

**IMPLANTES DE ZIRCÔNIA NA ODONTOLOGIA: UMA REVISÃO DE
LITERATURA**

Beatriz Fonseca Pirajá Martins Pellegrini

Monografia apresentada ao Programa de Especialização em Implante e Prótese Dentária da FACSETE - Núcleo Poços de Caldas, como parte dos requisitos para obtenção do título de especialista em Implante.

**IMPLANTES DE ZIRCÔNIA NA ODONTOLOGIA: UMA REVISÃO DE
LITERATURA**

Beatriz Fonseca Pirajá Martins Pellegrini

Monografia apresentada ao Programa de Especialização em Implante e Prótese Dentária da FACSETE - Núcleo Poços de Caldas, como parte dos requisitos para obtenção do título de especialista em Implante.

Orientador: Prof. Dr. Lélis Gustavo Nícoli

IMPLANTES DE ZIRCÔNIA NA ODONTOLOGIA: UMA REVISÃO DE LITERATURA

Monografia apresentada ao Programa de Especialização em Implante e Prótese Dentária da FACSETE - Núcleo Poços de Caldas, como requisito parcial para obtenção do título de especialista em Implantodontia.

Aprovada em: ____/____/____

Orientador

Professor Avaliador

Professor Avaliador

AGRADECIMENTOS

Agradeço a todos que contribuíram direta ou indiretamente para a realização deste trabalho, especialmente aos professores, colegas de curso e pacientes que confiaram no atendimento clínico prestado.

Agradeço de coração, aos meus pais, que sempre acreditaram em mim e me ensinaram o valor do esforço e da dedicação.

Ao meu marido, pelo apoio incondicional, paciência e por estar ao meu lado em cada etapa dessa jornada.

E as minhas filhas Valentina e Letícia, minha maior inspiração, que com seus sorrisos e amor tornaram tudo mais leve e significativo.

Obrigada por serem minha base, meu porto seguro e minha motivação diária.

SUMÁRIO

<u>RESUMO</u>	<u>6</u>
<u>ABSTRACT</u>	<u>7</u>
<u>INTRODUÇÃO</u>	<u>8</u>
<u>OBJETIVO</u>	<u>10</u>
<u>METODOLOGIA</u>	<u>11</u>
<u>RESULTADOS</u>	<u>12</u>
<u>DISCUSSÃO</u>	<u>17</u>
<u>CONCLUSÃO</u>	<u>187</u>
<u>REFERÊNCIAS</u>	<u>18</u>

RESUMO

A Implantodontia contemporânea busca não apenas a reabilitação funcional, mas também a excelência estética e biológica, especialmente em áreas visíveis da cavidade oral. Tradicionalmente, os implantes de titânio têm sido considerados o padrão-ouro devido à sua elevada taxa de sucesso e biocompatibilidade. No entanto, limitações estéticas e relatos de reações adversas à presença de metais têm impulsionado a busca por alternativas. Nesse contexto, os implantes de zircônia vêm ganhando destaque por apresentarem propriedades físico-químicas vantajosas, como coloração branca, alta biocompatibilidade e menor adesão bacteriana. Este estudo teve como objetivo analisar criticamente as evidências disponíveis sobre os implantes de zircônia, por meio de uma revisão de literatura narrativa. A busca foi realizada na base de dados PubMed (MEDLINE), com a seleção de artigos que abordaram aspectos clínicos, biológicos, estéticos e comparativos entre implantes de zircônia e titânio. Foram incluídos estudos clínicos, revisões sistemáticas e experimentais relevantes, publicados entre 2003 e 2024. A análise dos estudos demonstrou que a zircônia apresenta desempenho comparável ao titânio em diversos aspectos, com superioridade estética em regiões anteriores. Contudo, sua menor resistência à fratura ainda impõe restrições em áreas de alta carga mastigatória. Conclui-se que os implantes de zircônia são uma alternativa promissora em situações clínicas específicas, desde que respeitadas suas indicações e limitações, sendo necessários mais estudos clínicos de longo prazo para consolidar seu uso rotineiro na prática clínica

Palavras-chave: Implantes de zircônia. Titânio. Osseointegração. Biocompatibilidade. Estética em implantodontia.

