir características específicas do implante.

Tendo em conta o somatório de todos esses determinantes, são necessários mais estudos que permitam conhecer com maior precisão as interações que os diferentes fatores podem ter entre si, de forma a termos implantes que possam ter as características mais personalizadas para cada paciente, tendo em conta as suas condições pessoais.

7. BIBLIOGRAFIA

1. Guglielmotti MB, Olmedo DG, Cabrini RL. Research on implants and osseointegration. *Periodontol 2000*. 2019;79(1):178–89.
2. Albrektsson T, Wennerberg A. On osseointegration in relation to implant surfaces. *Clin Implant Dent Relat Res*. 2019;21(S1):4–7.
3. Pellegrini G, Francetti L, Barbaro B, Del Fabbro M. Novel surfaces and osseointegration in implant dentistry. *J Investig Clin Dent*. 2018;9(4):e12349.
4. Kligman S, Ren Z, Chung C-H, Perillo MA, Chang Y-C, Koo H, et al. The Impact of Dental Implant Surface Modifications on Osseointegration and Biofilm Formation. *J Clin Med*. 2021;10(8):1641.
5. Ogle OE. Implant Surface Material, Design, and Osseointegration. *Dent Clin North Am* [Internet]. 2015;59(2):505–20. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.cden.2014.12.003>
6. de Avila ED, van Oirschot BA, van den Beucken JJJP. Biomaterial-based possibilities for managing peri-implantitis. *J Periodontal Res*. 2020;55(2):165–73.
7. Hanawa T. Zirconia versus titanium in dentistry: A review. *Dent Mater J*. 2020;39(1):24–36.
8. Hafezeqoran A, Koodaryan R. Effect of Zirconia Dental Implant Surfaces on Bone Integration: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Biomed Res Int*. 2017;2017.
9. Tettamanti L, Andrisani C, Bassi MA, Vinci R, Tagliabue A. Immediate Loading Implants : *ORAL& Implantol*. 2017;10(2):129–39.
10. Jain N, Gulati M, Garg M, Pathak C. Short implants: New horizon in implant dentistry. *J Clin Diagnostic Res*. 2016;10(9):ZE14–7.
11. Hong DGK, Oh J. Recent advances in dental implants. *Maxillofac Plast Reconstr Surg*. 2017;39(1).