



UNIVERSIDADE
FERNANDO
PESSOA

COMPORTAMENTO BIOLÓGICO DO ABUTMENTS ZIRCÓNIO E TITÂNIO NA INTERFACE IMPLANTE-ABUTMENTS. REVISÃO SISTEMÁTICA

[Biological Behavior of Zirconia and Titanium Abutments at the Implant-Abutment
Interface: A Systematic Review]

Dissertação de Mestrado

Mestrado integrado em Medicina Dentária

Giovanni Maiorano

Orientador:

Doutor Filipe Miguel Correia de Castro

Junho 2024

**COMPORTAMENTO BIOLÓGICO DO ABUTMENTS ZIRCÓNIO
E TITÂNIO NA INTERFACE IMPLANTE-ABUTMENTS.
REVISÃO SISTEMÁTICA**

[Biological Behavior of Zirconia and Titanium Abutments at the Implant-Abutment
Interface: A Systematic Review]

Dissertação de Mestrado

Mestrado integrado em Medicina Dentária

Giovanni Maiorano

Orientador:

Doutor Filipe Miguel Correia de Castro

Junho 2024

Dedico estas palavras à própria vida, cúmplice e mestra, que ensina com paciência e surpreende com generosidade.

Ao Porto por cada alvorecer dado que dissolveu a escuridão da noite, e a cada pôr do sol que pintou o céu de promessas.

À minha irmã, que acreditou em mim quando eu mesmo ainda não o fazia, aos seus sorrisos que são como raios de sol nos dias cinzentos.

Às estradas sinuosas que levam a destinos inesperados, e aos amigos que são mais que companheiros de viagem: são família.

Dedico esses pensamentos à esperança inabalável, à energia do amor que transforma e renova.

A cada oportunidade que me impulsiona a crescer, e à consciência de que cada desafio é uma oportunidade disfarçada.

Nesta dedicatória, celebro a beleza das pequenas coisas, a força de uma palavra gentil, o poder de um gesto sincero.

À minha mãe, que me ensinou a gentileza do coração, e ao meu pai, que me mostrou a perseverança no caminho.

Em memória dos meus avós, cujos ensinamentos e afeto continuam a guiar-me. Ao amor incondicional e à sabedoria que me deram. Nunca serão esquecidos.

Isto é para aqueles que deram sentido aos meus dias, para aqueles que iluminaram meu caminho quando a escuridão parecia dominar.

Aos professores, mentores que iluminam mentes e corações, incentivando-nos a alcançar novos horizontes.

A mim mesmo, por continuar a acreditar firmemente no futuro que virá.

Que esta dedicação possa ser uma lembrança das alegrias e desafios enfrentados longe de casa,

e um lembrete de que mesmo na desordem dos afetos, sempre há espaço para gratidão e esperança.

AGRADECIMENTOS

Desejo expressar a minha profunda gratidão a todas as pessoas que tornaram possível a realização desta tese de graduação.

Antes de tudo, desejo agradecer ao Prof. Filipe Castro, cujo empenho, competência e disponibilidade tornaram este trabalho possível. Obrigado por acreditar no meu projeto de pesquisa desde o início e por me guiar pacientemente em cada fase do processo. Os seus conselhos especializados e a sua capacidade de me impulsionar além dos meus limites acadêmicos foram fundamentais para o sucesso deste trabalho.

Um pensamento especial também vai para todos os professores e colaboradores da clínica, que foram importantes para o meu crescimento profissional e humano, ensinando-me com paciência a arte de ser um médico dentista. Levarei os vossos ensinamentos no coração, onde quer que vá.

Um agradecimento de coração vai para os meus pais, Filomena e Luigi, pelo seu amor, apoio e sacrifícios. O encorajamento constante deles foi a fonte de força que me sustentou neste percurso académico. Obrigado por sempre acreditarem em mim e por me apoiarem em cada decisão.

Um sincero agradecimento também vai para a minha irmã Emilia, pelo seu apoio incondicional, por me encorajar nos momentos de dúvida e por compartilhar comigo as alegrias e os desafios desta experiência e da nossa vida.

Aos meu tios Generoso e Carmine, à tia Paola, à tia Elena e à avó, a dedicação ao trabalho, os valores transmitidos e o carinho profuso, espero que me sirvam de inspiração para o futuro e para a pessoa que desejo ser.

A Dora, Alfredo e Luigi, a vossa generosidade e a vossa disponibilidade foram um apoio fundamental no meu percurso académico. Obrigado por me oferecerem a vossa experiência e os vossos conselhos, e por me acompanharem com paciência e compreensão. A vossa assistência fez uma grande diferença no meu trabalho.

À cidade do Porto, roubaste um pedaço do meu coração. Obrigado por me receberes como só tu sabes fazer, com os teus pores do sol deslumbrantes no Jardim do Morro e com o rio Douro que reflete as suas cores. Os teus cafés acolhedores em Campo Lindo e as tuas ruas pitorescas cheias de vida. Foste uma companheira maravilhosa nesta jornada e nunca esquecerei a gentileza das tuas pessoas e o calor com que me acolheste. Porto, foste não

só uma cidade de estudo, mas uma verdadeira segunda casa. Obrigado por me proporcionares recordações que levarei sempre comigo.

Desejo dedicar esta secção aos meus amigos, que desempenharam um papel fundamental no meu percurso de estudos em odontologia. Sem o apoio, encorajamento e momentos de lazer deles, esta conquista não teria sido possível.

Aos meus amigos de Salerno:

Aos meus amigos de uma vida, Michele e Vincenzo, Italo e Guido, Yussef e Sean, quero expressar a minha profunda gratidão pelo apoio e carinho que me deram durante este percurso. Mesmo à distância, a vossa amizade nunca me fez sentir a vossa falta, compensando a distância, deram-me força e esta conquista também é dedicada a vocês.

A Pasquale e Vincenzo, obrigado pela vossa presença, amigos que, com a sua energia positiva, tornaram as viagens de regresso a casa momentos de recarga emocional e de lazer. Agradeço-vos também aqui.

Um grande obrigado às minhas amigas, Marika, Roberta, Antonella, Gaia, pelo vosso inestimável apoio, encorajamento e risadas que tornaram este percurso muito mais leve. Sem vocês, tudo isto teria sido infinitamente mais difícil.

Quero agradecer ao Daniele pela sua preciosa ajuda prática ao longo destes anos. Quer se tratasse de partilhar apontamentos, explicar conceitos complicados ou simplesmente oferecer uma mão quando eu precisava, foste um amigo insubstituível. Obrigado pela tua generosidade e apoio constante.

A Sara e Arianna, estar longe de casa foi difícil, mas a vossa amizade atravessou fronteiras e fusos horários, apoiando-me sempre. Obrigado pelas conversas à distância, pelas risadas partilhadas e pelo apoio incondicional.

Aos meus amigos do Porto:

À Diletta, obrigado por estares sempre presente, pelas tuas palavras de conforto nos momentos difíceis e pela tua capacidade de me fazer rir quando eu mais precisava. A tua amizade foi uma fonte constante de força e alegria ao longo destes anos. Nunca esquecerei os dias passados juntos com o ventilador quente sempre ligado.

A Osvaldo, José e Giovanni, o vosso entusiasmo contagiante e o vosso espírito positivo inspiraram-me a continuar mesmo nos dias mais stressantes. Obrigado pelas horas de

estudo partilhadas, pelos conselhos preciosos e pela vossa amizade incondicional, vocês são como irmãos para mim, uma verdadeira família.

A Ester, sempre sorridente e presente, apesar da distância. A tua força e positividade, mesmo diante das dificuldades e infortúnios, são uma fonte de inspiração para mim. Nunca esquecerei os dias passados em passeio entre Porto e Salerno, as canções que cantamos juntas à beira do rio e todos os momentos que passamos juntas.

A Gian Marco, obrigado por me dares força para continuar com o teu exemplo de dedicação e determinação. As nossas discussões e trocas de ideias ajudaram-me a crescer e a melhorar, tanto profissionalmente como pessoalmente.

À Maria Sole, minha companheira nesta viagem de 5 anos, foste e serás um ponto fixo para mim, começámos juntos e estamos a terminar da mesma forma, não esquecerei todos os nossos momentos, sempre estiveste perto de mim e espero que continues a estar.

Um grande obrigado aos meus colegas de casa, Niccolò e Ambra, por todas as risadas, noites de filmes e momentos de lazer que partilhamos. Tornaram o quotidiano mais divertido e menos stressante.

À Giulia e Nicoletta, minhas vizinhas, obrigado por tornarem as jornadas passadas juntas mais leves e divertidas. As vossas piadas, companhia e apoio ajudaram-me a superar os momentos difíceis e a desfrutar dos momentos lindos. Nunca vou esquecer todos os jantares e as noites de festa que passamos juntas.

À Stefania e Veronica, pelo extraordinário apoio e pela presença constante. Stefi, obrigado pela sua capacidade de ouvir e pela sua meticulosidade; você foi um ponto de referência nesses anos. Também gostaria de mencionar seus maravilhosos cabelos cacheados e perfumados, que não consigo evitar tocar toda vez que te encontro, apesar dos seus protestos. A Wero, sua presença foi importante neste percurso académico, seu jeito de brincar e se divertir, nossas conversas, sua fobia de tomate, e sua obsessão por cogumelos. Sou grato por ter conhecido vocês e por ter compartilhado tantos momentos especiais.

A Mattia, Alberto, Alessandro, Mario, Enrico, Giulia e todos os outros colegas de curso, obrigado por me apoiarem e encorajarem com constância. Sempre prontos a oferecer sábios conselhos, foram fundamentais para mim. Sou profundamente grato pela vossa presença e por tudo o que fizeram por mim.

Gostaria de dedicar um pensamento especial aos meus amigos portugueses, Isabel, Ana, Inês, Bernardo, Diogo, Carolina, João, Ana, Leonor. A vossa amizade foi uma fonte inestimável de apoio durante estes anos de estudo. Isabel, a tua capacidade de escutar, a tua gentileza e os teus olhos bonitos, levarei sempre comigo, e Ana, a tua disponibilidade, a tua vontade de me dar a conhecer a cultura portuguesa, o teu constante encorajamento foram importantes para mim. Carolina, espero que neste dia não estejas a rir ou a vomitar. Mais uma vez, obrigado por tornarem esta experiência tão especial e por me fazerem sentir em casa, mesmo quando estava longe da minha terra.