ABSTRACT

Contemporary implant dentistry seeks not only functional rehabilitation but also biological and aesthetic excellence, especially in the anterior region of the oral cavity. Titanium implants have traditionally been considered the gold standard due to their high success rate and biocompatibility. However, aesthetic limitations and reports of adverse reactions to metal components have driven the search for alternative materials. In this context, zirconia implants have gained prominence due to their favorable physicochemical properties, such as white coloration, high biocompatibility, and lower bacterial adhesion. This study aimed to critically analyze the available evidence on zirconia implants through a narrative literature review. The search was conducted in the PubMed (MEDLINE) database, including studies addressing clinical, biological, aesthetic, and comparative aspects of zirconia and titanium implants. Clinical studies, systematic reviews, and relevant experimental research published between 2003 and 2024 were included. The reviewed studies demonstrated that zirconia implants exhibit clinical performance comparable to titanium in several aspects, with superior esthetic results in anterior regions. However, their lower fracture resistance still limits their use in areas subject to high occlusal load. It is concluded that zirconia implants are a promising alternative in specific clinical situations, provided that their indications and limitations are respected. Further long-term clinical studies are needed to validate their routine use in implant dentistry.

Keywords: Zirconia implants. Titanium. Osseointegration. Biocompatibility. Esthetics in implant dentistry.

INTRODUÇÃO

Os implantes dentários de titânio permanecem como a principal escolha na reabilitação oral, sendo considerados o padrão-ouro devido à sua excelente biocompatibilidade, resistência mecânica e capacidade de promover osseointegração. No entanto, em situações clínicas específicas, como pacientes com biotipo gengival delgado, sorriso alto ou reabsorção óssea associada à retração gengival, a exposição do componente metálico pode comprometer os resultados estéticos e funcionais do tratamento, além de aumentar o risco de inflamações peri-implantares (FREITAS et al., 2017).

Adicionalmente, embora pouco frequentes, há relatos de reações adversas associadas aos implantes metálicos, como hipersensibilidade, reações inflamatórias locais e formação de corrente galvânica, decorrentes da liberação de íons metálicos no meio bucal (SICILIA et al., 2008). A coloração acinzentada do titânio, por sua vez, pode transparecer através da mucosa fina, prejudicando a naturalidade do sorriso. Esses fatores têm impulsionado a busca por materiais alternativos que ofereçam vantagens estéticas e biológicas, levando ao desenvolvimento e difusão dos implantes de zircônia como uma proposta promissora (SIVARAMAN et al., 2018a).

A zircônia foi inicialmente utilizada na área médica, especialmente em ortopedia, para confecção de cabeças femorais em artroplastias de quadril, próteses digitais e implantes cocleares. Na odontologia, sua aplicação avançou para a produção de pinos endodônticos, coroas, pontes, braquetes estéticos e pilares protéticos. O marco inicial de seu uso em Implantodontia foi a criação do implante Sigma, desenvolvido por Sandhaus em 1968 (SIVARAMAN et al., 2018a; ANDREIOTELLI; WENZ; KOHAL, 2009).

A forma mais utilizada na fabricação de implantes é a zircônia tetragonal policristalina estabilizada por ítrio (ZTP-Y), composta por partículas de dióxido de zircônio (ZrO_2) e óxido de ítrio (Y_2O_3) (ANDREIOTELLI; KOHAL, 2009; LEE et al., 2013). Essa combinação confere ao material propriedades físico-químicas vantajosas, como alta resistência à corrosão e ao desgaste, módulo de elasticidade semelhante ao do osso, resistência à flexão entre 900 e 1.200 MPa, dureza de aproximadamente 1.200 Vickers, além de radiopacidade, usinabilidade e transmissão de luz – característica que contribui diretamente para resultados estéticos superiores (GAHLERT et al., 2012; KOHAL; FINKE; KLAUS, 2009a; MÖLLER et al., 2012).

