

**CENTRO UNIVERSITÁRIO UNIGUAIACÁ
GRADUAÇÃO EM ODONTOLOGIA**

CARLOS HENRIQUE HUREN

IMPLANTES DE ZIRCÔNIA: REVISÃO DE LITERATURA

GUARAPUAVA

2020

CARLOS HENRIQUE HUREN

IMPLANTES DE ZIRCÔNIA: REVISÃO DE LITERATURA

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como pré-requisito para obtenção do título de Cirurgião-Dentista, pela instituição de ensino Centro Universitário Guairacá.

Prof. Orientadora: Prof. Dra. Mariana Rinaldi

GUARAPUAVA

2020

RESUMO

HUREN, C.H. **Implantes de zircônia: Revisão de Literatura.** [Trabalho de Conclusão de Curso]. Guarapuava: Faculdade Guairacá, 2020.

Por anos os implantes de titânio são vistos como padrão-ouro em implantodontia oral, porém, diante das desvantagens de implantes de titânio em áreas estéticas específicas e a crescente incidência de alergias ao titânio a implantodontia se deparou a necessidade de ter um substituto eficaz no tratamento destes casos. O titânio apresenta uma coloração escura que pode acinzentar as gengivas pela translucidez do metal e assim tirar a estética natural da gengiva. Materiais cerâmicos como o dióxido de zircônio (zircônia) se destacam como uma alternativa para substituir o titânio em tratamentos onde não seja possível o uso do mesmo. A zircônia tem uma coloração semelhante aos elementos dentais e com isso os implantes deste material proporcionam gengivas mais naturais e harmônicas, além de apresentarem excelente biocompatibilidade e integração tecidual, baixa afinidade à placa e propriedades biomecânicas favoráveis. Estudos publicados até esta data parecem indicar que devido a essas propriedades o dióxido de zircônio se mostra como uma ótima opção para o tratamento destes casos.

Palavras-chave: Cerâmica; Implante dentário; Osteointegração.

ABSTRACT

HUREN, C.H. **Zirconia implants: Literature review.** [Completion of course work]. Graduation of Dentistry. Guarapuava: Guairacá College, 2020.

For years, titanium implants are golden pattern in oral implantology, however, in front of some disadvantages in titanium implants in aesthetics areas and the crescent incidence of allergies of titanium, implantology faced the necessity the have an effective replacement on treatment of these cases. The titanium presents a dark coloring that can gray the gums by metal translucency and on this way, remove the natural aesthetic of the gum. Ceramics materials as zirconium dioxide (zirconia) stand out as an alternative to replace titanium in treatments where it will not possible to use it. The zirconia has similar coloring as the dental elements and for this reason implants using this material provides gums with more natural aspect and more harmonics, besides presenting excellent biocompatibility and tissue integration, low plaque affinity and favorable biomechanical properties. Published studies to date seem like to indicate that due these properties, the zirconium dioxide become a great option to treat these cases.

Key-words: Ceramics; Dental implant; Osteointegration.

1 INTRODUÇÃO

A confluência entre a revolução digital e o desenvolvimento da ciência material ofereceu uma solução potencial para as limitações biológicas, estéticas e mecânicas relacionadas com as reabilitações com implantes de titânio convencionais. Na última geração, uma maior demanda por restaurações livres de metal ampliou a busca por um novo material para confecção de implantes (CORTELLINI et al., 2006).

Alguns dados sobre a falta de biocompatibilidade do implante de titânio, contribuindo para a doença peri-implantar e até mesmo toxicidade desse tipo de metal, foram documentados na literatura (BRESSAN ET AL., 2019; KIM, EO; 2019).

Apesar do titânio ser considerado padrão-ouro em implantodontia oral há décadas a busca por materiais alternativos aumentou. Os altos padrões estéticos e a crescente incidência de alergias ao titânio, levaram à proposta da cerâmica como possíveis substitutos. Após numerosos estudos experimentais, o dióxido de zircônio (zircônia) ganhou seu lugar como um substituto potencial para o titânio na implantodontia (CIONCA et al., 2017).

Trinta anos de pesquisas transitórias em cerâmicas de dióxido de zircônia levaram a avanços significativos na área biomédica, especialmente na Implantodontia. Agora, a zircônia é usada não apenas como um material de revestimento, mas também para fabricar implantes dentários que melhoraram estética e função de nossos pacientes (SIDDIQI et al., 2017).

A zircônia tem uma coloração semelhante aos elementos dentais naturais e com isso os implantes deste material proporcionam gengivas mais naturais e harmônicas trazendo grandes benefícios estéticos para o paciente, além disso apresenta excelente biocompatibilidade e integração tecidual, baixa afinidade à placa e propriedades biomecânicas favoráveis (FREITAS et al., 2017).

A aparente menor afinidade ao acúmulo de placa pode favorecer a saúde dos tecidos moles ao redor dos implantes dentários de zircônia e diminuir o risco de inflamação ou infecção (RODRIGUEZ et al., 2017).

