

PEDRO MESQUITA AZEVEDO

**IMPLANTES CERÂMICOS DE ZIRCÔNIA:
*REVISÃO DE LITERATURA***

**Faculdade de Odontologia
Universidade de Minas Gerais
Belo Horizonte
2021**

Pedro Mesquita Azevedo

**IMPLANTES CERÂMICOS DE ZIRCÔNIA:
*REVISÃO DE LITERAURA***

Monografia apresentada ao Colegiado do Programa de Pós-Graduação da Faculdade de Odontologia da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial para obtenção do grau de Especialista em Implantodontia.

Orientador: Prof. Marcus Guimarães

Belo Horizonte
2021

Ficha Catalográfica

A994i Azevedo, Pedro Mesquita.
2021 Implantes cerâmicos de zircônia: revisão de literatura /
MP Pedro Mesquita Azevedo. -- 2021.

34 f. : il.

Orientador: Marcus Martins Guimarães.

Monografia (Especialização) -- Universidade Federal de
Minas Gerais, Faculdade de Odontologia.

1. Implantação dentária. 2. Teste de materiais. 3.
Osseointegração. I. Guimarães, Marcus Martins. II.
Universidade Federal de Minas Gerais. Faculdade de
Odontologia. III. Título.

BLACK - D74



Ata da Comissão Examinadora para julgamento de Monografia do aluno **PEDRO MESQUITA AZEVEDO**, do Curso de Especialização em Implantodontia, realizado no período de 26/03/2018 a 30/09/2021.

Aos 27 dias do mês de setembro de 2021, às 18:30 horas, por meio da Plataforma virtual Microsoft Teams®, reuniu-se a Comissão Examinadora, composta pelos professores Marcus Martins Guimarães (orientador), Célio Soares de Oliveira Júnior e Walison Arthuso Vasconcellos. Em sessão pública foram iniciados os trabalhos relativos à Apresentação da Monografia intitulada “**Implantes Cerâmicos**”. Terminadas as arguições, passou-se à apuração final. A nota obtida pelo aluno foi 72 (Setenta e dois) pontos, e a Comissão Examinadora decidiu pela sua aprovação. Para constar, eu, Marcus Martins Guimarães, Presidente da Comissão, lavrei a presente ata que assino, juntamente com os outros membros da Comissão Examinadora. Belo Horizonte, 27 de setembro de 2021.


Prof. Marcus Martins Guimarães
Orientador


Prof. Celio Soares de Oliveira Júnior


Prof. Walison Arthuso Vasconcellos

AGRADECIMENTOS

A todos que tornaram possível meu percurso acadêmico, que me ajudaram, apoiaram e incentivaram todos os meus esforços e dedicação para conciliar essa especialização e a realização de vários outros projetos pessoais e profissionais. Pois as conquistas raramente são esforços isolados, mas antes o resultado de um trabalho em conjunto.

À minha família, minha base segura.

Ao meu orientador, professores e coordenação acadêmica, que deram todo suporte necessário ao longo do curso.

Aos meus colegas de formação, que fizeram essa experiência mais enriquecedora.

Meu muito obrigado!

RESUMO

Este estudo teve como objetivo pesquisar a literatura sobre os implantes em cerâmica de zircônia, nos aspectos da biocompatibilidade e biomecânica, para evidenciar resultados de longo prazo da osseointegração. Para atingir esse propósito realizou-se uma revisão bibliográfica a fim de compreender o estado da arte sobre o tema. Para tal, foi realizada uma busca nas bases de dados BVS odonto e Pubmed, em 2020. Usou-se como descritores os termos *zircon dental implant*, *ceramic implant* e *osseointegration*. Além disso, os trabalhos foram selecionados dentro de um recorte temporal dentre os anos de 2001 a 2018, nos idiomas português e/ou inglês, contemplando revisões sistemáticas, meta-análises e ensaios clínicos abordar os principais conceitos, propriedades da zircônia comparando-a ao titânio. Percebeu-se que o sucesso dos implantes depende da saúde bucal e do processo de osseointegração. A zircônia mostrou-se biocompatível, com excelente capacidade osseointegradora, sendo assim, um substituto viável para o titânio.

Palavras-chave: Implante cerâmico. Zircônia. Osseointegração.

ABSTRACT

This study aimed to search the literature on zirconia ceramic implants, in terms of biocompatibility and biomechanics, to evidence long-term results of osseointegration. To achieve this purpose, a literature review was carried out in order to understand the state of the art on the subject. For this purpose, a search was performed in databases BVS odonto and Pubmed, in 2020. The terms zircon dental implant, ceramic implant and osseointegration were used as descriptors. In addition, the works were selected within a time frame between the years 2001 to 2018, in Portuguese and / or English, including systematic reviews, meta-analyzes and clinical trials addressing the main concepts, properties of zirconia compared to the titanium. It was realized that the success of the implants depends on oral health and the osseointegration process. Zirconia proved to be biocompatible, with excellent osseointegrating capacity, thus being a viable substitute for titanium.

Keywords: Ceramic implant. Zirconia. Osseointegration.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Implantes cerâmicos de zircônia	11
Figura 2 - Propriedade dos biomateriais com formulações comerciais Zr e ISO-13356.	12
Figura 3- Implantes cerâmicos Y-TZP de corpo único	12
Figura 4- Transformações de fases da estrutura cristalina da Zr	13
Figura 5 - Superfície de rugosidade	14
Figura 6 - Resistência à fratura	14
Figura 7 - Interface tecido/titânio	15
Figura 8- Técnica cirúrgica atraumática durante a fresagem sob constante irrigação	18
Figura 9 - Amostragem de tecido	20
Figura 10 - Exemplo clínico	23
Figura 11 - Restauração implante titânio X cerâmico	25

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

- μm = Micrômetro
- ACC = Coroa total em cerâmica
- BAR = Razão de área óssea
- BCR = Taxa de contato ósseo
- BIC = Contato direto osso implante
- BL = Nível ósseo marginal
- BOP = Sangramento à sondagem
- EDS = Espectroscopia dispersiva de energia
- HIP = Hot isostatic postcompaction – Pós-compactação isostática aquecida
- MCC = Coroa metalo-cerâmicas
- mm = Milímetro
- MVD = Densidade microvascular
- N = Newtons
- Ncm = Newtons por centímetro
- NOS = Síntese de óxido nitroso
- PCR = Registro de controle de placa
- PL = Altura da papila
- PPD = Profundidade de sondagem
- PSZ = Zircônia parcialmente estabilizada
- Ra = Desvio de média aritmética do perfil de rugosidade (parâmetro representativo de altura)
- Rq = Raiz quadrada de rugosidade média
- RTC = Ensaio clínico randomizado
- RTQ = Teste de inserção e remoção de torque
- Rz = Distância média dos vales e picos
- SEM = Microscopia eletrônica de varredura
- VEGF = Fator de crescimento vascular endotelial
- XRD = Difração de Raio X
- Y-TZP = Policristal de zircônia tetragonal yttrium estabilizada

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	8
1.1	Objetivos	9
1.1.1	Objetivo Geral	9
1.1.2	Objetivos Específicos	9
2	METODOLOGIA.....	10
3	REVISÃO DE LITERATURA.....	11
3.1	Implante cerâmico: especificações	11
3.2	O processo de osseointegração nos implantes cerâmicos	15
3.3	Considerações sobre tecidos perimplantares dos implantes cerâmicos	19
3.4	Resultados, vantagens e desvantagens	21
4	DISCUSSÃO	27
5	CONCLUSÕES	30
	REFERÊNCIAS.....	31

1 INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, as técnicas e instrumentos usados em Odontologia têm possibilitado avanços nas práticas de reabilitação oral, proporcionando estabilidade e harmonia bucal. No campo da implantodontia, convencionalmente, o titânio é o material mais utilizado para a confecção de implantes, sendo considerado o modelo nessa especialidade já que apresenta boas características físicas e mecânicas. Porém, na atualidade, essa técnica tem sido revista de maneira crítica, já que alguns indivíduos possuem restrições quanto ao uso desse material, pois, por se tratar de um metal, pode provocar alergia e sensibilidade. Outro fato encontrado na literatura contemporânea refere-se às alterações no processo de osseointegração em pacientes com pouco tecido gengival. Finalmente, destacamos a problemática estética, que vem reforçando a busca pela reabilitação sem uso de metais, abrindo espaço para os implantes cerâmicos desde a década de 1970 (FREITAS *et al.*, 2017).