No aspecto biológico, a zircônia apresenta excelente biocompatibilidade e resposta favorável dos tecidos moles. Estudos indicam que a adesão bacteriana à sua superfície é menor quando comparada à do titânio, o que representa uma vantagem importante na prevenção da peri-

implantite (HOCHSCHEIDT et al., 2011a). Além disso, a coloração branca da zircônia evita a formação de sombra acinzentada sobre a gengiva, um problema comum nos implantes metálicos em situações de recessão gengival ou perda óssea (AL-RADHA et al., 2012a).

Apesar das vantagens, a menor resistência à flexão do material cerâmico limita seu uso em regiões posteriores, que estão submetidas a cargas mastigatórias intensas. Embora os avanços tecnológicos tenham aumentado a confiabilidade mecânica da zircônia, a indicação do material ainda deve ser realizada com cautela. Estudos clínicos de longo prazo são necessários para validar plenamente sua durabilidade, comportamento biomecânico e manutenção dos tecidos peri-implantares sob diferentes condições funcionais.

Diante desse contexto, o presente trabalho tem como objetivo revisar a literatura científica recente sobre os implantes de zircônia, comparando suas propriedades biológicas, estéticas e mecânicas com os implantes de titânio. A proposta é fornecer uma análise crítica das indicações, limitações e perspectivas clínicas da zircônia como alternativa viável na Implantodontia contemporânea.

OBJETIVO

Este trabalho teve como objetivo realizar uma revisão de literatura a respeito do uso de implantes dentários confeccionados em zircônia, buscando investigar sua aplicabilidade clínica e científica como alternativa aos implantes de titânio. A revisão teve como propósito responder aos seguintes questionamentos: quais são as vantagens clínicas e estéticas dos implantes de zircônia? Qual é o grau de biocompatibilidade desse material em relação aos tecidos duros e moles? Os implantes cerâmicos apresentam capacidade de osseointegração comparável aos de titânio? Qual é a compatibilidade da zircônia com os tecidos peri-implantares e como suas propriedades influenciam a prevenção da inflamação e da adesão bacteriana? Adicionalmente, buscou-se compreender as diferenças e semelhanças entre os implantes de zircônia e de titânio, tanto em relação ao desempenho clínico quanto à resposta biológica, bem como explorar aspectos relacionados à interface entre o implante e o pilar protético, considerando implicações funcionais, estéticas e mecânicas.

METODOLOGIA

Trata-se de uma revisão de literatura narrativa com abordagem qualitativa, cujo objetivo foi investigar as características clínicas e científicas dos implantes dentários confeccionados em zircônia, comparando-os aos implantes de titânio. A escolha por esse tipo de revisão justifica-se pela necessidade de reunir, interpretar e discutir os principais achados disponíveis na literatura sobre o tema, considerando múltiplos enfoques, como biocompatibilidade, osseointegração, propriedades estéticas, desempenho funcional e limitações clínicas.

A busca pelos estudos foi realizada eletronicamente na base de dados PubMed (MEDLINE), no mês de dezembro de 2024. A estratégia de busca utilizou os seguintes descritores combinados por operadores booleanos: ("zirconia implants" OR "zirconium oxide") AND ("titanium" OR "titanium implants") AND ("aesthetics" OR "biocompatibility" OR "osseointegration"). Foram considerados para análise os artigos publicados no período de 2003 a 2024, com o intuito de contemplar desde os estudos iniciais sobre implantes de zircônia até os avanços clínicos mais recentes.

Os critérios de inclusão foram: (1) estudos clínicos descritivos (como séries de casos, estudos de coorte e ensaios clínicos), (2) revisões sistemáticas ou narrativas com abordagem sobre implantes de zircônia, (3) artigos que compararam direta ou indiretamente implantes de zircônia com implantes de titânio, e (4) publicações disponíveis em texto completo nos idiomas português, inglês ou espanhol. Foram excluídos os estudos *in vitro*, relatos experimentais em animais, artigos que abordavam apenas implantes de titânio sem referência à zircônia, e publicações duplicadas ou fora do escopo clínico.

A triagem dos artigos foi realizada em três etapas: leitura dos títulos, análise dos resumos e, por fim, leitura completa dos textos selecionados. A seleção final considerou a relevância do conteúdo e sua correspondência com os eixos temáticos propostos para este estudo. No total, foram incluídos 20 artigos para análise.