Gostaria de dedicar um pensamento especial também aos meus amigos franceses, Luis, Alix, Enzo, Adrien, Hugo, Emma, Margot e todos os outros, todos os dias me lembro de como sou sortudo por ter podido conhecer culturas diferentes e ter amigos como vocês ao meu lado. Tornaram este percurso uma experiência inesquecível e cheia de significado. Celebraram comigo cada conquista e estou certo de que um dia nos veremos na França. Este sucesso também é vosso, e agradeço-vos de todo o coração.

Por fim, gostaria de expressar a minha gratidão a todas as pessoas que, direta ou indiretamente, contribuíram para o meu percurso académico e profissional. O vosso contributo foi fundamental e nunca será esquecido.

Obrigado a todos por tornarem esta jornada uma experiência significativa e gratificante. O vosso apoio foi determinante para o meu sucesso.

RESUMO:

A substituição de dentes por implantes dentários é amplamente utilizada na odontologia. O titânio é valorizado por sua biocompatibilidade, resistência mecânica e à corrosão, adequadas para suportar cargas funcionais a longo prazo. Recentemente, com o avanço tecnológico e a redução do uso de metais, materiais cerâmicos, como a zircônia, têm se destacado como alternativas. A zircônia, além de sua alta longevidade e desempenho em *abutments*, proporciona benefícios estéticos, especialmente em áreas com mucosa peri-implantar fina, devido à sua coloração branca que melhora a aparência da mucosa em comparação com *abutments* metálicos. Objetivo: compreender se a zircônia utilizada como interface entre coroa e implante apresenta melhores resultados em comparação ao titânio na reação biológica nos tecidos peri-implantares. Serão avaliadas diferentes parâmetros biológicos como a profundidade de sondagem, o sangramento gengival, a perda óssea marginal e a recessão gengival, nos vários estudos para perceber qual ira ter condições biológicas mais favorável. Materiais e métodos: pesquisa e análise de artigos científicos presentes nas bases de dados *on-line PubMed* e Biblioteca do Conhecimento *On-line* (B-On) e *Cochrane Library*. Palavras de pesquisa: (*biological behavior*) OR (*soft tissue response*) AND (*titanium implants*) OR (*dental implants*) AND (*titanium abutments*) OR (*ti abutments*) AND (*zirconia abutments*) OR (*zr abutments*) OR (*zr abutments*) OR (*zirconia monolithic crowns*). Estratégia de metodologia PICO: Pacientes - com necessidade de reabilitar espaços edentulos unitários com implantes dentários; Intervenção - Reabilitação implanto suportada unitária; Comparação - Comparar o comportamento biológico dos tecidos peri-implantares entre o *abutment* zircônio e titânio na reabilitação oral implanto-suportada. *Outcome* - Avaliação dos critérios clínicos (PPD, BoP, PI, MBL) nos tecidos peri implantares nas regiões reabilitadas com implantes dentários unitários. Critérios de inclusão: Espaço temporal: últimos 20 anos; Idioma: inglês; Estudos em humanos; clínicos (*clinical trial*); clínicos comparativos (*Controlled trial*) Ensaios clínicos comparativos e randomizados (RCT); retrospectivos; Que abordem no mínimo 10 pacientes; Com mínimo 1 ano *follow up*; Que reportem ou avaliem apenas 1 dos critérios avaliados; Estudos que avaliem os *abutment* zircônia e titânio em paciente; Que avaliem restaurações unitárias. Critérios exclusão: Estudos secundários, revisões narrativas e sistemáticas; Não realizados em humanos (in vivo e in vitro); Que utilizem dentes naturais como comparação; Prospectivos, Pacientes com doenças sistêmicas, diabetes, patologia oncológica; Com problemas ósseos ou periodontais, Com bruxismo grave, Com uma má higiene ou falta de *compliance*; Com Doença Periodontal Severa. A avaliação da confiabilidade e relevância dos resultados dos artigos selecionados foi realizada por meio das ferramentas de avaliação crítica do JBI. Resultados: Considerando uma pesquisa sistemática em que foram definidos claramente os critérios de inclusão e exclusão, foi possível identificar qual material para *abutment* implantar apresenta o melhor comportamento biológico peri-implantar. Foram identificados 9 artigos que relatam os resultados desta investigação. Conclusão: Podemos deduzir que os estudos mais recentes não fornecem uma indicação clara, no que diz respeito à reação biológica dos tecidos peri-implantares, sobre qual material é mais adequado. Podemos concluir que a zircônia é uma alternativa válida ao titânio para a criação de *abutments*.

Palavras-chaves: *abutments*, Zircônia, titânio, tecido mole, reação biológica, mucosa peri-implantar

ABSTRACT:

The replacement of teeth with dental implants is widely used in dentistry. Titanium is valued for its biocompatibility, mechanical and corrosion resistance, suitable for supporting long-term functional loads. Recently, with technological advances and the reduction in the use of metals, ceramic materials such as zirconia have been highlighted as alternatives. In addition to its high longevity and performance in abutments, zirconia provides aesthetic benefits, especially in areas with thin peri-implant mucosa, due to its white colour which improves the appearance of the mucosa compared to metal abutments. Objective: To understand whether zirconia used as an interface between crown and implant has better results compared to titanium in terms of biological reaction in peri-implant tissues. Different biological parameters such as probing depth, gingival bleeding, marginal bone loss and gingival recession will be assessed in the various studies to see which one will have more favourable biological conditions. Materials and methods: search and analysis of scientific articles in the online databases PubMed and Online Knowledge Library (B-On) and Cochrane Library. Search words: (((((((biological behaviour) OR (soft tissue response) AND (titanium implants) OR (dental implants) AND (titanium abutments) OR (ti abutments) AND (zirconia abutments) OR (zr abutments) OR (zr abutments) OR (zirconia monolithic crowns). PICO methodology strategy: Patients - with the need to rehabilitate single edentulous spaces with dental implants; Intervention - Single implant-supported rehabilitation; Comparison - To compare the biological behaviour of peri-implant tissues between zirconia and titanium abutments in implant-supported oral rehabilitation. Outcome - Evaluation of clinical criteria (PPD, BoP, PI, MBL) in peri-implant tissues in regions rehabilitated with single dental implants. Inclusion criteria: Time frame: last 20 years; Language: English; Human studies; Clinical trials; Controlled trials; Randomised comparative clinical trials; Retrospective studies; Studies with at least 10 patients; Studies with at least 1 year follow up; Studies reporting or evaluating only 1 of the criteria evaluated; Studies evaluating zirconia and titanium abutments in patients; Studies evaluating single-unit restorations. Exclusion criteria: Secondary studies, narrative and systematic reviews; Studies not carried out on humans (in vivo and in vitro); Studies using natural teeth as a comparison; Prospective studies, Patients with systemic diseases, diabetes, oncological pathology; Patients with bone or periodontal problems, Patients with severe bruxism, Patients with poor hygiene or lack of compliance; Patients with severe periodontal disease. Assessment of the reliability and relevance of the results of the selected articles was carried out using the JBI critical appraisal tools. Results: Considering a systematic search in which the inclusion and exclusion criteria were clearly defined, it was possible to identify which implant abutment material shows the best peri-implant biological behaviour. Nine articles reporting the results of this research were identified. Conclusion: We can deduce that the most recent studies do not provide a clear indication, with regard to the biological reaction of the peri-implant tissues, as to which material is most suitable. We can conclude that zirconia is a valid alternative to titanium for creating abutments.

Keywords: abutments, zirconia, titanium, soft tissue, biological reaction, peri-implant mucosa

INDICE GERAL

ÍNDICE DE FIGURAS.....	xvii
ÍNDICES DE TABELAS	xix
1. INTRODUÇÃO	1
2.1 Materiais e métodos	4
2. DESENVOLVIMENTO	9
2.1 Resultados	9
2.1.1. Humm,V.L.et al., (2023).....	9
2.1.2 DeOliveira Silva TS et al., (2019).....	10
2.1.3. Hosseini, M., Worsaae, N. and Gotfredsen, K., (2022).....	10
2.1.4. Ferrari M. et al., (2015).....	11
2.1.5. Bittencourt T. C. et al., (2021)	11
2.1.6. Ferrantino, L et al., (2023)	12
2.1.7 Zembic A. et al., (2013)	12
2.1.8. Sailer I. Zembic A. et al., (2009).....	13
2.1.9. Zembic A. et al., (2009)	13
2.2. Discussão	15
3. CONCLUSÃO	21
4. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	23

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - PRISMA 2020	6
------------------------------	---

ÍNDICES DE TABELAS

Tabela 1 - Critérios Inclusão/exclusão	5
Tabela 2 - PICO	5
Tabela 3 - Avaliação da qualidade metodológica dos estudos realizados usando uma ferramenta de risco de viés do Instituto Joanna Briggs (JBI).....	7
Tabela 4 - Tabela dos resultados	14