O uso da cerâmica na odontologia tem sido aprimorado ao longo dos anos através da prática clínica. É preciso uma diferenciação terminológica entre cerâmica e porcelana, que por vezes se confundem. A cerâmica é constituída por óxidos, como por exemplo, sílica, alumina e potássio. Neste sentido, cerâmica é um composto amplo, formado por elementos metálicos e não-metálicos. Por outro lado, a porcelana é um subtipo de cerâmica, formada por caulim, ou seja, silicato de alumínio hidratado. As cerâmicas odontológicas podem ser classificadas em relação ao seu tipo, uso ou método empregado em seu processamento. Mas, a forma mais tradicional de sistematizá-las é dentro dos grupos de cerâmicas feldispáticas (convencional) e cerâmicas reforçadas (SPOR; CONCEIÇÃO, 2007).

Popularmente, a cerâmica odontológica se destaca em razão da sua semelhança estética ao dente natural e dureza. Vem do grego *keramos*, ou seja, argila, a origem da expressão “cerâmica”. Na história, os registros encontrados a partir de escavações no Egito apontam seu uso há 13 mil anos. Na China, essa técnica já era dominada desde o século X, a partir de um composto feito à base de argila chinesa, sílica e feldspato. Apenas no século XVII foi que a cerâmica chegou à Europa, sendo aprimorada em 1720 para uma porcelana fina. A introdução dessa técnica na odontologia ocorreu em 1774, com os franceses Alexis Duchateau e Nicholas Dubois de Chemant. Assim, já no final do século XIX, as próteses de cerâmicas já estavam popularizadas (GOMES *et al.*, 2008). Outro aspecto é a tendência na área médica

de eliminar artefatos metálicos como implantes dentais, devido as possibilidades de contaminação por íons metálicos e por reações alérgicas apresentadas por alguns indivíduos (BRANEMARK *et al* 2001). Somado a isto houve uma evolução no desenvolvimento de cerâmicas com alta resistência e grande biocompatibilidade, possibilitando a sua utilização para fixações dentais. O titânio exposto ao ar, produz uma película de óxido estável, no entanto, alguns estudos *in vitro* que os íons metálicos são liberados em fluidos e tecidos. Em boca, existem fatores que podem levar ao aumento da liberação de metal, como infecção, bactérias carga (*lipopolissacarídeos*), flúor e alimentos ácidos. Pesquisadores acreditam que a alergia ao titânio é devido ao fato de que os pacientes podem reagir às impurezas encontradas no titânio, por exemplo, níquel, cromo e cádmio, porém os recursos para diagnosticar a sensibilidade ao titânio são muito limitados.

Dito isto, para atingir os objetivos propostos, este estudo buscou realizar uma pesquisa qualitativa, descritiva e exploratória, por meio de uma revisão de literatura. A importância das informações aqui coletadas se justifica através da oportunidade de reunir uma diversidade de conteúdo para que os profissionais envolvidos na área de implantodontia possam analisar o que a literatura tem trazido de contribuição sobre vantagens, desvantagens e principais resultados envolvendo os implantes cerâmicos em zircônia.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo Geral

Descrever o estado de arte dos implantes cerâmicos em zircônia.

1.1.2 Objetivos Específicos

- Conceituar o implante cerâmico;
- Avaliar a qualidade de osseointegração sobre os implantes cerâmicos;
- Avaliar a qualidade dos tecidos perimplantares dos implantes cerâmicos;
- Descrever as vantagens, desvantagens e resultados de curto e longo prazo.

2 METODOLOGIA

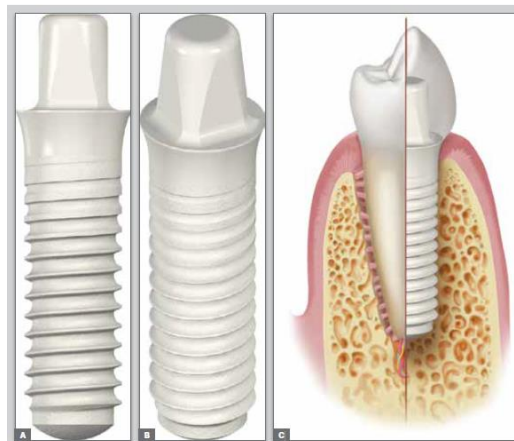
Mesmo que sem uso de metadados, a pesquisa definiu alguns parâmetros para a seleção dos trabalhos a partir da busca nas bases BVS odonto e Pubmed, em 2020. Usou-se como descrito os termos *zircon dental implante ceramic implant*. Além disso, os trabalhos foram selecionados dentro de um recorte temporal dentre os anos de 2001 a 2018, nos idiomas português e/ou inglês, contemplando revisões sistemáticas, meta-análises, capítulos de livro e ensaios clínicos. Finalmente, outros dados foram coletados a partir de seleção manual em referencial teórico presente nos estudos, bem como a consulta direta em sites de fabricantes, como a *Straumann implante Pure ceramic*.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 Implante cerâmico: especificações

Conforme especificado pelo fabricante Straumann®, o implante cerâmico é composto por um implante e um pilar produzidos a partir do dióxido de zircônio, usando um procedimento cirúrgico de nível ósseo. As especificações desse produto podem ser descritas a partir de dois formatos encontrados: diâmetros intraósseos de Ø 3,3 mm e Ø 4,1 mm, sendo que cada um apresenta duas alturas disponíveis para o pilar: 4 mm e 5,5 mm. O código de cores é idêntico ao utilizado nos implantes de titânio (STRAUMANN, 2014).

Figura 1- Implantes cerâmicos de zircônia



Fonte: Neto et al (2016, p.228).

O estudo de Hochscheidt et al. (2014) teve como finalidade encontrar um material alternativo ao Ti. Para tal, os autores realizaram uma revisão de literatura mais ampla. Os critérios para a pesquisa englobaram o comportamento das cerâmicas de dióxido de zircônio (ZrO₂) em estudos *in vitro* e *in vivo*. Além disso, analisaram os achados relacionados à osseointegração, biocompatibilidade, resistência e indicações ao tratamento. A tabela a seguir apresenta as propriedades desse material:

Figura 2 - Propriedade dos biomateriais com formulações comerciais Zr e ISO-13356.