Os estudos selecionados foram avaliados qualitativamente e organizados por temas: vantagens clínicas dos implantes de zircônia, biocompatibilidade, osseointegração, compatibilidade com os tecidos peri-implantares, propriedades antibacterianas, risco inflamatório, comparação com implantes de titânio e relação entre implante e pilar. A análise foi descritiva, abordando as evidências disponíveis com base nos objetivos propostos, sem aplicação de métodos estatísticos ou metanálise.

RESULTADOS

A busca eletrônica inicial realizada na base de dados PubMed (MEDLINE) identificou 3.156 publicações relacionadas ao uso de implantes de zircônia, seus aspectos estéticos e comparações com implantes de titânio. Após a aplicação criteriosa dos critérios de inclusão e exclusão, foram selecionados 16 artigos para leitura na íntegra.

Vantagens Estéticas e Biológicas

Os estudos analisados enfatizam as qualidades estéticas superiores dos implantes de zircônia em comparação aos de titânio, principalmente em regiões anteriores e em pacientes com biotipo gengival fino. A tonalidade branca da zircônia contribui para a ausência de sombreamento acinzentado da mucosa peri-implantar, proporcionando uma melhor harmonia com os tecidos moles adjacentes (SIVARAMAN et al., 2018). Além disso, a superfície cerâmica lisa do material apresenta menor afinidade à adesão bacteriana, fator que favorece a manutenção da saúde peri-implantar e contribui para a prevenção da peri-implantite (AL-RADHA et al., 2012).

Biocompatibilidade e Resposta Tecidual

As evidências obtidas em estudos in vitro e in vivo demonstram que a zircônia é um material altamente biocompatível, apresentando baixa citotoxicidade, ausência de reações carcinogênicas e resposta inflamatória mínima (SCARANO et al., 2003). Observações histológicas mostraram elevada porcentagem de contato osso-implante (BIC), com osteoblastos aderidos diretamente à superfície cerâmica e sem infiltração de células inflamatórias (HOFFMANN et al., 2008).

Osseointegração

A osseointegração dos implantes de zircônia revelou-se comparável àquela observada nos implantes de titânio. Apesar de apresentar, em algumas superfícies, menor rugosidade, o material demonstrou adequada aposição óssea e formação estável da interface osso-implante, sem evidências de inflamação crônica ou perda óssea significativa (GÄHLERT et al., 2011; KOHAL et al., 2008).

Comparação com Implantes de Titânio

Embora os implantes de zircônia apresentem benefícios estéticos e biológicos, seu desempenho mecânico ainda representa uma limitação em determinados contextos clínicos. A resistência à fratura inferior à do titânio restringe sua aplicação em regiões submetidas a cargas mastigatórias elevadas, como as áreas posteriores da cavidade oral (LEE et al., 2012). Ainda

assim, avanços na engenharia de materiais têm buscado aprimorar a estrutura dos implantes cerâmicos, ampliando suas possibilidades de indicação.

Desempenho Clínico

Entre os estudos clínicos analisados, destaca-se o de Rodriguez et al. (2018), que avaliou 24 implantes de zircônia instalados em 12 pacientes. A taxa global de sucesso observada foi de 92%, com perda óssea média de 0,3 mm. Duas falhas ocorreram — uma em região anterior e outra em região posterior —, ambas resolvidas com a instalação de novos implantes de zircônia. Já o estudo de Holländer et al. (2016), que acompanhou 106 implantes em 38 pacientes, registrou uma taxa de sobrevivência de 100% após um ano, com baixos índices de acúmulo de placa e boas avaliações estéticas, ainda que com discreto aumento do sangramento à sondagem em relação aos dentes naturais.

Superfície dos Implantes e Avanços Tecnológicos

Pesquisas recentes investigam modificações na superfície dos implantes de zircônia com o objetivo de melhorar sua integração biológica. Estratégias como a aplicação de camadas bioativas, microtexturizações e o uso de fatores osteoindutores têm sido empregadas para transformar a zircônia de um material bioinerte em uma superfície funcionalizada, capaz de estimular a adesão celular e promover uma osseointegração mais rápida e eficaz (MÖLLER et al., 2012).