LISTAS DE ABREVIATURAS, SIGLAS, SÍMBOLOS E ACRÓNIMOS

BL – perda óssea marginal

BoP – índice de sangramento a sondagem

CAD - *Computer-Aided Design*

CAM - *Computer-Aided Manufacturing*

JBÍ - *Joanna Briggs Institute*

MBÍ - *Modified Bleeding Index*

MM / MG – recessão gengival

mPPD – profundidade de sondagem media

N – Número

PCR – índice de placa

PPD – profundidade de sondagem

Ra – coeficiente de rugosidade

RCT - Ensaios clínicos comparativos e randomizados

Ti – Titânio

Zi – Zircónia

ZrO₂ – Dióxido de Zircónio

1. INTRODUÇÃO

O edentulismo tem um impacto negativo significativo na população, afetando as dimensões ósseas, a estética e a função oral, o que leva a uma crescente demanda por uma melhor qualidade de vida, especialmente entre pacientes idosos. Esse problema é agravado pelo comprometimento das funções orais e da estética, que muitas vezes não é resolvido de forma adequada e eficiente com próteses removíveis. Nesse contexto, com o advento da osteointegração, os implantes dentários tornaram-se a solução preferida para enfrentar essas limitações. Eles oferecem melhor suporte, aumentam a retenção e a estabilidade das próteses, reduzem a dor e o desconforto durante a mastigação, aumentam a satisfação do paciente e apresentam uma alta taxa de sucesso (90%-100%) e uma prognose favorável (de Castro, F.M.C. et al., 2022). Os *abutments* dentários desempenham um papel crucial no sucesso a longo prazo dos implantes dentários, pois servem como conexão entre o implante e a prótese, influenciando diretamente o comportamento biológico dos tecidos peri-implantares. Por muito tempo, os *abutments* padrão fornecidos pelos fabricantes de implantes foram a única opção para os clínicos, apesar de seus defeitos conhecidos, como a posição fixa da linha de cimento e a falta de um perfil de emergência adequado. No entanto, a pesquisa tem cada vez mais destacado os problemas associados ao uso desses *abutments* padrão, especialmente em relação à remoção do excesso de cimento. Como resultado, a odontologia protética moderna sugere o uso de *abutments* personalizados, moldados para seguir a morfologia dos tecidos moles circundantes ao implante. Esses *abutments* oferecem benefícios significativos, incluindo suporte aos tecidos moles e uma melhor gestão da margem de cimentação para garantir uma limpeza eficaz. As recentes inovações na tecnologia de fresagem indicam que a escolha ideal para a criação de *abutments* personalizados pode recair em dois materiais principais: zircônia e titânio. (Linkevicius, T. e Vaitelis, J., (2015))

O titânio (Ti) tem sido o biomaterial de referência para implantes dentários por décadas, devido à sua excelente resposta aos tecidos orais, tanto duros quanto moles. Esse sucesso é atribuído à sua biocompatibilidade, resistência mecânica e resistência à corrosão, características que o tornam adequado para suportar cargas funcionais a longo prazo (Van Brakel et al., 2012). No entanto, o uso do titânio não está isento de críticas. A crescente demanda por soluções estéticas para restaurações implantares tem estimulado a pesquisa de materiais alternativos que possam oferecer melhores propriedades óticas. Além disso, outra motivação para explorar opções diferentes do titânio na odontologia implantar é o

debate em curso sobre possíveis reações adversas. Alguns estudos destacaram preocupações sobre sensibilidades e alergias que podem contribuir para o fracasso de implantes dentários de titânio (Sicilia et al., 2008); Pigatto et al., 2009). Partículas de titânio têm sido associadas a mudanças degenerativas no tecido peri-implantar. Essas partículas são fagocitadas por macrófagos e neutrófilos ativados, fazendo parte da resposta biológica do organismo. Embora estudos recentes tenham indicado que as partículas de titânio podem induzir reações inflamatórias no tecido peri-implantar, ainda não foi estabelecida uma relação causal definitiva (Koller M. et al., 2019). Essas questões têm levado a um interesse crescente por materiais que possam minimizar esses riscos, sem comprometer a funcionalidade e a durabilidade dos implantes. Apesar da dificuldade atual em encontrar argumentos baseados em evidências sólidas que justifiquem a aplicação de materiais alternativos ao titânio, a crescente demanda por soluções sem metal na odontologia continua a impulsionar a pesquisa no campo da implantologia. Entre os candidatos emergentes, o dióxido de zircônio (ZrO_2 , conhecido como zircônia) destaca-se por suas promissoras propriedades químicas e físicas. A zircônia, um óxido metálico inerte, biocompatível e não reabsorvível, oferece uma excelente alternativa ao titânio devido às suas qualidades. Geralmente disponível como policristal tetragonal estabilizado com ítrio, a zircônia já encontrou aplicação na cirurgia ortopédica, especialmente nas cabeças protéticas das próteses totais do quadril, demonstrando sua eficácia e confiabilidade em ambientes médicos complexos (Payer M. et al., 2014).

A zircônia tem demonstrado uma alta longevidade como material para *abutment*, tanto do ponto de vista restaurativo quanto implantar. Na revisão sistemática de Remísio, M. et al., (2023), baseada em estudos pré-clínicos, foi demonstrado que os implantes de zircônia (Zi) são uma escolha válida para a reabilitação oral, apresentando níveis de osteointegração comparáveis aos dos implantes de titânio (Ti). Devido à sua coloração branca, os *abutment* em zircônia oferecem uma melhoria estética na cor da mucosa peri-implantar em comparação com os *abutment* metálicos, especialmente quando a mucosa peri-implantar é fina (menos de 2 mm). No entanto, a aparência cromática dos *abutment* em zircônia não corresponde perfeitamente à dos dentes naturais, especialmente em biótipos mais finos, onde uma certa descoloração pode ser visível. Alterações nas características dos *abutment*, como coloração ou revestimento, têm sido exploradas para superar essas limitações, com resultados variáveis. O efeito estético final é influenciado pela translucidez e pela luminosidade do revestimento. Uma menor translucidez do

revestimento tem se mostrado particularmente vantajosa do ponto de vista estético. Portanto, o uso de *abutment* em zircônia revestidos pode ser justificado para melhorar a aparência estética. (Thoma, D.S. et al., 2018) Os primeiros implantes de zircônia eram caracterizados por superfícies macro e microscópicas que resultavam em baixa osteointegração e baixas torques de remoção, além de altas taxas de fratura. Graças aos recentes desenvolvimentos na tolerância à fratura, resistência à flexão e dureza, os fabricantes conseguiram superar esses problemas. Atualmente, os protocolos cirúrgicos e restaurativos recomendados para a zircônia são semelhantes aos usados para os implantes de titânio. Os resultados documentados com implantes de zircônia concentram-se principalmente em designs de peça única, pois integrar uma conexão de parafuso entre componentes de zircônia e a interface pilar-implante representa um desafio técnico. Os implantes monobloco de zircônia (Zi) apresentam uma taxa média de sobrevivência superior a 98%, uma perda óssea marginal mínima após um acompanhamento de cinco anos, e um menor acúmulo de placa (Remísio, M. et al., 2023). No entanto, os implantes de peça única têm limitações, como menor flexibilidade na fase restaurativa e risco de carga imediata indesejada, limitando as situações em que podem ser aplicados (Koller M. et al., 2019). Outra opção para a zircônia é o uso de uma reconstrução CAD/CAM, que pode ser cimentada ou fixada por meio do parafuso do *abutment* em uma base de titânio. Esta última abordagem oferece várias vantagens, incluindo propriedades mecânicas favoráveis, custos reduzidos e eficiência no tempo devido ao uso de fluxos de trabalho digitais, e a possibilidade de usar bases de titânio, além de uma ampla seleção de materiais para coroas CAD/CAM. (Asgeirsson A. G. et al., 2019). É amplamente conhecida a elevada biocompatibilidade da zircônia. Estudos recentes compararam as reações dos tecidos moles ao ZrO₂ e ao titânio. Esses estudos observaram que em torno do implante de titânio havia uma maior presença de infiltrado inflamatório, densidade microvascular mais elevada e um aumento das expressões do fator de crescimento endotelial vascular em comparação com os observados em torno do implante de zircônia. Além disso, foi observada uma maior proliferação celular nas superfícies de ZrO₂ em comparação com as de titânio, concluindo que a zircônia, em qualquer forma física testada, não causa citotoxicidade nos tecidos moles (Gautam, C. et al., 2016). Do ponto de vista clínico, os *abutments* de zircônia parecem favorecer uma melhor saúde peri-implantar, como indicado por uma menor tendência ao sangramento à sondagem em comparação com os *abutments* metálicos (Thoma, D.S. et al., 2018). No entanto, quando se trata de escolher entre *abutments* de zircônia e titânio, os médicos muitas vezes se deparam com um

dilema, especialmente considerando o impacto nos tecidos moles circundantes. A questão fundamental diz respeito à influência desses materiais no estado da mucosa peri-implantar, que ainda não está totalmente clara. A decisão sobre qual material oferece o melhor resultado permanece não resolvida, pois são necessárias mais pesquisas para entender completamente as implicações clínicas de ambas as opções. Esse dilema destaca a importância de considerar cuidadosamente os riscos e benefícios de cada escolha com base nas necessidades específicas do paciente e nas condições do local do implante. (Linkevicius, T. e Vaitelis, J., 2015)

Portanto, com o objetivo de fornecer uma visão aprofundada e atualizada sobre o comportamento biológico dos *abutments* de zircônia em comparação com os de titânio, esta revisão sistemática pretende analisar criticamente as evidências científicas disponíveis e comparar os resultados de estudos clínicos e pré-clínicos conduzidos sobre a perda óssea, a fim de avaliar a eficácia e a segurança do uso de *abutments* de zircônia na prática clínica odontológica.

2.1 Materiais e métodos

Em termos metodológicos e tendo por base os objetivos delineados, foi realizado uma revisão sistemática através da pesquisa e análise de artigos científicos presentes nas bases de dados on-line *PubMed* e Biblioteca do Conhecimento *On-line* (B-On) e *Cochrane Library* nos últimos 20 anos como o recurso a seguinte equação de pesquisa:

((*biological behavior*) OR (*soft tissue response*)) AND (*titanium implants*)) OR (*dental implants*)) AND (*titanium abutments*)) OR (*ti abutments*)) AND (*zirconia abutments*)) OR (*zr abutments*)) OR (*zr abutments*) OR (*zirconia monolithic crowns*)

Como base nas palavras-chave supracitadas, a problemática deste estudo foi desenvolvida através da estratégia de metodologia PICO (Tabela 2) e submetida a critérios de inclusão e exclusão (Tabela 1) para a seleção dos artigos que constituem os resultados deste estudo.