Propriedades	Unidade	Implantes de Zr comerciais Y-TZP	Implantes de Zr comerciais Mg-PSZ	ISO - 13356
Composição		ZrO ₂ + 3% mol Y ₂ O ₃	ZrO ₂ + 8–10% mol MgO	ZrO ₂ + HfO ₂ >93,6%; HfO ₂ <5%; Y ₂ O ₃ = 5,1±0,25%; Al ₂ O ₃ <0,5%; Outros < 0,5%; U, TH < 20ppm
Densidade	g/cm ³	>6,00	5,74–6,00	>6,00
Porosidade	%	< 0,1	-	-
Tamanho do grão	µm	0,2–0,4	12–30	<0,6
Resistência à flexão	Mpa	900–1200	450–700	>900
Resist. à compressão	Mpa	2000	2000	-
Mod. de elasticidade	GPa	210	210	-
Tenacid. à fratura K _{IC}	MPa.m ^{1/2}	7–10	7–15	-
Coef. expansão term.	x10 ⁻⁶ /°C	11	7–10	-
Condutivid. térmica	W/m ² K	2	2	-
Dureza (HV)	GPa	12	12	-

Fonte: Hochscheidt et al. (2014, p.102)

Neste sentido, ainda conforme Hochscheidt et al. (2014) o dióxido de zircônio (ZrO₂) ou zircônia (Zr) vem apresentando excelentes resultados na reabilitação estética em decorrências de propriedades físicas e químicas. Em geral, seu uso é mais comum na fabricação de pinos radiculares, braquetes, pilares de implantes e próteses, todos livres de metais. Portanto, as qualidades que se destacam para uso de tal material são ópticas de transmissão de luz, com cor semelhante ao dente natural, estabilidade química, biocompatibilidade e boas propriedades mecânicas. Em comparação com outras cerâmicas, como a alumina, a zircônia Y-TZP apresenta diversas vantagens biomecânicas, tendo sido referenciada nos últimos 12 anos como a opção mais adequada para Implantodontia, como identificado pelos autores.

A figura abaixo reproduz a imagem de um implante cerâmico de zircônia de corpo único:

Figura 3- Implantes cerâmicos Y-TZP de corpo único



Fonte: (HOCHSCHEIDT et al., 2014, p.538)

Ainda a respeito de suas propriedades, a zircônia é um elemento presente na crosta terrestre encontrada predominantemente através do mineral zircão ($ZrSiO_4$). Para a obtenção da zircônia pura, o elemento passa por um processo físico-químico a fim de estabilizá-lo e sintetizá-lo, agora na forma de cerâmica. Suas propriedades variam conforme a temperatura, podendo ser monoclinica (temperatura ambiente), tetragonal ou cúbica. Como especificado abaixo:

Dependendo da temperatura, a Zr pode se transformar em três estruturas alotrópicas: monoclinica (m), tetragonal (t) e cúbica (c). Na temperatura ambiente e sob pressão, o estado puro da Zr se encontra na fase m. Aquecendo-se a $1170^{\circ}C$, se transforma em Zr-t; em torno de $2370^{\circ}C$ estará na fase c, próximo da temperatura de fusão ($2716^{\circ}C$). As mudanças volumétricas que acontecem com a transformação mt são de 4,5%. Essa expansão tem valor suficiente para torná-la inadequada para o uso na condição pura. (HOCHSCHEIDT et al., 2014, p.102).

O esquema a seguir contribui para melhor exemplificar como se dá o processo descrito anteriormente:

Figura 4- Transformações de fases da estrutura cristalina da Zr

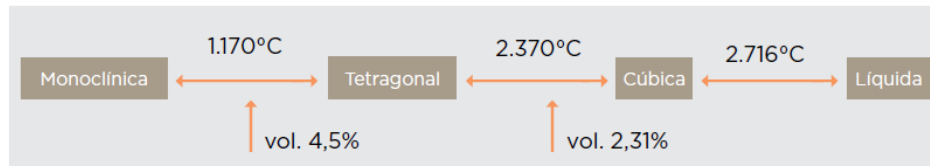
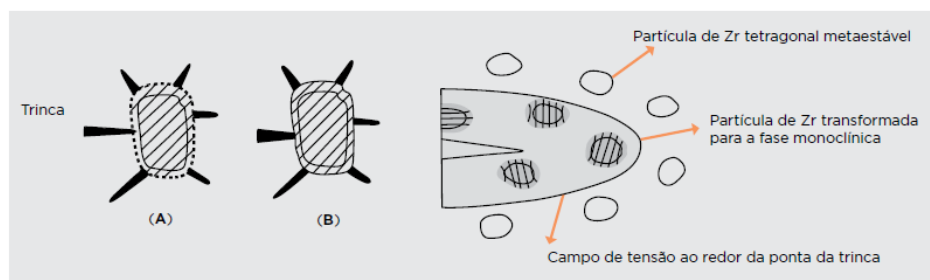


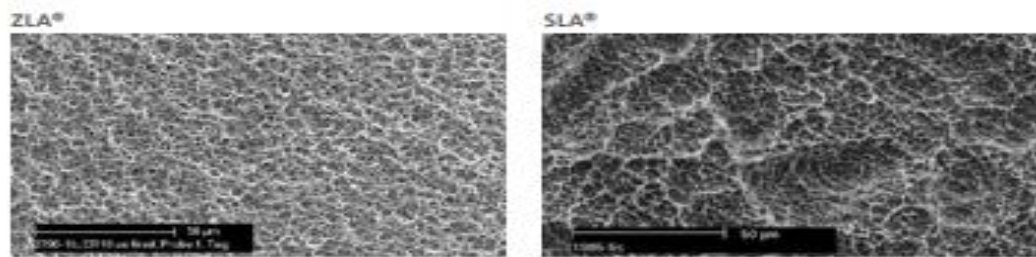
Figura 2 - Transformações de fases da estrutura cristalina da Zr, com as variações da temperatura e o aumento de volume.



Fonte: (HOCHSCHEIDT et al., 2014, p.103).

A FIG. 2 mostra as transformações de fases da estrutura cristalina da Zr, com as variações da temperatura e o aumento de volume. Início da formação da trinca ao redor de uma partícula de Zr transformada. (A) Absorção da energia de uma trinca em propagação. (B) Mecanismo de transformação de fase induzido por tensão.

Figura 5 - Superfície de rugosidade

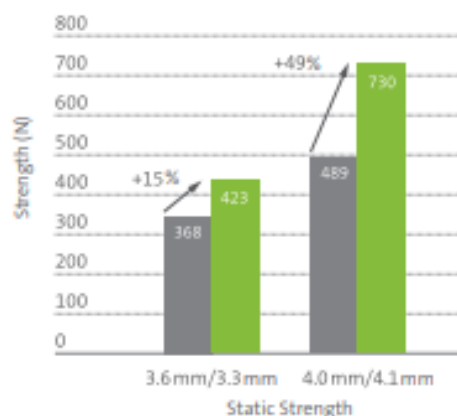


Fonte: Straumann (2016, p.2).

A FIG. 5 mostra a superfície ZLA® combina a micro e macro rugosidade da superfície SLA® com propriedades osseointegrativas confiáveis. O valor de torque de saída da cerâmica Straumann® PURE Ceramic. O implante é equivalente aos implantes SLA® de titânio.

Hoje em dia, os pacientes estão mais conscientes de sua saúde e estética do que nunca antes. Tecidos moles orais de aparência saudável e dentes brilhantes são considerados pré-requisitos para um belo sorriso e autoestima, contribuindo diretamente para uma qualidade de vida relacionada à saúde. O implante cerâmico Straumann® PURE Ceramic é cor de marfim como uma raiz de dente natural e fornece uma alternativa altamente estética e sem metal aos implantes feitos de titânio. É feito de 100% isento de metal policristal de zircônia tetragonal estabilizado com ítrio (Y-TZP). O Straumann® PURE Ceramic Implante (Ø 4,1 mm e Ø 3,3 mm) mostra resistência significativamente maior à ruptura forçada.