Síntese dos Achados

Com base na literatura revisada, os implantes de zircônia mostram-se como uma alternativa promissora aos implantes metálicos, principalmente em áreas estéticas e em pacientes com sensibilidade a metais. Suas propriedades biológicas favoráveis, aliadas à estética superior e ao bom desempenho clínico, justificam seu uso em contextos selecionados. No entanto, sua aplicação em regiões de maior exigência funcional deve ser realizada com cautela. São necessários ensaios clínicos de longo prazo e estudos comparativos controlados para definir com mais precisão suas indicações, limitações e prognóstico em diferentes cenários clínicos

DISCUSSÃO

Com base nos resultados desta revisão, observa-se que, embora os implantes de titânio ainda sejam amplamente considerados o padrão-ouro na reabilitação oral, limitações importantes têm sido identificadas, especialmente em regiões estéticas ou em pacientes com biotipo gengival delicado. A coloração acinzentada do titânio, associada ao risco de retrações gengivais, pode comprometer o resultado estético e funcional do tratamento, além de favorecer exposições metálicas indesejáveis (Hochscheidt et al., 2011). Além disso, embora seja um material biocompatível, o titânio não está isento de reações biológicas adversas, como liberação de íons metálicos, inflamações crônicas e, em casos mais raros, sensibilizações alérgicas (Sicilia et al., 2008; Hochscheidt et al., 2011).

Vantagens dos Implantes de Zircônia

Diante dessas limitações, os implantes de zircônia surgem como uma alternativa promissora, especialmente em regiões de alta exigência estética. Sua coloração branca elimina o risco de sombreamento acinzentado sob a mucosa peri-implantar, proporcionando melhor integração visual, especialmente em pacientes com fenótipo gengival fino (Sivaraman et al., 2018; Afrashtehfar & Del Fabbro, 2020). Além disso, trata-se de um material cerâmico isento de metais, com alta resistência à corrosão e desgaste, o que contribui para sua longevidade clínica (Möller et al., 2012; Hoffmann et al., 2012). A superfície lisa da zircônia é outro diferencial importante, uma vez que reduz a adesão bacteriana e, conseqüentemente, o risco de inflamações peri-implantares e de peri-implantite (Al-Radha et al., 2012; Kniha et al., 2020). Essa característica contribui diretamente para maior estabilidade biológica e menor risco de perda óssea marginal ao longo do tempo.

Biocompatibilidade da Zircônia

A biocompatibilidade é um dos principais atributos da zircônia. Estudos *in vitro* e *in vivo* demonstraram que o material não apresenta propriedades carcinogênicas, teratogênicas ou genotóxicas, confirmando sua segurança para uso clínico de longo prazo (Kohal et al., 2009; Gahlert et al., 2011). A zircônia também favorece a resposta dos tecidos moles peri-

implantares, promovendo maior deposição de colágeno e melhor vedação na interface mucosa-implante (Hoffmann et al., 2012). Essa vedação biológica contribui para uma menor penetração bacteriana, reduzindo as chances de inflamação crônica e prolongando a vida útil dos implantes. Além disso, a ausência de íons metálicos contribui para uma resposta imunológica mais estável, evitando reações adversas no entorno do implante.

Osseointegração dos Implantes de Zircônia

A capacidade de osseointegração dos implantes de zircônia tem sido amplamente comprovada na literatura. Estudos em modelos animais e humanos mostraram formação de osso maduro ao redor dos implantes, com alta taxa de contato osso-implante (BIC) e organização óssea satisfatória (Scarano et al., 2004; Kohal et al., 2008). Ainda que sua rugosidade superficial possa ser menor em relação ao titânio, essa diferença não compromete a integração funcional. Em fases iniciais, alguns autores relatam até mesmo maior aposição óssea em implantes de zircônia, embora essa vantagem pareça se estabilizar ao longo do tempo (Hoffmann et al., 2012).