Diante disso objetivo desse trabalho é compilar o conhecimento existente sobre os implantes de zircônia, analisar suas propriedades físicas e mecânicas, suas vantagens e desvantagens em implantodontia.

2 PROPOSIÇÃO

O propósito do presente estudo foi fazer uma revisão de literatura sobre os implantes fabricados em dióxido de zircônio, coletando os melhores dados disponíveis sobre as propriedades físicas, mecânicas, biológicas e estéticas da zircônia e, ao mesmo tempo, resumir suas vantagens e desvantagens em comparação aos materiais tradicionais na fabricação de implantes dentais.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 PROPRIEDADES DOS IMPLANTES DE ZIRCÔNIA

Nas últimas décadas, um material cerâmico com excelentes propriedades mecânicas vem sendo utilizado como uma opção aos implantes de titânio. Tal material é denominado como zircônia tetragonal policristalina estabilizada por ítrio (ZTP-Y) (LEE et al., 2013).

Essa cerâmica apresenta uma coloração semelhante à cor dos elementos dentais naturais, característica que é primordial em reabilitações estéticas, visto que possibilita a transmissão de luz na área de interação entre o tecido gengival e os componentes protéticos (ANDREIOTELLI; KOHAL, 2009).

ZTP-Y é um material cerâmico de excelente resistência constituído de partículas de óxido de zircônia e de óxido de ítrio. O óxido de ítrio dispõe uma alta resistência à corrosão e ao desgaste, módulo de elasticidade similar ao titânio, excelente resistência à flexão, ótima tenacidade a fratura, grande radiopacidade, pouca condução térmica, coloração semelhante à cor dos elementos dentais naturais, capacidade de ser usinada, boa transmissão de luz e uma excelente biocompatibilidade (MÖLLER et al., 2012).

A incorporação do óxido de ítrio ao óxido de zircônia assegura a estabilidade de sua forma tetragonal em temperatura ambiente após a sinterização (CHANG et al., 2012).

Embora esse material conte com todas essas vantagens, quando ele é submetido a tensão e também a umidade, circunstâncias essas que sempre estarão presentes no interior cavidade bucal, é capaz de ocorrer a desestabilização da fase tetragonal da zircônia, modificando-a pouco a pouco para a fase monoclinica (SANON et al., 2013). Esse processo é denominado como degradação em baixas temperaturas. Esse processo é capaz de levar à produção de micro e macro trincas na superfície do implante cerâmico, além de aumentar da rugosidade superficial e diminuir a dureza, densidade e a resistência do implante, devido a isso é importante analisar a longevidade desse tipo de implante na cavidade bucal (WENZ et al., 2008).

Conforme diversos estudos já realizados, o óxido de zircônio (zircônia) apresenta excelente biocompatibilidade, promovendo uma menor reação tecidual do

que os demais materiais, como o titânio (STADLINGER et al., 2010). Além de tudo, estudos demonstram que a Zircônia, ou óxido de zircônio, é capaz de influenciar na regulação da tradução de osteoblastos o que acaba por sua vez impulsionando a formação óssea no local (PALMIERI et al., 2008).

Pesquisas pré-clínicas demonstraram ótimos resultados dos implantes fabricados em zircônia quando submetidos à reprodução de esforços mastigatórios (KOHAL et al., 2011) e, também em pesquisas histológicas realizadas em animais, em comparação aos habituais implantes fabricados em titânio, os implantes cerâmicos de zircônia demonstram resultados biológicos satisfatórios, com pouco acúmulo de placa (KOHAL et al., 2011) e com ideais valores de contato entre implante e osso (GREDES et al., 2014). Demais estudos realizados em animais mostraram que os implantes cerâmicos de zircônia apresentam aposição óssea direta, constatando que células osteoblásticas têm uma ótima proliferação na superfície da zircônia (KOHAL et al., 2009).

As propriedades mecânicas e físicas dos implantes de zircônia dependem de sua composição, natureza dos cristais, proporção da fase monoclinica para fase tetragonal, porcentagem de estabilização de óxido de metal, macro e micro design do implante, características do abutment do implante e quantidade de carga oclusal (KOHAL et al., 2008).

A quantidade de carga oclusal e as características do implante/abutment em função influencia fortemente a resistência à fratura de implantes de zircônia. Vários estudos clínicos relataram que a resistência à flexão, tenacidade à fratura, resistência à fratura estática de 3Y-TZP deve ser 900–1200 MPa, 8–10 MPa m^{1/2} e 725–850 N, respectivamente (PABST et al., 2000).

3.2 SISTEMAS DE FABRICAÇÃO DOS IMPLANTES DE ZIRCÔNIA

Implantes constituídos de óxido de zircônia podem ser fabricados em dois modelos: de componente único e dois componentes (KOHAL et al., 2011). Os implantes fabricados em sistemas de componente único são aqueles que não tem necessidade de pilares protéticos (*abutment*).