Figura 6 - Resistência à fratura



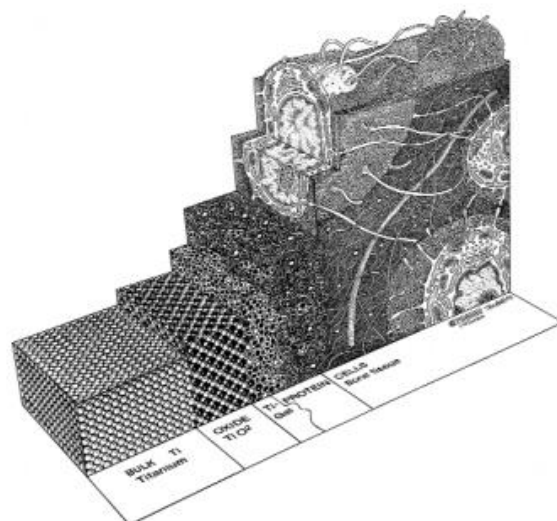
Fonte: Straumann (2016, p.2).

Conforme discutido por Neto et al (2016), a partir da análise de dois casos clínicos, o uso do Silicato de zircônio ($ZrSO_4$) já foi questionado nos anos 1990 por gerar preocupações quanto à possibilidade de contaminação por radiação. Entretanto, a tecnologia moderna de processamento do dióxido de zircônio possibilita a eliminação total de qualquer agente contaminante. Os implantes de cerâmica pura são produzidos usando a zircônia ítrio estabilizado (Y-TZP). Como contém traços de Rádio e Tório, a cerâmica é exposta a um procedimento de purificação. Os implantes pesam cerca de 2gramas, que resulta em uma exposição de 0,01 mSv /ano de radiação, um valor considerado irrelevante quando comparados a outros procedimentos (NETO et al, 2016).

3.2 O processo de osseointegração nos implantes cerâmicos

Do ponto de vista histórico, os primeiros implantes dentários representaram uma revolução na reabilitação de pessoas que perderam parcial ou totalmente seus dentes. Os materiais utilizados anteriormente não atingiam sucesso clínico, pois ora corroíam, ou não suportavam a carga mecânica necessária, ou ainda não eram biocompatíveis. O protocolo Branemark é a referência máxima em implantes funcionais, osseointegrados e de longa durabilidade (BRÄNEMARK et al, 2001).

Figura 7 - Interface tecido/titânio



Fonte: (BRÄNEMARK et al, 2001, p. 176).

A FIG 7. mostra a visão de um artista da interface titânio / tecido. O óxido de titânio é coberto com uma camada muito fina de compostos de peróxido de titânio, que estão em contato com o osso vivo.

Ainda segundo os autores acima citados, o afrouxamento dos implantes dos tecidos ósseos é um problema recorrente nas cirurgias reconstrutivas. O pensamento por décadas foi de que a camada de tecido fibroso que se desenvolve em torno do implante diminui a integridade e estabilidade mecânica da interface implante/osso. Mas, na década de 1950, Brånemark mostrou que as câmaras feitas de titânio podem se incorporar ao osso de modo permanente, ou seja, o implante não poderia ser rompido através de fratura. Esse processo foi denominado osseointegração.

Neste sentido, o conceito pode ser melhor explicado com o entendimento de que a osseointegração, tanto na teoria, quanto na prática, é a coexistência estrutural e funcional contínua, possivelmente de forma simbiótica, entre tecidos biológicos diferenciados, adequadamente remodelados e componentes sintéticos definidos e controlados, fornecendo funções clínicas específicas duradouras sem iniciar mecanismos de rejeição. Do ponto de vista odontológico, para atingir esse resultado é preciso rigor na qualidade dos implantes e na expertise dos cirurgiões (BRÄNEMARK et al, 2001).

A revisão de literatura elaborada por Brånemark et al (2001) prossegue destacando que, a descoberta a respeito da osseointegração, se deu através de experimentos focados na observação da microcirculação óssea. Com efeito, a osseointegração foi originalmente definida como uma conexão estrutural e funcional entre o osso e a superfície de um implante. Por conseguinte, agora é dito que um implante é considerado osseointegrado quando não há movimento relativo progressivo entre o implante e o osso com o qual ele tem contato direto. Logo, do ponto de vista prático a osseointegração é um mecanismo de ancoragem por meio do qual componentes não vitais podem ser incorporados de forma confiável e previsível ao osso vivo e que esta ancoragem pode persistir sob condições normais de carregamento.

Na sequência, o artigo expõe que outros estudos experimentais foram realizados na década de 1950, em humanos e, afim de analisar o comportamento do Ti. O ponto inicial de observação foram os aspectos biomecânicos, evidenciando a complexidade da osseointegração. Dentre aplicações dentais, a experiência clínica agora é suficiente em tempo e no número total de pacientes para dizer que nem a proteção contra tensões nem a fadiga parecem ser limitantes funcionais a longo prazo

do titânio. Em todo o mundo, mais de 800.000 pacientes foram tratados desde 1965 até agora com osseointegração dentária, sendo tema de mais de 2000 trabalhos

Kock et al (2010) tiveram como objetivo avaliar de forma comparativa o processo de osseointegração de implantes de uma peça de zircônia e outra de titânio, dependendo de sua profundidade de inserção por histomorfometria. Os procedimentos envolveram as seguintes etapas: quatro implantes de uma peça de geometria idêntica foram inseridos em cada lado de seis cães vira-latas - (1) um implante de zircônia não revestido, (2) um implante de zircônia revestido com um revestimento de óxido de titânio liberador de cálcio, (3) a implante de titânio e (4) um implante experimental de material sintético (polieteretercetona). Com a boca aberta, foram inseridos nos modos de cicatrização gengival submersa e não submersa. Após 4 meses, os blocos dissecados foram corados com azul de toluidina para avaliar histologicamente as taxas de contato osso-implante e os níveis ósseos dos implantes. Como resultados, os pesquisadores apresentaram que os 48 implantes foram osseointegrados clínica e histologicamente. Os implantes de zircônia revestidos submersos tendem a oferecer níveis ósseos mais estáveis. Concluiu-se que, embora tenha sido um estudo realizado em um público não-humano, os implantes em zircônia mostraram bons níveis de osseointegração, comportamento similar ao titânio.

Em uma revisão de literatura sobre a osseointegração, Faverani et al (2011) retomaram estudos publicados entre 1969 a 2010, ressaltando principalmente as questões históricas e técnicas sobre a osseointegração. A prática dos implantes dentários já ocorre desde civilizações antigas e o uso de materiais como porcelana, platina e ouro apresentou corrosão decorrente eletrólise do organismo. Cromo cobalto apresentava baixa resistência mecânica. Cromo, níquel e vanádio, foram considerados bio incompatíveis. O estudo em questão retomou a definição de osseointegração, como sendo “o processo de conexão direta estrutural e funcional entre o osso vivo e a superfície de um implante submetido a uma carga oclusal” (p.49). O advento do protocolo Brånemark permitiu a detecção de fatores que contribuem para o bom seguimento dos implantes, como a redução dos danos em tecidos decorrentes de traumas diversos. Neste sentido, ficou estabelecido que a inserção do implante deve seguir rigoroso controle na temperatura (abaixo de 43° C) e na rotação (até 2000 rpm). A explicação para esse sistema é que ao superaquece, as proteínas sofrem um processo de desnaturação, seguido de necrose do osso. Adicionalmente, os implantes devem ficar sepultados durante um intervalo de quatro a seis meses.

Figura 8- Técnica cirúrgica atraumática durante a fresagem sob constante irrigação



Fonte: Faverani et al (2011, p.50).