Compatibilidade dos Tecidos Peri- implantares

A interação entre os tecidos moles e a superfície do implante é essencial para a longevidade e o sucesso estético da reabilitação oral. A superfície da zircônia favorece uma vedação eficaz, resultando em menor profundidade de sondagem, menor sangramento à sondagem e menor acúmulo de placa (Al-Radha et al., 2012; Holländer et al., 2016; Kniha et al., 2020). Esses achados indicam uma resposta tecidual mais favorável em relação ao titânio, com menor risco de peri-implantite. A presença de papila interdental mais estável e maior altura tecidual também foram relatadas, reforçando o desempenho superior da zircônia em contextos estéticos (Kniha et al., 2020; Rodriguez et al., 2018).

Propriedades Antibacterianas e Resposta Inflamatória

A menor rugosidade e a hidrofobicidade da zircônia conferem a ela propriedades antibacterianas significativas, dificultando a adesão e proliferação microbiana em sua superfície (Al-Radha et al., 2012). A menor formação de biofilme na região transgingival

contribui para a prevenção de complicações inflamatórias como a mucosite e a peri-implantite, principais causas de falha a longo prazo. Adicionalmente, a ausência de liberação de íons metálicos evita reações imunológicas intensas, proporcionando um ambiente peri-implantar mais estável (Sicilia et al., 2008; Hoffmann et al., 2012).

Comparação entre Implantes de Titânio e Zircônia

Ambos os materiais apresentam alta taxa de sucesso clínico, mas com vantagens distintas. Enquanto o titânio oferece maior resistência à fratura, a zircônia destaca-se por sua estética superior e menor adesão bacteriana (Afrashtehfar & Del Fabbro, 2020). Em pacientes com hábitos parafuncionais, como bruxismo, ou em áreas posteriores, o titânio ainda é preferível. Já a zircônia é ideal para casos estéticos e pacientes com sensibilidades a metais. O módulo de elasticidade mais elevado da zircônia permite melhor distribuição de tensões, o que pode ser vantajoso em determinadas reabilitações funcionais (Bonfante et al., 2009). No entanto, a versatilidade protética do titânio ainda é superior, principalmente em implantes de duas peças.

Relação entre Implante e Pilar

A escolha entre implantes de peça única (OPI) e de duas peças (TPI) influencia diretamente a flexibilidade e o risco biológico. Os OPI oferecem menor risco de infiltração bacteriana, devido à ausência de interface implante-pilar, porém exigem posicionamento cirúrgico extremamente preciso (Gul et al., 2024; Holländer et al., 2016). Já os TPIs, por outro lado, permitem maior liberdade protética, sendo mais indicados em casos complexos e regiões posteriores (Afrashtehfar & Del Fabbro, 2020; Kniha et al., 2020). Recentes avanços em TPIs de zircônia têm buscado melhorar a vedação marginal e resistência mecânica, ampliando suas indicações sem comprometer suas vantagens biológicas e estéticas.

CONCLUSÃO

Com base na análise dos estudos revisados, conclui-se que os implantes de zircônia representam uma alternativa viável e promissora aos implantes de titânio, especialmente em regiões estéticas e em pacientes com biotipo gengival delicado ou contra-indicações ao uso de metais. Suas propriedades físico-químicas, como elevada biocompatibilidade, coloração branca e menor adesão bacteriana, conferem vantagens clínicas relevantes em termos de estética, estabilidade dos tecidos peri-implantares e prevenção de inflamações, como a peri-implantite.

A capacidade de osseointegração da zircônia mostrou-se comparável à do titânio, com bom contato osso-implante e resposta biológica favorável. Além disso, os avanços no design, especialmente nos modelos de duas peças, têm ampliado sua aplicabilidade clínica, permitindo maior flexibilidade protética sem comprometer as propriedades biológicas do material cerâmico.

Contudo, a resistência à flexão da zircônia permanece inferior à do titânio, o que impõe limitações em regiões de alta demanda mecânica, como a região posterior da arcada, ou em pacientes com hábitos parafuncionais, como o bruxismo. Nesses casos, a seleção do material deve ser criteriosa, levando em consideração as necessidades funcionais e o perfil individual de cada paciente.