Tabela 1 - Critérios Inclusão/exclusão

Critérios de inclusão	Critérios de exclusão
Espaço temporal: últimos 20 anos	Estudos secundários, revisões narrativas, sistemáticas
Idioma: inglês	Estudos não realizados em humanos (in vivo e in vitro)

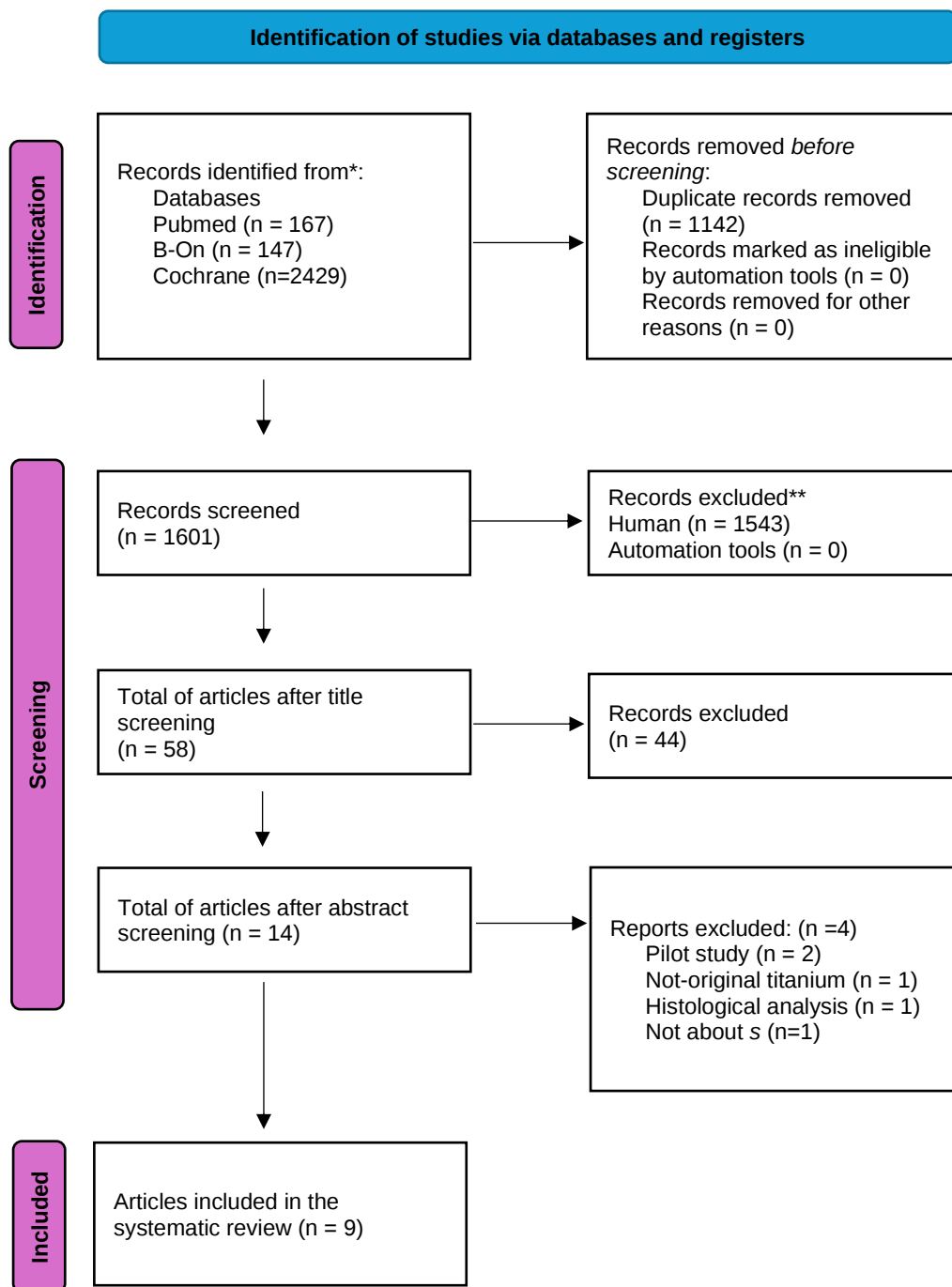
Critérios de inclusão	Critérios de exclusão
Estudos em Humanos	Estudos que utilizem dentes naturais como comparação
Ensaio clínico (<i>clinical trial</i>) Ensaio clínico comparativo (<i>Controlled trial</i>) Ensaio clínico comparativo e randomizados (RCT), estudos retrospectivos	Estudos prospectivos
Estudos que abordem no mínimo 10 pacientes	Pacientes com doenças sistêmicas, diabetes, patologia oncológica,
Estudos com mínimo 1 ano <i>follow up</i>	Pacientes com problemas ósseos ou periodontais
Estudos que reportem ou avaliem apenas 1 dos critérios avaliados	Pacientes com bruxismo grave
Estudos que avaliem os <i>abutments</i> em zircônia e titânio em paciente	Pacientes com uma má higiene oral ou falta de <i>compliance</i>
Estudos que avaliem restaurações unitárias	Pacientes com Doença Periodontal Severa

Tabela 2 - PICO

PICO	
Pacientes	Pacientes com necessidade de reabilitar espaços edentulos unitários com implantes dentários
Intervenção	Reabilitação implanto suportada unitária
Comparação	Comparar o comportamento biológico dos tecidos peri implantares entre o <i>abutment</i> zircônio e titânio na reabilitação oral implanto suportada
Outcome	Avaliação dos critérios clínicos (PPD, BoP, PI, MBL) nos tecidos peri implantares nas regiões reabilitadas com implantes dentários unitários

Este análise foi realizada de forma independente, por dois revisores, G.M. e F.C., tendo recorrido a um terceiro investigador G.F., em caso de dúvidas acerca da aceitação e /ou inclusão dos artigos. Os resultados obtidos foram discutidos pela integração dos critérios de inclusão/exclusão, pela análise de cada artigo a incluir nesta revisão, pelo título, pelo *abstract* e pela leitura integral do artigo. Esta metodologia está representada de acordo com o diagrama PRISMA (Figura 1). Quaisquer divergências foram resolvidas através discussão, levando ao consenso.

Figura 1 - PRISMA 2020



*"*Consider, if feasible to do so, reporting the number of records identified from each database or register searched (rather than the total number across all databases/registers)." ("Explanatory PRISMA 2020 Flow Diagram for new systematic reviews which ...")*

***If automation tools were used, indicate how many records were excluded by a human and how many were excluded by automation tool*

A avaliação da confiabilidade e relevância dos resultados dos artigos selecionados foi realizada por meio das ferramentas de avaliação crítica do JBI (*Joanna Briggs Institute*) (Tabela 3).

Tabela 3 - Avaliação da qualidade metodológica dos estudos realizados usando uma ferramenta de risco de viés do Instituto Joanna Briggs (JBI)

	(Humm, V. L. et al., 2023)	(de Oliveira Silva TS et al., 2019)	(Hosseini, M., Worsae, N., & Gotfredsen, K. 2022).	(Ferrari M. et al., 2015)	(Bittencourt T. C. et al. 2021).	Ferrantino, L., Carrillo de Albornoz, A., & Sanz, M. (2023).	(Zembic A. et al., 2012)	(Sailer I. Zembic A. et al., 2009)	(Zembic A. et al., 2009)
1. Were patient's demographic characteristics clearly described?									
2. Was the patient's history clearly described and presented as a timeline?									
3. Was the current clinical condition of the patient on presentation clearly described?									
4. Were diagnostic tests or methods and the results clearly described?									
5. Was the intervention(s) or treatment procedure(s) clearly described?									
6. Was the post-intervention clinical condition clearly described?									
7. Were adverse events (harms) or unanticipated events identified and described?									
8. Does the case report provide takeaway lessons?									

Yes	No
Unclear	Not applicable

Comportamento biológico do abutments zircônio e titânio na interface implante-abutments.
Revisão sistemática

2. DESENVOLVIMENTO

2.1 Resultados

Apos a leitura e análise integral dos resultados obtidos foram selecionados 9 artigos que constituem os resultados destas revisão sistemática.

Para uma melhor compreensão dos estudos selecionados são descritos abaixo os objetivo de cada estudo assim como materiais e métodos e resultados que posteriormente serão analisados e discutidos.

2.1.1. Humm,V.L.et al., (2023)

Em este estudo randomizado e controlado, realizado ao longo de 13 anos, no início foram incluídos 22 pacientes com um total de 40 implantes com restaurações unitárias, sendo 20 com *abutment* em zircônia e 20 com *abutment* em titânio. No entanto, os resultados biológicos foram avaliados apenas em 15 pacientes, dos quais 13 com *abutment* em zircônia e 8 com *abutment* em titânio. Os resultados da Zi para a profundidade de sondagem periodontal (PPD) foram de 3,84mm e, entretanto, para Ti foram de 3,18mm, no que diz respeito ao sangramento à sondagem (BOP) para a Zi foi de 0,54 e para o Ti foi de 0,50, a perda óssea (BL) para o Zi foi de 2,38mm e para Ti foi de 2,00mm e a recessão gengival(MM/MG) para a Zi foi de 1mm e para o Ti foi de 0,85mm. 6

Os resultados indicam que não houve diferenças significativas nos resultados biológicos avaliados.

Especificamente, a profundidade de sondagem (PPD) nos locais com *abutment* de zircônia foi ligeiramente maior do que nos locais com *abutment* de titânio, com valores médios de 3,84 mm e 3,18 mm, respetivamente. No entanto, essas diferenças não foram consideradas estatisticamente significativas.

Quanto ao sangramento à sondagem (BOP) e os valores foram semelhantes nos dois grupos. Os níveis ósseos superiores a 2 mm foram observados em ambos os grupos, com um número semelhante de implantes que suportavam *abutment* de zircônia e *abutment* de titânio.

Em resumo, não foram observadas diferenças substanciais nos resultados biológicos em longo prazo entre os implantes dentários com *abutment* de zircônia e aqueles com *abutment* de titânio.