A osseointegração foi descoberta no final da década de 1950 por Per - Ingvar Branemark, na Suécia, após observação realizada em coelhos com implantes de placas de titânio nos ossos, que visava investigar a microcirculação. O termo “osseointegração” só foi utilizado pela primeira vez em 1977, quando o pesquisador identificou que os implantes de titânio se conectaram integralmente ao osso. Paralelo a este momento, outro pesquisador suíço, André Schröder, realizou outro estudo, agora em implantes odontológicos, encontrando resultados similares. Esses achados não foram acolhidos pela comunidade científica da época de forma positiva, já que os implantes anteriores provocaram consequências negativas aos pacientes. Esse cenário só foi modificado em 1982, após a “*Toronto Osseointegration Conference*”, com a apresentação dos resultados encontrados por George Zarb e sua equipe, que replicaram e corroboraram com as pesquisas de Branemark. Esse encontro foi o marco para o entendimento e aceitação da osseointegração. Vinte anos após as descobertas de Branemark, sua técnica tornou-se o padrão em implantodontia, conhecida como *Branemark System*, produzido por Nobel Pharma/Nobel Biocare. Esse procedimento cresceu e popularizou-se nos anos seguintes, tornando-o comercializável (KLINGE et al., 2018).

3.3 Considerações sobre tecidos perimplantares dos implantes cerâmicos

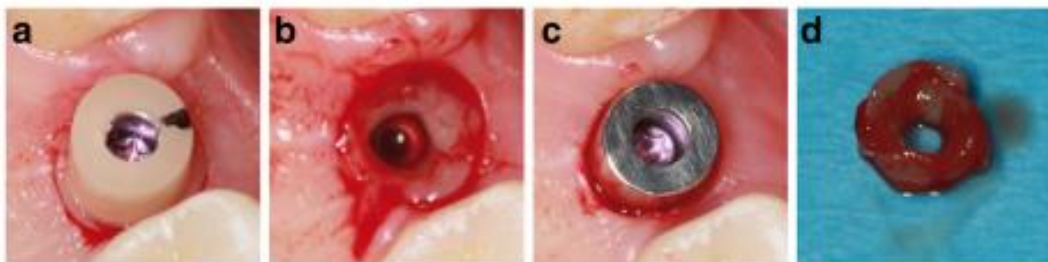
Hoffmann et al (2012) realizaram um estudo caso controle para avaliar histologicamente e comparar o grau de aposição óssea inicial em torno de implantes dentários de zircônia com superfícies jateadas, sintetizadas ou modificadas a laser como aquela observada em implantes de titânio modificados. Sabe-se que as cerâmicas de zircônia são uma alternativa viável ao titânio para uso como implantes dentários. No entanto, a superfície lisa da zircônia significa períodos de cicatrização mais longos para obtenção da osseointegração em comparação com superfícies rugosas de titânio. Modificações de superfície podem ser usadas para aumentar a rugosidade da zircônia. O torque de remoção também foi medido e comparado. Os procedimentos envolveram 96 implantes, colocados em 48 coelhas fêmeas, sendo - 24 de cada um dos quatro tipos (zircônia sinterizada, zircônia modificada a laser, zircônia jateada e titânio ácido). Os implantes foram inseridos no fêmur distal. Metade das amostras foram colhidas em 6 ou 12 semanas e processadas para análise microscópica de luz; a área de contato osso-implante foi medida morfometricamente. A outra metade foi avaliada para torque de remoção em 6 e 12 semanas. Os pesquisadores não encontraram diferenças estatisticamente significativas na aposição óssea entre as diferentes superfícies em qualquer ponto do tempo. As diferenças no torque de remoção foram significativamente diferentes entre titânio e zircônia jateada e entre zircônia sinterizada e zircônia jateada, com o primeiro mencionado demonstrando um valor de torque mais alto em 6 semanas. Em 12 semanas, a única diferença significativa no torque de remoção foi entre titânio e zircônia jateada, com titânio demonstrando o valor mais alto. Finalmente, foram observadas taxas comparáveis de aposição óssea nas superfícies dos implantes de zircônia e titânio com 6 e 12 semanas de cicatrização. Os valores de torque de remoção foram semelhantes para todos os implantes com superfície rugosa.

No que se refere à retenção de placas, os tecidos periimplantares e as estruturas protéticas em meio bucal têm papel fundamental na obtenção e manutenção da osseointegração. O acúmulo do biofilme pode comprometer, sendo uma das principais causas de insucessos na Implantodontia. Algumas bactérias anaeróbicas e gran-negativas são associadas à periimplantite. Entretanto, nos implantes dentários ZTP-Y constatou-se pouca afinidade por *Streptococcus sanguis* e

Porphyromonas gingivalis, gerando menor biofilme, o que justifica as propriedades químicas e lisura de superfície da cerâmica (OLIVEIRA et al, 2015).

Para Kuhn et al (2015), devido ao crescimento do uso de implantes dentários, que traz consigo o risco igualmente crescente de complicações relacionadas a tais procedimentos, faz-se necessário entender como funciona os processos biomoleculares nos tecidos periimplantares. O tecido mole periimplantar está em contato direto com os pilares do implante dentário transmucoso. O ensaio clínico piloto foi desenvolvido com 24 pacientes submetidos a um tratamento com implante para substituir um único dente posterior ausente. Segundo os autores, este estudo é o primeiro ensaio clínico randomizado a combinar análises biomoleculares, imunohistoquímicas e clínicas para determinar o ambiente em torno da transmucosa abutments durante a cicatrização de feridas em humanos. Dois materiais de abutment bem estabelecidos (titânio e zircônia) são comparados com um material de abutment introduzido mais recentemente (dissilicato de lítio). Uma compreensão mais profunda das interações dos materiais do abutment com o tecido mole periimplantar nos ajudará a compreender os mecanismos de formação de complicações associadas ao implante e desenvolver estratégias de prevenção.

Figura 9 - Amostragem de tecido



Fonte: (Kuhn et al., 2015, p.5).

A FIG 9 mostra: a) Situação clínica após a aplicação da prensa de estampagem ao redor do pilar de zircônia. B) Depois de remover o anel gengival biópsia e o pilar de zircônia. C) Após inserir o abutment de titânio. d) Biópsia de anel gengival

Segundo Bosshardt, Chappuis e Buser (2017) a cicatrização óssea ao redor dos implantes dentários segue o padrão e a sequência da osteogênese intramembranosa com a formação de tecido ósseo primeiro, seguido pela formação de osso lamelar e de fibra paralela. A aposição do osso na superfície do implante começa mais cedo no osso trabecular do que no osso compacto. Embora o primeiro

osso novo possa ser encontrado na superfície do implante cerca de 1 semana após a instalação, a remodelação óssea começa entre 6 e 12 semanas e continua ao longo da vida. A remodelação óssea também envolve a interface osso-implante, expondo assim transitoriamente porções da superfície do implante. As modificações de superfície que criam superfícies de implante micro-rugosas aceleram o processo de osseointegração de implantes de titânio, conforme demonstrado em vários experimentos com animais. O jato de areia seguido de ataque ácido pode, atualmente, ser considerado a técnica padrão ouro para criar superfícies micro ásperas. As modificações químicas da superfície, resultando em maior hidrofília, aumentam ainda mais a velocidade de osseointegração de implantes de titânio e titânio-zircônio em animais e humanos. As modificações da superfície dos implantes de zircônia e de zircônia endurecidos com alumina também têm influência na velocidade de osseointegração, e alguns tipos de implante atingem altos valores de contato osso-implante em animais. Embora muitas vezes discutidas independentemente umas das outras, as características da superfície, como topografia e química, são virtualmente inseparáveis. Os sistemas de implantes contemporâneos e bem documentados com superfícies de implante micro-rugosas, colocados por profissionais experientes e devidamente treinados, demonstram altas taxas de sobrevivência a longo prazo. No entanto, ocorrem falhas de implante. Uma baixa porcentagem de implantes é diagnosticada com peri-implantite após 10 anos em função. Além disso, um baixo número de implantes parece ser perdido principalmente por outras razões além da infecção induzida por biofilme. Os fatores do paciente, como medicamentos que interferem no sistema imunológico e nas células ósseas, podem ser um elemento que contribui para a perda óssea contínua e, portanto, devem ser monitorados e estudados com mais detalhes.