Em síntese, embora os implantes de zircônia não substituam completamente os de titânio, eles se consolidam como uma excelente opção em contextos estéticos e biológicos específicos. Para consolidar seu uso clínico, são necessários estudos adicionais, especialmente de longo prazo, com amostras amplas e padronizadas, a fim de aprofundar a compreensão sobre sua longevidade mecânica sob carga oclusal e validar seu desempenho em comparação direta com os implantes metálicos.

REFERÊNCIAS

AFRASHTEHFAR, K. I.; DEL FABBRO, M. Clinical performance of zirconia implants: A meta-review. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, v. 123, n. 3, p. 419–426, 2020.

AL-RADHA, A. S. D. et al. Surface properties of titanium and zirconia dental implant materials and their effect on bacterial adhesion. *Journal of Dentistry*, v. 40, n. 2, p. 146–153, 2012.

BONFANTE, E. A. et al. Effect of implant diameter and length on stress distribution of zirconia implants: A 3-dimensional finite element analysis. *The International Journal of Oral & Maxillofacial Implants*, v. 24, n. 5, p. 885–891, 2009.

GAHLERT, M. et al. Failure analysis of fractured dental zirconia implants. *Clinical Oral Implants Research*, v. 22, p. 873–880, 2011.

GUL, A. et al. Zirconia dental implants: The relationship between design and clinical outcome. *Journal of Dentistry*, v. 142, p. 105697, 2024.

HOCHSCHEIDT, C. J. et al. Implantes dentários em zircônia: uma alternativa para o presente ou para o futuro? *Dental Press Implantology*, v. 5, n. 4, p. 100–110, 2011.

HOFFMANN, O. et al. Biomechanical and histomorphometric comparison between zirconia and titanium implants inserted in the maxilla of miniature pigs: A pilot study. *Clinical Oral Implants Research*, v. 23, n. 3, p. 281–286, 2012.

HOLLÄNDER, J. et al. Zirconia dental implants: Investigation of clinical parameters, patient satisfaction, and microbial contamination. *The International Journal of Oral & Maxillofacial Implants*, v. 31, n. 4, p. 855–864, 2016.

KIECHLE, S. et al. Evaluation of one-piece zirconia dental implants: An 8-year follow-up study. *Clinical Oral Investigations*, v. 27, n. 7, p. 3415–3421, 2023.

KNIHA, K. et al. Aesthetic aspects of adjacent maxillary single-crown implants: Influence of zirconia and titanium as implant materials. *International Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, v. 49, n. 11, p. 1489–1496, 2020.

KOHAL, R. J. et al. Stability of prototype two-piece zirconia and titanium implants after artificial aging: An in vitro pilot study. *Clinical Implant Dentistry and Related Research*, v. 10, n. 3, p. 208–215, 2008.

KOHAL, R. J.; FINKE, H. C.; KLAUS, G. Stability of prototype two-piece zirconia and titanium implants after artificial aging: An in vitro pilot study. *Clinical Implant Dentistry and Related Research*, v. 11, n. 4, p. 323–329, 2009.

LEE, B. C. et al. Bone formation around zirconia implants combined with rhBMP-2 gel in the canine mandible. *Clinical Oral Implants Research*, v. 23, n. 4, p. 424–429, 2012.

MÖLLER, B. et al. A comparison of biocompatibility and osseointegration of ceramic and titanium implants: An in vivo and in vitro study. *International Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, v. 41, n. 5, p. 638–645, 2012.

RODRIGUEZ, A. E. et al. Zirconia dental implants: A clinical and radiographic evaluation. *Journal of Dental Research and Practice*, 2018.

SCARANO, A. et al. Bacterial adhesion on commercially pure titanium and zirconium oxide disks: An in vivo human study. *Journal of Periodontology*, v. 75, n. 2, p. 292–296, 2004.

SICILIA, A. et al. Titanium allergy in dental implant patients: A clinical study on 1,500 consecutive patients. *Clinical Oral Implants Research*, v. 19, n. 8, p. 823–835, 2008.

SIVARAMAN, K. et al. Is zirconia a viable alternative to titanium for oral implant? A critical review. *Journal of Prosthodontic Research*, v. 62, n. 2, p. 121–133, 2018.