2.1.2 DeOliveira Silva TS et al., (2019)

Neste estudo prospetivo longitudinal, realizado ao longo de 3 anos, no início foram incluídos 20 pacientes com um total de 20 implantes com restaurações unitárias, sendo 10 com *abutment* em zircónia e 10 com *abutment* em titânio. No entanto, os resultados biológicos foram avaliados apenas em 14 pacientes, dos quais 7 com *abutment* em zircónia e 7 com *abutment* em titânio. Os resultados da Zi para a profundidade de sondagem periodontal (PPD) foram de 2,16mm e, entretanto, para Ti foram de 2,66mm, no que diz respeito ao sangramento à sondagem (BOP) para a Zi foi de 33,33% e para o Ti foi de 23,8%, a perda óssea (BL) para o Zi foi de 0,76mm e para Ti foi de 0,99mm e a recessão gengival(MM/MG) para a Zi foi de 0,34mm e para o Ti foi de 0,42mm.

Os implantes dentários remanescentes não apresentaram complicações clínicas. As comparações entre os grupos mostraram que a profundidade de sondagem nos locais com *abutments* de titânio aumentou significativamente durante o primeiro ano, enquanto nos locais com *abutments* de zircónia permaneceu estável. Não houve diferenças significativas na recessão gengival entre os dois materiais. O sangramento à sondagem aumentou ao longo do tempo para ambos os grupos, sem correlação significativa com a profundidade de sondagem. A perda óssea marginal total foi ligeiramente menor nos implantes com *abutments* de zircónia(0,76mm) em comparação com os de titânio(0,99mm) após 3 anos, mas não houve diferenças significativas entre os grupos ao longo do tempo.

2.1.3. Hosseini, M., Worsaae, N. and Gotfredsen, K., (2022)

Neste ensaio clínico randomizado e controlado todos os 63 implantes dentários inseridos em 30 pacientes mostraram uma taxa de sobrevivência de 100% durante os 5 anos de acompanhamento, sendo 31 com *abutment* em zircónia e 32 com *abutment* em titânio. Os resultados da Zi para a profundidade de sondagem periodontal (PPD) foram de 2,8mm e entretanto para Ti foram de 2,7mm, no que diz respeito ao sangramento à sondagem (mbi) para a Zi foi: *score* 0 - 51.7% (n = 15); *score* 1 - 13.8% (n = 4); *score* 2 -31.0% (n = 9); *score* 3 - 3.4% (n = 1) e para o Ti foi: *score* 0 – 25,8% (n = 8); *score* 1 – 51.6% (n = 16); *score* 2 -19.4% (n = 6); *score* 3 - 3.2% (n = 1) e a perda óssea (BL) para o Zi foi de 0,3mm e para Ti foi de -0,1mm. Não foi avaliada a recessão gengival(MM/MG).

Embora não tenham sido observadas diferenças significativas na reação biológica entre os dois grupos, as restaurações com *abutments* de zircónia apresentaram uma incidência

maior de perda óssea marginal significativa e mucosite peri-implantar em comparação com as de titânio.

2.1.4. Ferrari M. et al., (2015)

Neste estudo clínico randomizado e controlado a amostra consistia em 47 indivíduos com um período de *follow up* de 2 anos. No total, foram colocados 97 implantes, com uma distribuição de 15 *abutments* de titânio, 18 em nitrato de titânio e 14 em zircônia. A perda óssea média foi avaliada em -0,42 mm no Grupo 1 (*abutment* de titânio), -0,48 mm no Grupo 2 (*abutment* de nitrato de titânio) e -0,57 mm no Grupo 3 (*abutment* de zircônia). A recessão da margem gengival foi observada apenas em uma percentagem limitada de implantes. Nenhuma das variáveis consideradas foi identificada como indicadora de recessão, tanto a nível de paciente quanto de implante individual.

Em resumo, o estudo não mostrou correlações significativas entre o tipo de *abutments* e reação biológica.

2.1.5. Bittencourt T. C. et al., (2021)

Num estudo randomizado e controlado, inicialmente a mostra consistia em 35 participantes e 60 implantes inicialmente incluídos no estudo, um participante com 2 implantes foi excluído devido à falta de osteointegração do implante dentário. Assim, 33 implantes foram atribuídos ao grupo com *abutment* de titânio e 25 ao grupo com *abutment* de zircônia. Durante o período de acompanhamento de 7 anos, 15 participantes foram perdidos por várias razões, deixando uma amostra de 14 participantes, dos quais 9 com *abutment* em zircônia e 17 com *abutment* em titânio. Os resultados da Zi para a profundidade de sondagem periodontal (PPD) foram de 4,25mm e, entretanto, para Ti foram de 4,47mm, no que diz respeito ao sangramento à sondagem (mbi) para a Zi 0% foi de e para o Ti foi de 35%. Não foram avaliadas a perda óssea (BL) e a recessão gengival(MM/MG).

Em este ensaio nenhum participante relatou distúrbios subjetivos persistentes ou infecções peri-implantares recorrentes significativas. Os dois grupos apresentaram valores semelhantes na profundidade de sondagem e índice de sangramento, mas com um índice ligeiramente mais alto no grupo do titânio(35%).

Em resumo, os resultados biológicos indicam que ambos os tipos de *abutments*, tanto em titânio quanto em zircônia, produziram resultados aceitáveis em termos de saúde peri-implantar.

2.1.6. Ferrantino, L et al., (2023)

Num estudo clínico randomizado e controlado, realizado ao longo de 5 anos, no início foram incluídos 30 pacientes com um total de 30 implantes com restaurações unitárias (um implante cada um), sendo 15 com *abutment* em zircónia e 15 com *abutment* em titânio. No entanto, os resultados biológicos foram avaliados apenas em 25 pacientes, dos quais 11 com *abutment* em zircónia e 14 com *abutment* em titânio. Os resultados da Zi para a profundidade de sondagem periodontal (PPD) foram de 3,79mm e, entretanto, para Ti foram de 4,13mm, no que diz respeito ao sangramento à sondagem (BOP) para a Zi foi de 0,62 e para o Ti foi de 0,64, a perda óssea (BL) para o Zi foi de 1,77mm e para Ti foi de 2,20mm e a recessão gengival (MM/MG) para a Zi foi de 0,03mm e para o Ti foi de 0,35mm.

Num realizado os resultados mostraram que ambos os materiais apresentaram uma taxa de sobrevivência dos implantes de 100% durante o período de acompanhamento de 5 anos

2.1.7 Zembic A. et al., (2013)

Num ensaio clínico randomizado e controlado, realizado ao longo de 5 anos, no início foram incluídos 22 pacientes com um total de 40 implantes com restaurações unitárias, sendo 20 com *abutment* em zircónia e 20 com *abutment* em titânio. No entanto, os resultados biológicos foram avaliados apenas em 18 pacientes, dos quais 18 com *abutment* em zircónia e 10 com *abutment* em titânio. Os resultados da Zi para a profundidade de sondagem periodontal (PPD) foram de 3,3mm e, entretanto, para Ti foram de 3,6mm, no que diz respeito ao sangramento à sondagem (BOP) para a Zi foi de 0,5 e para o Ti foi de 0,6, a perda óssea (BL) para o Zi foi de 1,9mm e para Ti foi de 1,95mm e a recessão gengival (MM/MG) não foi avaliada.

Os resultados do estudo sugerem que o uso de *abutments* em zircónia e titânio não apresentou diferenças significativas em termos de complicações biológicas. Isso é importante porque confirma que ambos os materiais podem ser considerados seguros e confiáveis para uso em implantologia.

Além disso, a profundidade média da bolsa periodontal (mPPD) não apresentou variações significativas entre os implantes com *abutments* em zircónia e aqueles com *abutments* em titânio.

2.1.8. Sailer I. Zembic A. et al., (2009)

Em este estudo clínico randomizado e controlado, realizado ao longo de 1 anos, no início foram incluídos 22 pacientes com um total de 40 implantes com restaurações unitárias, sendo 20 com *abutment* em zircônia e 20 com *abutment* em titânio. No entanto, os resultados biológicos foram avaliados apenas em 20 pacientes, dos quais 19 com *abutment* em zircônia e 12 com *abutment* em titânio. Os resultados da Zi para a profundidade de sondagem periodontal (PPD) foram de 3,4mm e, entretanto, para Ti foram de 3,3mm, no que diz respeito ao sangramento à sondagem (BOP) para a Zi foi de 60% e para o Ti foi de 30%. Não foram avaliadas a perda óssea (BL) e a recessão gengival(MM/MG).

2.1.9. Zembic A. et al., (2009)

Neste ensaio clínico randomizado e controlado, realizado ao longo de 3 anos, no início foram incluídos 22 pacientes com um total de 40 implantes com restaurações unitárias, sendo 20 com *abutment* em zircônia e 20 com *abutment* em titânio. No entanto, os resultados biológicos foram avaliados apenas em 18 pacientes, dos quais 18 com *abutment* em zircônia e 10 com *abutment* em titânio. Os resultados da Zi para a profundidade de sondagem periodontal (PPD) foram de 3,2mm e, entretanto, para Ti foram de 3,4mm, no que diz respeito ao sangramento à sondagem (BOP) para a Zi foi de 0,4 e para o Ti foi de 0,2, a perda óssea (BL) para o Zi foi de 1,65mm e para Ti foi de 2,05mm e a recessão gengival (MM/MG) não foi avaliada.

Durante o estudo, não foram observadas complicações biológicas nos *abutments* de zircônia e titânio. A análise dos parâmetros biológicos como PPD, PCR, BOP e BL não mostrou diferenças estatisticamente significativas entre os dois grupos de *abutments*.