3.4 Resultados, vantagens e desvantagens

Os implantes dentários são uma modalidade de tratamento bem aceita e previsível para a reabilitação de pacientes desdentados parcial e totalmente. Em geral, as taxas de sucesso chegam a 95% e com uma durabilidade de dez anos e 92%, para 15 anos. Para alcançar o sucesso a longo prazo, é necessária a fixação rígida dos implantes no local do osso hospedeiro. Quando exposto ao ar, o titânio desenvolve imediatamente uma camada de óxido estável que forma a base de sua

biocompatibilidade excepcional. As propriedades da camada de óxido, ou seja, sua pureza química e limpeza de superfície, são de grande importância para o resultado biológico da osseointegração de implantes de titânio. A qualidade da superfície do implante é um fator importante que influencia a cicatrização da ferida no local de implantação e, subsequentemente, afeta a osseointegração. Nos últimos anos, muitos esforços foram feitos para melhorar a ancoragem do implante no tecido ósseo, modificando as características da superfície dos implantes de titânio. Vários estudos têm demonstrado que o sucesso da integração dos implantes no tecido ósseo se correlaciona positivamente com uma rugosidade especial da superfície do implante. Outra vantagem das superfícies rugosas de titânio é o menor período de cicatrização e a opção de utilização de implantes mais curtos, ainda com bom prognóstico em longo prazo devido à melhor ancoragem óssea. Mais recente é o uso das cerâmicas de alta resistência, que se tornaram atraentes como novos materiais para implantes dentários. Elas são consideradas inertes no corpo e exibem mínima liberação de íons em comparação com implantes metálicos. O óxido de zircônio parcialmente estabilizado com ítrio parece oferecer vantagens sobre o óxido de alumínio para implantes dentários devido à sua maior resiliência à fratura e maior resistência à flexão. Até o momento, poucos estudos investigaram a osseointegração de implantes dentários feitos de cerâmica de zircônia (DEPPRICH et al, 2008).

A zircônia parece ser um material de implante dentário adequado devido à sua cor semelhante ao dente, propriedades mecânicas e, portanto, biocompatibilidade. Perda óssea atípica e recessão gengival associada a implantes muitas vezes descobrem porções de implante de metal, revelando uma descoloração azulada da gengiva sobreposta. O uso de implantes de zircônia evita essa complicação e atende à solicitação de muitos pacientes por implantes sem metal. O material também oferece alta resistência, tenacidade à fratura e biocompatibilidade. A resposta inflamatória e a reabsorção óssea induzida por partículas de cerâmica são menores do que aquelas induzidas por partículas de titânio, sugerindo a biocompatibilidade da cerâmica (ÖZKURT; KAZAZOĞLU, 2011).

O estudo de Neto et al (2016), baseado nos relatos de dois casos clínicos, teve como objetivo avaliar a resistência mecânica de implantes de cerâmica, o implante cerâmico da Straumann, o Straumann® Implant Ceramic PURE, em comparação com os implantes convencionais da Straumann, o Straumann® Standard Plus, demonstrando bom comportamento quando submetido a estresse mecânico, com

desempenho superior, relacionado à fadiga quando comparado ao implante de titânio convencional. Neste sentido, as principais vantagens apresentadas pelos implantes cerâmicos foram: estéticas, devido ao uso de uma abordagem livre de metais; estabilidade dos tecidos e saúde periimplantar, em razão do menor acúmulo de biofilme; e não ser um material alergênico. Enquanto que as desvantagens destacadas foram: a menor consistência clínica e científica a longo prazo dos implantes cerâmicos em comparação com os de titânio; menor biocompatibilidade do ponto de vista intraósseo.

Figura 10 - Exemplo clínico



Fonte: Neto et al (2016, p.231).

A FIG 10 mostra: (A) Fratura vertical do dente 21 e inflamação da gengiva marginal. (B) Extração do dente 21; vista vestibular. (C) Abertura para a instalação precoce de implante (8 semanas após a exodontia); observar o defeito ósseo alveolar. (D) Implante cerâmico de corpo único StraumanPure instalado. (E) Osso autógeno coletado durante o preparo do alvéolo cirúrgico usado em conjunto com membrana de colágeno para ROG cobrindo a face vestibular do implante. (F) Fotografia de acompanhamento após 3 meses do processo de reparo. (G) Coroa provisória de acrílico realizada no consultório. (H) Prótese definitiva de cerâmica pura. (I) Radiografia periapical digital do caso finalizado.

Em razão dessas reflexões sobre o uso do titânio, outro material, agora cerâmico, em especial a Zircônia tetragonal policristalina estabilizada por ítrio (ZTP-Y), a mais utilizada, vem ganhando espaço entre os especialistas em implantes dentais. A zircônia apresentou ótimas propriedades físicas, equiparando-se ao titânio, porém, sem os problemas adversos desencadeados pelo produto pioneiro. A zircônia, no que refere à biocompatibilidade, gera menor reação nos tecidos, quando comparada ao titânio. Além disso, mostrou-se capaz de influenciar a regulação e a formação óssea (SALLENAVE; VICARI; BORBA, 2016).

Hashim et al (2016) avaliaram o sucesso clínico e as taxas de sobrevida dos implantes de cerâmica de zircônia após pelo menos 1 ano de função. Os autores relataram que ainda pouco se sabe sobre tais resultados a longo prazo para que se possa avaliar possíveis resultados negativos e complicações do ponto de vista técnico e biológico. Mesmo assim os autores concluíram que a zircônia se apresenta como uma alternativa otimista em comparação com o titânio, mas que os casos precisam ser avaliados clinicamente, visto que a longo prazo os dados ainda são inconsistentes.

Os implantes cerâmicos oferecem uma série de benefícios interessantes. Particularmente, as expectativas do paciente para uma alternativa livre de metal e uma aparência estética excelente. No entanto, a estabilidade mecânica dos implantes cerâmicos tem sido questionada após falhas mecânicas de tais implantes documentado sem alguns estudos. Considerando esta questão, resistência mecânica de implantes de cerâmica, o implante cerâmico da Straumann, o Straumann® Implant Ceramic PURE, foi comparado com os implantes convencionais da Straumann, o Straumann® Standard Plus, demonstrando bom comportamento quando submetido a estresse mecânico, com desempenho superior, relacionado à fadiga quando comparado ao implante de titânio convencional (FREITAS et al., 2017).

Spies, Stampf e Kohal (2015) tiveram como objetivo realizar uma pesquisa de coorte ao longo de cinco anos para determinar a sobrevivência e a taxa de sucesso das reconstruções de cerâmica pura em implantes orais de zircônia. Para isso, 93 pacientes receberam 122 implantes de zircônia, sendo 117 com coroas e 27 pontes de três unidades. As variáveis foram consideradas e avaliadas estatisticamente. Como resultados, 89 pacientes receberam reconstruções protéticas, 63 puderam ser acompanhados no prazo de cinco anos. Cerca de 57% dos implantes com coroas e 38% das pontes tiveram indicador satisfatório. Uma taxa de sobrevivência de 76.6%

e 93,8%, respectivamente. Nenhuma fratura ou decimentação da estrutura foi observada em qualquer grupo.

Para Piras et al (2018), dentre os materiais cerâmicos utilizados em odontologia, a Zircônia apresenta a opacidade ideal para os casos em que o desafio clínico é neutralizar a diferença de cores dos substratos. O "aço cerâmico", assim denominado por alguns autores, garante à Zircônia resistência e dureza semelhantes às de um metal, mas com vantagens estéticas superiores às restaurações metalocerâmicas, que podem exibir exposição da banda metálica com o tempo. No estudo em questão, a seleção de um sistema cerâmico totalmente à base de zircônia permitiu mascarar as diferentes condições dos substratos, atendendo às expectativas estéticas. Além disso, considerando a linha de sorriso alta do paciente, uma estética gengival excelente foi obtida com um implante cone Morse de conexão interna associado a um abutment anatômico individualizado. Como pode ser visto no comparativo entre as figuras abaixo:

Figura 11 - Restauração implante titânio X cerâmico



Fonte: (Piras et al, 2018 p.261;264)

Para Sailer et al (2018), nos últimos anos, a variedade de materiais restauradores para reconstruções apoiadas por implantes aumentou significativamente. Enquanto as cerâmicas metálicas eram o padrão ouro para a fabricação de reconstruções apoiadas por implantes no passado, a tecnologia CAD / CAM permitiu que materiais mais baratos pudessem ser utilizados, pois são fabricados de forma mais rápida com o objetivo de aumentar a eficiência geral dos tratamentos hoje. Como consequência, a aplicação de cerâmica pura em geral, e especificamente de zircônia como material restaurador aumentou. De fato, uma vantagem das cerâmicas CAD / CAM recentes, como a zircônia, são os custos e o tempo de

tratamento, além da estética melhorada com as reconstruções de implantes de cerâmica pura em comparação com as reconstruções de cerâmica de metal. No entanto, apesar da grande seleção de materiais disponíveis no mercado hoje, a seleção da melhor solução restauradora possível continua a ser difícil para os profissionais. Até o momento, o material restaurador mais investigado na literatura protodôntica continua sendo a cerâmica metálica.

Para que um implante endósseo seja considerado bem sucedido é necessário levar em conta o processo de osseointegração, ou seja, requer um estudo do tecido que ficará em contato com o osso e com o implante. A osseointegração costuma exigir longo período de manutenção, o que acaba por elevar o custo do tratamento. Para um implante com baixo indicador de rejeição é preciso que o organismo esteja em um estado pleno de saúde, além da integridade de selamento mucoso (KLINGE et al., 2018).

Como explicam Poggio et al (2018), o tratamento protodôntico fixo envolve o uso de vários materiais diferentes para substituir a estrutura dental ausente. Tradicionalmente, foram utilizadas estruturas totalmente metálicas ou revestidas de cerâmica (metal-cerâmica (MC)). Nos últimos anos, vários sistemas isentos de metal diferentes tornaram-se disponíveis para profissionais e pacientes. Em geral, as restaurações sem metal devem permitir que os profissionais reproduzam melhor a cor natural dos dentes, evitando as deficiências das restaurações. Por isso esse estudo buscou avaliar os efeitos dos materiais livres de metal para restaurações protodônticas em comparação com metal-cerâmica ou outros materiais convencionais totalmente metálicos. Para tal, foi realizada uma revisão sistemática dos ensaios clínicos a partir de 1946 até 2017. Essa busca mais robusta trouxe importantes conclusões para o presente estudo. Conforme os pesquisadores, ainda são incipientes as evidências que sirvam para sustentar a melhor eficiência dos implantes livres de metais sobre os padrões. Por isso, generalizações exigem cautela.

4 DISCUSSÃO

Retomando os objetivos propostos, quatro tópicos puderam ser evidenciados a partir da leitura dos artigos pesquisados. A pesquisa se fundamentou na análise de 23 estudos, dentre meta análises, revisões sistemáticas, ensaios clínicos, capítulos de livro e material homologado do fabricante. Neste sentido, foi possível abordar questões que se relacionam ao tema dos implantes cerâmicos, como: as especificações; o papel da osseointegração; a avaliação dos tecidos perimplantares; além de aspectos vantajosos/desvantajosos e os principais resultados da aplicação dessa abordagem. Portanto, foram selecionados alguns trabalhos, cujos critérios e resultados auxiliam no entendimento sobre o assunto por hora levantado. A maior parte dos estudos levantados se ocupou em verificar os efeitos positivos dos implantes cerâmicos em comparação com materiais metálicos de uso padrão.

Quanto às especificações, pelo protocolo Straumann (2016), entendeu-se que a cerâmica à base de dióxido de zircônio é 100% livre de metais, comercializado em dois formatos de diâmetros intraósseos de Ø 3,3 mm e Ø 4,1 mm, com duas possibilidades de alturas para o pilar (4 mm e 5,5 mm), além de manter o mesmo código de cores usado em implantes de titânio. Outro estudo destacou as propriedades desse composto com destaque para a resistência à flexão entre 900 e 1200 Mpa e a resistência à compressão 2000 MPA (HOCHSCHEIDT et al., 2014). Além disso, os autores apontaram características como a semelhança ao dente natural e a estabilidade química. Embora alguns estudos tenham se preocupado com o (NETO et al, 2016).

Possibilitar a reabilitação oral de pacientes é de suma importância, especialmente do ponto de vista funcional e estético. Quando se fala em implantodontia, o conceito primordial abordado em todos os estudos foi a osseointegração. Para tanto, os artigos mais atuais convergiram para o protocolo Brånemark como referência em funcionalidade e durabilidade dos implantes (BRÄNEMARK et al, 2001; KOCK et al, 2010; FAVERANI et al, 2011; KLINGE et al., 2018). Como identificado, é frequente durante procedimentos de implantes que não haja uma adequada fixação e aderência entre tecido e implante. Comparando a um implante de zircônia e outro de titânio, Kock et al (2010) perceberam que os implantes de zircônia apresentaram resultados mais estáveis e com melhor osseointegração.

No que se refere à qualidade dos tecidos periimplantares, Hoffmann et al (2012) não encontraram diferenças estatisticamente significativas na aposição óssea entre superfícies pesquisadas. Já para Oliveira et al (2015), nos implantes dentários ZTP-Y constatou-se pouca afinidade por *Streptococcus sanguis* e *Porphyromonas gingivalis*, gerando menor biofilme, o que justifica as propriedades químicas e lisura de superfície da cerâmica. Conforme Kuhn et al (2015), o papel da formação da placa deve ser levado em consideração em termos de interação de materiais dentários com periimplantar tecido macio. A placa está associada à mucosite peri-implantar e está correlacionada com marcadores inflamatórios elevados. A formação de biofilme em materiais dentários foi bem examinada para titânio e zircônia, porém os resultados são inconsistentes. Por outro lado, a zircônia mostra menos adesão bacteriana e colonização em alguns estudos e nenhuma diferença em outros. A rugosidade superficial excessiva dos materiais dentais favorece a formação de biofilme com microbiota mais complexa. Adicionalmente, segundo Bosshardt, Chappuis e Buser (2017) embora seja um procedimento rotineiro na atualidade, os implantes requerem rigor. O processo de cicatrização óssea ao redor dos implantes segue o padrão e sequência de osteogênese intramembrânea começando com a formação do osso tecido e seguido mais tarde, por formação de osso de fibra paralela e por osso lamelar. A remodelação óssea também envolve a interface osso-implante. Implantes contemporâneos feitos comercialmente titânio puro grau 4, TiZr e zircônia com uma superfície micro áspera são biologicamente bem tolerados e osseointegram rapidamente. Mas a perda de implante não relacionada à periimplantite clássica ainda requer mais investigações.