Tabela 4 – Tabela dos resultados

Artigos	Pa cie nt es (N)	Follo w up (anos)	Zi abu tme nt (N)	Ti abut ment (N)	Profundid ade de sondagem (PPD)	Índice de sangrament o gengival (BoP)	Perda óssea marginal (BL)	Recessão Gengival (MM/MG)				
					Zi	Ti	Zi	Ti	Zi	Ti	Zi	Ti
1 Humm, V.L. et al., (2023)	15	13	13	8	3,84 mm	3,18 mm	0,54	0,50	2,38 mm	2,00 mm	1 mm	0,85 mm
2 De Oliveir a Silva TS . et al., (2019)	14	3	7	7	2,16 mm*	2,66 mm*	33,3 %*	23,8 %*	0,76 mm	0,99 mm	0,34 mm*	0,42 mm*
3 Hossein i, M., Worsaa e, N. and Gotfred sen, K. (2022)	30	5	31	32	2,8 mm	2,7m m	Mbi Score: 0 - 51.7 % 1 - 13.8 % 2 - 31.0 % 3 - 3.4	Mbi Score: 0 – 25,8 % 1 – 51.6 % 2 - 19.4 % 3 - 3.2%	0,3m m	-0,1 mm	-	-
4 Ferrari M. et al., (2015)	47	2	14	33	-	-	-	-	-0,57	(NiT - 0,48+ T 0,42/ 2) -0,03	-	-
5 Bittencourt T. C. et al., (2021)	14	7	9	17	4,25 mm*	4,47m m*	(mBi) 0%	(m Bi) 35 %	-	-	-	-

<u>Artigos</u> <u>Autor</u> <u>(ano)</u>	<u>Pa</u> <u>cie</u> <u>nt</u> <u>es</u> <u>(N)</u>	<u>Follo</u> <u>w up</u> <u>(anos)</u>	<u>Zi</u> <u>abu</u> <u>tme</u> <u>nt</u> <u>(N)</u>	<u>Ti</u> <u>abut</u> <u>ment</u> <u>(N)</u>	<u>Profundid</u> <u>ade de</u> <u>sondagem</u> <u>(PPD)</u>	<u>Índice de</u> <u>sangrament</u> <u>o gengival</u> <u>(BoP)</u>	<u>Perda óssea</u> <u>marginal</u> <u>(BL)</u>	<u>Recessão</u> <u>Gengival</u> <u>(MM/MG)</u>				
					<u>Zi</u>	<u>Ti</u>	<u>Zi</u>	<u>Ti</u>	<u>Zi</u>	<u>Ti</u>	<u>Zi</u>	<u>Ti</u>
6 Ferranti no, L., Carrillo de Alborn oz, A. and Sanz, M. (2023)	25	5	11	14	3,79 mm	4,13mm	0,62	0,64	1,77 mm	2,20 mm	0,03 mm	0,35 mm
7 Zembic A. et al., (2013)	18	5	18	10	3,3 mm	3,6 mm	0,5	0,6	1,9mm	1,95 mm	-	-
8 Sailer I. Zembic A.et al., (2009)	20	1	19	12	3,4 mm ***	3,3 mm ***	60% *	30% *	-	-	-	-
9 Zembic A. et al., (2009)	18	3	18	10	3,2 mm	3,4 mm	0,4	0,2	1,65	2,05	-	-

* - P<0,05; ** - P=0,001 ; ***- P<0,001

Pontuações no MBI (*Modified Bleeding Index*):

Score 0: Nenhum sangramento à sondagem.

Score 1: Sangramento evidente durante a sondagem, mas cessou em até 10 segundos.

Score 2: Sangramento evidente durante a sondagem que não parou espontaneamente em até 10 segundos.

Score 3: Sangramento evidente durante a sondagem.

2.2. Discussão

O objetivo desta revisão foi avaliar de forma abrangente a influência dos *abutments* de zircônia e titânio na condição da mucosa peri-implantar, com particular atenção aos aspectos biológicos. Os autores excluíram estudos prospectivos ou retrospectivos para evitar viés e focaram nos últimos 20 anos para garantir a relevância dos dados. Essa abordagem levou à inclusão de apenas um estudo com um acompanhamento de 13 anos e a um número limitado de artigos no total. Os resultados evidenciaram diferenças

estatisticamente significativas mínimas entre os dois materiais. Os resultados desta pesquisa estão em conformidade com a revisão sistemática de Sicilia et al.,(2015) que não encontrou diferenças significativas nos mesmos parâmetros biológicos entre os *abutments* em zircônia e titânio.

A revisão sistemática não encontrou diferenças significativas entre os *abutments* de zircônia e os de titânio em termos de profundidade de sondagem, como no estudo de Hosseini, M., Worsaae, N. e Gotfredsen, K. (2022), onde o resultado para a Zi foi de 2,8 mm e para o Ti foi de 2,7 mm, e no de Sailer I., Zembic A. et al., (2009), que foi de 3,4 mm para a Zi e 3,3 mm para o Ti, com uma diferença de apenas 0,1 mm. No entanto, é interessante notar que, na maioria dos artigos examinados, os *abutments* de titânio tendem a mostrar profundidades de sondagem ligeiramente piores em comparação aos de zircônia, como no estudo de Ferrantino, L., Carrillo de Albornoz, A. e Sanz, M. (2023), onde o titânio registou uma PPD de 4,13 mm e a zircônia de 3,79 mm, e no artigo de De Oliveira Silva TS. et al., (2019), onde o Ti foi de 2,66 mm e a Zi de 2,16 mm, com exceção do estudo de Humm et al., (2023) (Zi - 3,84 mm; Ti - 3,18 mm), que, com um acompanhamento de 13 anos, revelou uma maior profundidade de sondagem para os *abutments* de zircônia. Isso pode indicar uma vantagem da zircônia a curto prazo, enquanto o titânio poderia ter melhores resultados a longo prazo, uma hipótese que requer mais investigações. Segundo Humm et al., (2023), uma possível explicação para esses resultados reside na técnica de cimentação das coroas nos *abutments*, que pode influenciar a saúde periodontal. O estudo destaca os riscos de inflamação gengival associados à remoção excessiva do cimento residual. Além disso, o estudo apresenta limitações, como o tamanho da amostra e a disparidade no número de *abutments* avaliados (Ti n = 8; Zi n = 13), o que poderia explicar os resultados menos favoráveis para a zircônia. Um estudo foi excluído por ter uma duração de três meses, Van Brakel et al., (2011a, b) mostraram, de acordo com a nossa revisão, que a profundidade de sondagem periodontal (PPD) é significativamente menor em torno dos *abutments* de zircônia do que em torno dos *abutments* de titânio. Este estudo investigou a rugosidade da superfície de ambos os tipos de *abutments*, com valores de Ra entre 210 e 236 nm. Estudos *in vitro* mais recentes enfatizaram a importância da rugosidade do material no comportamento celular em zircônia e titânio. Nothdurft et al., (2014) descobriram que as superfícies polidas de zircônio melhoram a adesão das células epiteliais em comparação com o titânio. É

plausível especular que uma melhor adesão das células aos *abutments* poderia ajudar a reduzir a PPD à volta dos implantes.

No que diz respeito ao sangramento à sondagem, o artigo de Humm, V.L. et al., (2023) encontrou valores de BoP para a Zi de 0,54 e para o Ti de 0,50, semelhante ao resultado obtido por Ferrantino, L., Carrillo de Albornoz, A. e Sanz, M. (2023), respetivamente para a Zi de 0,62 e para o Ti de 0,64, os quais não encontraram grandes diferenças entre *abutments* de zircónia e titânio. Embora não haja uma diferença significativa, é interessante notar que no estudo de Zembic A. et al., (2013) foi observado um nível maior de sangramento em torno dos *abutments* em comparação com os dentes naturais, o que implica uma maior sensibilidade nos tecidos peri-implantares, sublinhando a importância de uma maior atenção à higiene oral nesta zona. Nos artigos de Sailer I., Zembic A. et al., (2009) (Zi – 60%; Ti – 30%) e de De Oliveira Silva T.S. et al., (2019) (Zi – 33,3%; Ti – 23,8%), ambos com significância de $P < 0,05$, a tendência dos valores parece desfavorável à zircónia. Estes resultados estão em desacordo com as revisões sistemáticas de Linkevicius, T. and Vaitelis, J. (2015) e de Sanz-Martín, I., Regidor, E., Navarro, J., Sanz-Sánchez, I., Sanz, M., & Ortiz-Vigon, A. (2020) , que mostrou uma reação inflamatória mais acentuada e um índice de sangramento à sondagem (BOP) maior para os *abutments* em titânio em comparação com os de zircónia. No entanto, este resultado pode ser influenciado por diversos fatores, como a técnica de cimentação, a técnica cirúrgica, o nível de higiene do paciente e a rugosidade da superfície do *abutment*. No que diz respeito à técnica de cimentação, o estudo de Stucki, L. et al., (2021) al. descobriu que os restauros em zircónia, quando cimentados sobre bases de titânio, estavam associados a um aumento do BOP (índice de sangramento à sondagem) e da PPD (profundidade de sondagem) aos 3 anos em comparação com os valores iniciais. Os autores sugeriram que o espaço do cimento poderia ser a causa potencial para o aumento do BOP. Apoio para esta hipótese foi encontrado no artigo de Thoma et al., (2018), que relatou um aumento do BOP para restauros cimentados, em comparação com os restauros aparafusados em pilares de zircónia após 12 meses, destacando que a difícil remoção do excesso de cimento pode levar a uma inflamação gengival.

Os autores Hosseini et al., (2022) utilizaram um índice diferente para avaliar o sangramento (*mbi*). O estudo relatou resultados piores, com uma incidência mais alta de mucosite peri-implantar e um índice de sangramento maior em torno dos *abutments* de zircónia em comparação com os de titânio (Zi - *mbi Score*: 0 - 51,7%, 1 - 13,8%, 2 -

31,0%, 3 - 3,4%; Ti - *mbi Score*: 0 - 25,8%, 1 - 51,6%, 2 - 19,4%, 3 - 3,2%). Os autores atribuíram esse resultado a um ajuste marginal inferior do material, além de outras possíveis causas como a posição do osso marginal (com zircônia mais apical neste estudo), características da superfície que favorecem a adesão bacteriana e o impacto do material em si, apesar de sua biocompatibilidade. A biocompatibilidade do zircônia foi confirmada em vários estudos, principalmente no artigo de Welander, M., Abrahamsson, I., & Berglundh, T. (2008), onde foi destacado que o material apresenta uma percentagem inferior de leucócitos no epitélio de barreira em comparação com os pilares em titânio.