Finalmente, quanto aos principais resultados, vantagens e desvantagens, foram destacados como vantagens do uso da zircônia os aspectos como a cor, propriedades mecânicas, biocompatibilidade, menor perda óssea e recessão da gengiva Özkurt e Kazazoglu (2011) e mesmas propriedades físicas, porém sem efeitos adversos do titânio (SALLENAVE; VICARI; BORBA, 2016). Além disso, Neto et al (2016) apontaram benefícios estéticos e periimplantares. Embora venha sendo considerada uma alternativa bem sucedida em relação ao titânio, há poucas evidências a longo prazo, como atestaram Neto et al (2016) e Sallenave; Vicari; Borba (2016). Da mesma forma Hashim et al (2016) consideraram precoce atestar a durabilidade e as taxas de sucesso dos implantes em zircônia, pois poucos estudos fizeram um acompanhamento superior a cinco anos. Exemplo disso pode ser o estudo

de Spies, Stampf e Kohal (2015), que embora não tenha obtido fraturas nos implantes realizados, a taxa média de sobrevivência ficou acima de 70%. Piras et al (2018), deram destaque à dureza da zircônia, porém com excelentes qualidades estéticas, ao custo e menor tempo de tratamento. Ainda, Poggio et al (2018), o tratamento protodôntico ainda são insuficientes as evidências que sirvam para sustentar a melhor eficiência dos implantes livres de metais sobre os padrões.

5 CONCLUSÕES

- Implantes de zircônia são uma alternativa de tratamento viável frente aos implantes convencionais de titânio.
- A zircônia, devido às suas características, surge como uma opção para casos estéticos e para pacientes alérgicos ao titânio.
- Mais estudos são necessários para maior evidência científica e previsibilidade clínica deste material promissor em longo prazo.
- Vários estudos relataram sucesso na osseointegração com implantes em zircônia, estes equiparam-se aos resultados obtidos com o titânio no que se refere à síntese de proteínas ósseas específicas.
- À tenacidade, ou seja, a resistência do material, observou-se que, zircônia e titânio de zircônia sobre o titânio.
- Ainda são incipientes as evidências que sirvam para sustentar a melhor eficiência dos implantes livres de metais sobre os padrões. Por isso, generalizações exigem cautela.

REFERÊNCIAS

BOSSHARDT, Dieter D.; CHAPPUIS, Vivianne; BUSER, Daniel. Osseointegration of titanium, titanium alloy and zirconia dental implants: current knowledge and open questions. **Periodontology** **2000**, v. 73, n. 1, p. 22-40, 2017

BRÅNEMARK R, BRÅNEMARK PI, RYDEVIK B, MYERS RR. Osseointegration in skeletal reconstruction and rehabilitation: a review. **J Rehabil Res Dev.** 2001 Mar-Apr;38(2):175-81. PMID: 11392650.

DEPPRICH, R., ZIPPRICH, H., OMMERBORN, M. *et al.* Osseointegration of zirconia implants: an SEM observation of the bone-implant interface. **Head Face Med** **4**, 25 (2008). <https://doi.org/10.1186/1746-160X-4-25>

FAVERANI, Leonardo Perez et al. Implantes osseointegrados: evolução sucesso. *Salusvita*, Bauru, v. 30, n. 1, p. 47-58, 2011.

FREITAS, Pedro Henrique et al. Implantes de zircônia na Odontologia: revisão de literatura. **Revista Odontológica do Brasil Central**, v. 26, n. 79, 2017.

GOMES, E. A. et al . Cerâmicas odontológicas: o estado atual. **Cerâmica**, São Paulo , v. 54, n. 331, p. 319-325, Sept. 2008 . Available from <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0366-69132008000300008&lng=en&nrm=iso>. access on 05 Nov. 2020. <http://dx.doi.org/10.1590/S0366-69132008000300008>.

HASHIM D, CIONCA N, COURVOISIER DS, MOMBELLI A. A systematic review of the clinical survival of zirconia implants. **Clin Oral Investig.** 2016 Sep;20(7):1403-17. doi: 10.1007/s00784-016-1853-9. Epub 2016 May 24. PMID: 27217032; PMCID: PMC4992030.

HOCHSCHEIDT, Celso João et al. Implantes dentários em zircônia: uma alternativa para o presente ou para o futuro?(Parte I). **Dent. press implantol**, p. 100-110, 2014.

HOFFMANN, Oliver et al. Osseointegration of zirconia implants with different surface characteristics: an evaluation in rabbits. **International Journal of Oral & Maxillofacial Implants**, v. 27, n. 2, 2012.

KLINGE, B, KLINGE, A, BERTEL, K, STAVROPOULOS, A. Peri-implant diseases. **Eur J Oral Sci** 2018; 126(Suppl. 1): 88– 94. © 2018 Eur J Oral Sci

KOCH, F. P. et al. Osseointegration of one-piece zirconia implants compared with a titanium implant of identical design: a histomorphometric study in the dog. **Clinical Oral Implants Research**, v. 21, n. 3, p. 350-356, 2010.

KUHN K, RUDOLPH H, GRAF M, MOLDAN M, ZHOU S, UDART M, BÖHMLER A, LUTHARDT RG. Interaction of titanium, zirconia and lithium disilicate with peri-implant

soft tissue: study protocol for a randomized controlled trial. **Trials**. 2015 Oct 15;16:467. doi: 10.1186/s13063-015-0979-4. PMID: 26470711; PMCID: PMC4608119.

OLIVEIRA, Mariano Craveiro de et al. Peri-implantite: etiologia e tratamento. **Revista Brasileira de Odontologia**, v. 72, n. 1-2, p. 96-99, 2015

ÖZKURT, Zeynep, KAZAZOĞLU, Ender. Zirconia Dental Implants: A Literature Review. **J Oral Implantol** 1 June 2011; 37 (3): 367–376. doi: <https://doi.org/10.1563/AAID-JOI-D-09-00079>

PIRAS, Fernanda Furtado et al. Esthetic rehabilitation with zirconia on tooth and morse taper implant: case report. **Bioscience Journal**, v. 34, n. 1, 2018.

PJETURSSON, BE, VALENTE, NA, STRASDING, H, ZWAHLEN, H, LIU, S, SAILER, eu. Uma revisão sistemática das taxas de sobrevivência e complicações de coroas únicas de cerâmica de zircônia e cerâmica de metal. **Clin Oral Impl Res**. 2018 ; 29 (Supl. 16) : 199 - 214 . <https://doi.org/10.1111/clr.13306>

POGGIO CE, ERCOLI C, RISPOLI L, MAIORANA C, ESPOSITO M. Metal-free materials for fixed prosthodontic restorations. **Cochrane Database Syst Rev**. 2017 Dec 20;12(12):CD009606. doi: 10.1002/14651858.CD009606.pub2. PMID: 29261853; PMCID: PMC6486204.

SAILER I, STRASDING M, VALENTE NA, ZWAHLEN M, LIU S, PJETURSSON BE. A systematic review of the survival and complication rates of zirconia-ceramic and metal-ceramic multiple-unit fixed dental prostheses. **Clin Oral Implants Res**. 2018 Oct;29 Suppl 16:184-198. doi: 10.1111/clr.13277. PMID: 30328185.

SALLENAVE, R. F.; VICARI, C. B.; BORBA, M.. Pilares cerâmicos na implantodontia: revisão de literatura. **Cerâmica**, São Paulo, v. 62, n. 363, p. 305-308, Sept. 2016. Available from <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0366-69132016000300305&lng=en&nrm=iso>. access on 27 Sept. 2020. <https://doi.org/10.1590/0366-69132016623632026>.

SPOR, A M; CONCEIÇÃO, E N. Fundamentos dos sistemas cerâmicos. In.: CONCEIÇÃO, E N e cols. **Restaurações Estéticas: Compósitos, Cerâmicas e Implantes**. Front Cover. Artmed, 2007 - Surgery, Plastic - 309 pages.

STRAUMANN. Informações básicas sobre os procedimentos cirúrgicos e protéticos. Implante cerâmico Straumann® PURE Ceramic. 2016. <https://www.straumann.com/content/dam/media-center/straumann/en-us/documents/brochure/product-information/NAMLIT-1100-Straumann-PURE-Mini-Clinical-Review-Brochure.pdf>