No trabalho de Ferrantino e Sanz, M.,(2023), foi detetada a presença de mucosite peri-implantar tanto nos casos de *abutments* de titânio quanto de zircônia, com uma tendência maior para este último. A principal causa identificada foi a dificuldade no controle da placa bacteriana, sugerindo a necessidade de um controle mais rigoroso e visitas periódicas para a higiene oral, com especial atenção a este aspeto crucial. Outro ponto de interesse surgiu do estudo de Humm V.L.et al., (2023), que examinou os pontos de contato entre as coroas implantadas e os dentes adjacentes ao longo do tempo, observando uma perda desses pontos de contato. Esta hipótese foi confirmada do estudo de Papageorgiou et al., (2018) que relatou que entre o 5º e o 15º ano, observa-se a infraposição do implante e a perda do ponto de contato proximal em cerca de metade dos implantes. A revisão também sugere um aumento do risco de perda do ponto de contato mesial devido à deriva mesial dos dentes, o que é possível. A falta de um ponto de contato proximal pode levar a problemas de oclusão alimentar e periodontais, representando um risco biológico para o implante(Manicone, P.F. et al., 2022).

Em síntese, surge a necessidade de mais estudos para avaliar com maior precisão o sangramento à sondagem, garantindo um contato direto com a mucosa peri-implantar e adotando técnicas cirúrgicas, de cimentação e de higiene adequadas. Entre os índices avaliados nesta revisão, é essencial considerar a avaliação do osso marginal para a durabilidade e estabilidade a longo prazo dos implantes. A maioria dos estudos não encontra diferenças significativas entre implantes de titânio e zircônia, com uma reabsorção óssea mínima ou inexistente. No entanto, algumas pesquisas apresentam resultados divergentes.

No caso dos estudos de Hosseini, M., Worsaae, N. e Gotfredsen, K. (2022) revelaram uma perda óssea marginal de 0,3 mm para a zircônia e um ganho de 0,1 mm para o titânio, observando uma maior incidência de perda óssea marginal significativa nos sítios com

zircônia, com resultados superiores a 2 mm. Este resultado foi aparecido ao de Vechiato-Filho, A. et al., (2016), um estudo com base em 11 estudos clínicos sobre implantes individuais com um acompanhamento de um a cinco anos, foi relatada uma maior perda óssea marginal ao redor dos implantes que suportam *abutments* de zircônia ($0,38 \pm 0,87$) em comparação com os que suportam abutments de titânio ($0,2 \pm 0,13$). Esse fenômeno pode ser atribuído à dificuldade de adaptação marginal das coroas à zircônia, levando à mucosite peri-implantar e subsequente reabsorção óssea.

Por outro lado, DeOliveira Silva et al., (2019) relataram uma perda óssea marginal ligeiramente inferior ao redor dos implantes com *abutments* de zircônia de 0,76 mm em comparação com 0,99 mm para os de titânio, após três anos de uso. Embora essa diferença não tenha sido considerada estatisticamente significativa ($P > 0,05$), pode sugerir uma potencial vantagem a longo prazo para a zircônia em termos de estabilidade do osso marginal.

Por fim, no estudo de Zembic et al., (2013), a avaliação radiográfica revelou que a perda óssea marginal foi de 1,9 mm para a Zi e 1,95 mm para o Ti, mas ao longo de cinco anos, os implantes com *abutments* de zircônia mostraram um ligeiro aumento do osso marginal, enquanto aqueles com *abutments* de titânio apresentaram variações mínimas. Isso pode indicar que a zircônia tem um impacto positivo na estabilidade a longo prazo da integração óssea. Os resultados são coincidentes com o estudo de Lops, D. et al., (2013), onde foi observada uma perda média quase idêntica de osso marginal nos abutments de zircônia e titânio após um acompanhamento de 5 anos, e com a revisão de Sanz-Sánchez, I., Sanz-Martín, I., Carrillo de Albornoz, A., Figuero, E., & Sanz, M. (2018) que não demonstrou diferenças significativas na perda óssea, também com a presença de maior sangramento a sondagem pela zircônia. Apesar dos resultados encontrados, nenhum valor foi considerado significativo ($P > 0,05$).

Em relação à recessão gengival, este foi o índice menos considerado nos artigos examinados nesta revisão. Os resultados não mostram diferenças significativas entre os *abutments* de zircônia e os de titânio, como no estudo de DeOliveira Silva TS. et al., (2019), onde a recessão gengival foi de 0,34 mm para a zircônia e 0,42 mm para o titânio, com significância de $P < 0,05$. A tendência para uma maior recessão dos tecidos moles associada aos *abutments* de zircônia, conforme relatado na revisão sistemática de Sailer, I. et al., (2009), não foi confirmada aqui. Portanto, os dados não sustentam a hipótese de

que os *abutments* de zircónia provoquem uma recessão dos tecidos moles mais significativa em comparação com os *abutments* de titânio (Ferrari et al., 2015).

No caso do estudo de Ferrantino, L., Carrillo de Albornoz, A. e Sanz, M. (2023), os resultados foram mais negativos para o titânio (0,35 mm) em comparação com a zircónia (0,03 mm), confirmando uma boa reação dos tecidos peri-implantares ao material cerâmico.

O estudo de Humm, V.L. et al., (2023) com um acompanhamento de 13 anos relatou resultados ligeiramente desfavoráveis para a zircónia (1 mm) em comparação com o titânio (0,85 mm), o que nos permite presumir que a longo prazo o titânio pode ser melhor, excluindo todas as variáveis possíveis como um possível trauma de escovação ou uma adequada higiene oral.

Esta revisão centrou-se principalmente nos aspetos biológicos, não abrangendo a análise dos aspetos mecânicos, frequentemente discutidos em relação à zircónia, nem as questões estéticas ligadas ao biótipo da mucosa, que podem também ser relevantes. Estes elementos estéticos e mecânicos representam aspetos importantes que deverão ser avaliados em análises futuras.

O objetivo principal desta revisão foi enfatizar os aspetos biológicos, uma vez que são considerados fatores preditivos cruciais para o sucesso de um tratamento protético sobre implantes. Entre as limitações desta revisão, destaca-se a carência de artigos com um acompanhamento a longo prazo. Portanto, recomenda-se que futuros estudos incluam períodos de observação mais longos para também avaliar os efeitos da zircónia a longo prazo.

3. CONCLUSÃO

Recentes estudos científicos ainda não apresentam um consenso definitivo sobre qual material é superior em termos de reação biológica dos tecidos peri-implantares. No entanto, evidências emergentes indicam que tanto a zircônia quanto o titânio apresentam propriedades adequadas para uso como *abutment*.

A zircônia, em particular, tem se mostrado uma alternativa viável ao titânio, especialmente devido às suas propriedades estéticas e biocompatibilidade. A zircônia oferece vantagens como alta resistência à fratura, baixa condutividade térmica, e uma cor que pode ser mais facilmente harmonizada com os tecidos dentários naturais, tornando-a atraente para pacientes e profissionais que buscam um resultado estético superior. Além disso, estudos têm mostrado que a zircônia não induz uma resposta inflamatória significativa nos tecidos peri-implantares, sendo bem aceita pelo organismo.

Por outro lado, o titânio é amplamente utilizado e tem uma longa história de sucesso em implantodontia devido à sua excelente biocompatibilidade e propriedades mecânicas robustas. Ele proporciona uma excelente integração óssea (osseointegração) e tem sido o padrão-ouro para *abutments* devido à sua durabilidade e confiabilidade.

Para uma escolha mais informada entre zircônia e titânio, é essencial considerar não apenas a reação biológica, mas também os fatores mecânicos e estéticos. Fatores como a resistência à fratura, a durabilidade a longo prazo, e a capacidade de suportar cargas funcionais são cruciais na determinação do material mais apropriado para *abutments*. Adicionalmente, a estética desempenha um papel significativo, especialmente em regiões visíveis da cavidade oral, onde a aparência do *abutment* pode impactar a satisfação do paciente.

Futuras revisões e estudos comparativos devem, portanto, ampliar o foco para incluir essas considerações mecânicas e estéticas, além das reações biológicas, para fornecer uma avaliação mais abrangente e prática da adequação de cada material em diferentes contextos clínicos. Este enfoque multidimensional pode auxiliar os profissionais de odontologia a tomar decisões mais equilibradas, que atendam às necessidades biológicas, funcionais, e estéticas de seus pacientes. Resumindo, podemos deduzir que os estudos mais recentes não fornecem uma indicação clara, no que diz respeito à reação biológica dos tecidos peri-implantares, sobre qual material é mais adequado. Podemos concluir que a zircônia é uma alternativa válida ao titânio para a criação de *abutments*, e sugerir para

Comportamento biológico do abutments zircônio e titânio na interface implante-abutments.
Revisão sistemática

futuras revisões que se concentrem também nos fatores mecânicos e estéticos, que são cruciais para a escolha de um tratamento protético.

4. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Asgeirsson, A. G., Sailer, I., Gamper, F., Jung, R. E., Hämmerle, C. H. F., & Thoma, D.S. (2019). Veneered zirconia abutments cemented on non-original titanium bases: 1-year results of a prospective case series. *Clinical Oral Implants Research*, 30(8), 735–744. <https://doi.org/10.1111/clr.13457>
- Camargo Bittencourt, T., Souza, N. M., Assis, P., Ribeiro, C. G., Cimara, C., Ferreira, F., & Salles Sotto-Maior, B. (n.d.). Evaluation of the peri-implant tissues in the esthetic zone with prefabricated titanium or zirconia abutments: A randomized controlled clinical trial with a minimum follow-up of 7 years.
- de Castro, F. M. C., Martins, G. Z., de Oliveira, H. F. P., Hernández, P. B., Gavinha, S., & Fernandes, G. V. O. (2022). Comparison of Stud-Retentor Versus Bar-Clip Attachment as Implant-Supported Systems Used in Overdentures: A Systematic Review and Meta-Analysis. *European Journal of Prosthodontics and Restorative Dentistry*, 30(3), 169–187. https://doi.org/10.1922/EJPRD_2338deCastro19
- de Oliveira Silva, T. S., de Freitas, A. R., de Albuquerque, R. F., Pedrazzi, V., Ribeiro, R. F., & do Nascimento, C. (2020). A 3-year longitudinal prospective study assessing microbial profile and clinical outcomes of single-unit cement-retained implant restorations: Zirconia versus titanium abutments. *Clinical Implant Dentistry and Related Research*, 22(3), 301–310. <https://doi.org/10.1111/cid.12888>
- Ferrantino, L., Carrillo de Albornoz, A., & Sanz, M. (2023). Five-year outcomes of a randomized controlled clinical trial comparing single-tooth implant-supported restoration with either zirconia or titanium abutments. *Journal of Clinical Periodontology*, 50(6), 744–754. <https://doi.org/10.1111/jcpe.13787>
- Ferrari, M., Garcia-Godoy, F., Goracci, C., Cairo, F., & Crysanti Cagidiaco, M. (2015). Effect of different prosthetic abutments on peri-implant soft tissue. A randomized controlled clinical trial. <https://www.researchgate.net/publication/278790101>
- Gautam, C., Joyner, J., Gautam, A., Rao, J., & Vajtai, R. (2016). Zirconia based dental ceramics: structure, mechanical properties, biocompatibility and applications. *Dalton Transactions*, 45(48), 19194–19215. <https://doi.org/10.1039/C6DT03484E>
- Hosseini, M., Worsaae, N., & Gotfredsen, K. (2022). A 5-year randomized controlled trial comparing zirconia-based versus metal-based implant-supported single-tooth restorations in the premolar region. *Clinical Oral Implants Research*. <https://doi.org/10.1111/clr.13960>
- Humm, V. L., Sailer, I., Thoma, D. S., Hämmerle, C. H. F., Jung, R. E., & Zembic, A. (2023). 13-year follow-up of a randomized controlled study on zirconia and titanium abutments. *Clinical Oral Implants Research*, 34(9), 911–919. <https://doi.org/10.1111/clr.14117>
- Koller, M., Steyer, E., Theisen, K., Stagnell, S., Jakse, N., & Payer, M. (2020). Two-piece zirconia versus titanium implants after 80 months: Clinical outcomes from a prospective randomized pilot trial. *Clinical Oral Implants Research*, 31(4), 388–396. <https://doi.org/10.1111/clr.13576>
- Linkevicius, T., & Vaitelis, J. (2015). The effect of zirconia or titanium as abutment material on soft peri-implant tissues: A systematic review and meta-analysis. *Clinical Oral Implants Research*, 26, 139–147. <https://doi.org/10.1111/clr.12631>

- Lops, D., Bressan, E., Chiapasco, M., Rossi, A., & Romeo, E. (2013). Zirconia and Titanium Implant Abutments for Single-Tooth Implant Prostheses After 5 Years of Function in Posterior Regions. *The International Journal of Oral & Maxillofacial Implants*, 28(1), 281–287. <https://doi.org/10.11607/jomi.2668>
- Manicone, P. F., de Angelis, P., Rella, E., Papetti, L., & D'Addona, A. (2022). Proximal Contact Loss in Implant-Supported Restorations: A Systematic Review and Meta-Analysis of Prevalence. *Journal of Prosthodontics*, 31(3), 201–209. <https://doi.org/10.1111/JOPR.13407>
- Nothdurft, F. P., Fontana, D., Ruppenthal, S., May, A., Aktas, C., Mehraein, Y., Lipp, P., & Kaestner, L. (2015). Differential Behavior of Fibroblasts and Epithelial Cells on Structured Implant Abutment Materials: A Comparison of Materials and Surface Topographies. *Clinical Implant Dentistry and Related Research*, 17(6), 1237–1249. <https://doi.org/10.1111/CID.12253>
- Papageorgiou, S. N., Eliades, T., & Hämmerle, C. H. F. (2018). Frequency of infraposition and missing contact points in implant-supported restorations within natural dentitions over time: A systematic review with meta-analysis. *Clinical Oral Implants Research*, 29, 309–325. <https://doi.org/10.1111/CLR.13291>
- Payer, M., Heschl, A., Koller, M., Arnetzl, G., Lorenzoni, M., & Jakse, N. (2015). All-ceramic restoration of zirconia two-piece implants - a randomized controlled clinical trial. *Clinical Oral Implants Research*, 26(4), 371–376. <https://doi.org/10.1111/clr.12342>
- Pigatto, P. D., Guzzi, G., Brambilla, L., & Sforza, C. (2009). Titanium allergy associated with dental implant failure. *Clinical Oral Implants Research*, 20(8), 857–857. <https://doi.org/10.1111/J.1600-0501.2009.01749.X>
- Remísio, M., Borges, T., Castro, F., Gehrke, S., Fernandes, J., & Fernandes, G. (2023). Histologic Osseointegration Level Comparing Titanium and Zirconia Dental Implants: Meta-analysis of Preclinical Studies. *The International Journal of Oral & Maxillofacial Implants*, 38(4), 667–680. <https://doi.org/10.11607/jomi.10142>
- Sailer, I., Philipp, A., Zembic, A., Pjetursson, B. E., Hämmerle, C. H. F., & Zwahlen, M. (2009). A systematic review of the performance of ceramic and metal implant abutments supporting fixed implant reconstructions. *Clinical Oral Implants Research*, 20(SUPPL. 4), 4–31. <https://doi.org/10.1111/J.1600-0501.2009.01787.X>
- Sailer, I., Zembic, A., Jung, R. E., Siegenthaler, D., Holderegger, C., & Hämmerle, C. H. F. (2009). Randomized controlled clinical trial of customized zirconia and titanium implant abutments for canine and posterior single-tooth implant reconstructions: Preliminary results at 1 year of function. *Clinical Oral Implants Research*, 20(3), 219–225. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0501.2008.01636.x>
- Sanz-Martín, I., Regidor, E., Navarro, J., Sanz-Sánchez, I., Sanz, M., & Ortiz-Vigon, A. (2020). Factors associated with the presence of peri-implant buccal soft tissue dehiscences: A case-control study. *Journal of Periodontology*, 91, 1003–1010. Available at: <https://doi.org/10.1002/JPER.19-0490>
- Sanz-Sánchez, I., Sanz-Martín, I., Carrillo de Albornoz, A., Figuero, E., & Sanz, M. (2018). Biological effect of the abutment material on the stability of peri-implant marginal bone levels: A systematic review and meta-analysis. *Clinical Oral Implants Research*, 29(Suppl 18), 124–144. <https://doi.org/10.1111/clr.13293>

- Sicilia, A., Cuesta, S., Coma, G., Arregui, I., Guisasola, C., Ruiz, E., & Maestro, A. (2008). Titanium allergy in dental implant patients: a clinical study on 1500 consecutive patients. *Clinical Oral Implants Research*, 19(8), 823–835. <https://doi.org/10.1111/J.1600-0501.2008.01544.X>
- Sicilia, A., Quirynen, M., Fontollet, A., Francisco, H., Friedman, A., Linkevicius, T., Lutz, R., Meijer, H. J., Rompen, E., Rotundo, R., Schwarz, F., Simion, M., Teughels, W., Wennerberg, A., & Zuhr, O. (2015). Long-term stability of peri-implant tissues after bone or soft tissue augmentation. Effect of zirconia or titanium abutments on peri-implant soft tissues. Summary and consensus statements. The 4th EAO Consensus Conference 2015. *Clinical Oral Implants Research*, 26, 148–152. <https://doi.org/10.1111/CLR.12676>
- Stucki, L., Asgeirsson, A., Jung, R., Sailer, I., Hämmerle, C., & Thoma, D. (2021). Zirconia reconstructions cemented on non-original titanium bases may result in increased bleeding on probing, probing depth values and varying mean marginal bone levels. *The International Journal of Prosthodontics*, 34(5), 560–566. <https://doi.org/10.11607/IJP.6999>
- Thoma, D. S., Sailer, I., Mühlemann, S., Gil, A., Jung, R. E., & Hämmerle, C. H. F. (2018). Randomized controlled clinical study of veneered zirconia abutments for single implant crowns: Clinical, histological, and microbiological outcomes. *Clinical Implant Dentistry and Related Research*, 20(6), 988–996. <https://doi.org/10.1111/cid.12674>
- van Brakel, R., Cune, M. S., van Winkelhoff, A. J., de Putter, C., Verhoeven, J. W., & van der Reijden, W. (2011a). Early bacterial colonization and soft tissue health around zirconia and titanium abutments: An in vivo study in man. *Clinical Oral Implants Research*, 22(6), 571–577. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0501.2010.02005.x>
- van Brakel, R., Meijer, G. J., Verhoeven, J. W., Jansen, J., de Putter, C., & Cune, M. S. (2012). Soft tissue response to zirconia and titanium implant abutments: An in vivo within-subject comparison. *Journal of Clinical Periodontology*, 39(10), 995–1001. <https://doi.org/10.1111/j.1600-051X.2012.01931.x>
- van Brakel, R., Noordmans, H. J., Frenken, J., de Roode, R., de Wit, G. C., & Cune, M. S. (2011b). The effect of zirconia and titanium implant abutments on light reflection of the supporting soft tissues. *Clinical Oral Implants Research*, 22(10), 1172–1178. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0501.2010.02082.x>
- Vechiato-Filho, A., Pesqueira, A., de Souza, G., dos Santos, D., Pellizzer, E., & Goiato, M. (2016). Are Zirconia Implant Abutments Safe and Predictable in Posterior Regions? A Systematic Review and Meta-Analysis. *The International Journal of Prosthodontics*, 29(3), 233–244. <https://doi.org/10.11607/ijp.4349>
- Welander, M., Abrahamsson, I., & Berglundh, T. (2008). The mucosal barrier at implant abutments of different materials. *Clinical Oral Implants Research*, 19(7), 635–641.
- Zembic, A., Bösch, A., Jung, R. E., Hämmerle, C. H. F., & Sailer, I. (2013). Five-year results of a randomized controlled clinical trial comparing zirconia and titanium abutments supporting single-implant crowns in canine and posterior regions. *Clinical Oral Implants Research*, 24(4), 384–390. <https://doi.org/10.1111/clr.12044>
- Zembic, A., Sailer, I., Jung, R. E., & Hämmerle, C. H. F. (2009). Randomized-controlled clinical trial of customized zirconia and titanium implant abutments for single-tooth

implants in canine and posterior regions: 3-year results. *Clinical Oral Implants Research*, 20(8), 802–808. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0501.2009.01717.x>