A parte transmucosa dos implantes cerâmicos de componente único já vem incorporada ao corpo do implante. Já os implantes cerâmicos de sistemas de dois

componentes apresentam uma parte que é instalada durante uma primeira fase da cirurgia e uma segunda parte transmucosa que é fixada ao implante durante um segundo procedimento (HEYDENRIJK et al., 2002).

3.3 COMPONENTE ÚNICO

A instalação de implantes cerâmicos de peça única possibilita um procedimento cirúrgico sem incisão, com o mínimo de invasibilidade e ainda conta com a vantagem da preservação dos tecidos moles (ANDREIOTELLI, KOHAL; 2009). Além do mais, isso acaba extinguindo a possibilidade de que os componentes protéticos se soltem e possibilita a cimentação imediata de uma coroa provisória logo após a instalação do implante no tecido ósseo (ANDREIOTELLI, KOHAL; 2009).

Particularmente na região anterior tanto superior quanto inferior, os implantes de zircônia fabricados em peça única devem ser instalados perfeitamente na sua posição anatômica para assim reconstituir a aparência estética da reabilitação. A posição da margem da reabilitação protética implanto suportada por implantes de óxido de zircônia de componente único pode ser determinada por um preparo intraoral na região do componente desde implante (WENZ et al., 2008).

3.4 DOIS COMPONENTES

Implantes fabricados em óxido de zircônia de dois componentes são de maior efetividade em situações onde a estabilidade primária do implante não é atingida no momento de sua instalação. Isso permite que seja realizado o procedimento de regeneração óssea guiada (WENZ et al., 2008), estes implantes constituídos de dois componentes diminuem a propagação de cargas indesejadas no implante durante a fase de cicatrização do tecido ósseo (THOMA et al., 2016). Mais uma vantagem desse tipo de implante é a minimização do risco de infecção, visto que são realizadas duas fases no procedimento de reabilitação e o implante fica submerso durante a primeira fase, assim o tecido peri-implantar fica separado do ambiente oral, de suas bactérias e qualquer outro fator que possa levar a contaminação (CIONCA et al., 2015).

3.5 TESTES CLÍNICOS DOS IMPLANTES DE ZIRCÔNIA

Os primeiros relatos de casos e investigações clínicas sobre os implantes cerâmicos de zircônia começaram no início dos anos 2000. Kohal et.al (2004), demonstraram o primeiro relato de caso utilizando um de implante cerâmico de zircônia fabricado em dois componentes. Em uma primeira etapa cirúrgica um implante de zircônia foi instalado na cavidade bucal da paciente, posteriormente após um período de cicatrização óssea de 6 meses uma coroa unitária fabricada em cerâmica foi cimentada sobre esse implante. A reabilitação protética implanto suportada foi um sucesso, com isso foi comprovado que os implantes fabricados em óxido de zircônia podem proporcionar uma reabilitação altamente estética para os elementos dentais ausentes.

Outro estudo de Kohal et al. (2015), teve como objetivo de investigação avaliar a resistência à fratura de implantes orais de zircônia fabricados em único componente com e sem coroas incisivas fabricadas totalmente de cerâmica após ciclagem termomecânica de longa duração. Um total de 48 implantes foram avaliados. Os grupos com coroas (C, 24 amostras) e sem coroas (N, 24 amostras) foram subdivididos de acordo com o protocolo de carregamento, resultando em três grupos de 8 amostras cada: Grupo "0" não foi exposto ao carregamento cíclico, enquanto os grupos "5" e "10" foram carregados com 5 e 10 milhões de ciclos de mastigação, respectivamente. Isso resultou em 6 grupos diferentes: C0 / N0, C5 / N5 e C10 / N10. Posteriormente, todos os 48 implantes foram carregados estaticamente até a fratura e os momentos de flexão foram calculados. Todos os implantes sobreviveram ao envelhecimento artificial. Para o carregamento estático, foram calculados os seguintes momentos fletores médios: C0: 326 Ncm; C5: 339 Ncm; C10: 369 Ncm; N0: 339 Ncm; N5: 398 Ncm e N10: 355 Ncm. Até certo ponto, a ciclagem termomecânica resultou em um aumento da resistência à fratura que não se mostrou estatisticamente significativo. Em relação à resistência à fratura, o sistema de implante de cerâmica avaliado em Y-TZP parece ser capaz de resistir às forças fisiológicas da mastigação por longo prazo. A restauração com coroas únicas de cerâmica pura não apresentou influência negativa na resistência à fratura.

Hollander et al. (2016) executaram um estudo objetivando analisar implantes dentários feitos de zircônia quanto ao seu desempenho clínico em comparação com dentes naturais. Cento e seis implantes de zircônia em 38 adultos foram analisados em um estudo clínico após 1 ano de carregamento. O índice de placa (PI),

sangramento na sondagem (BOP), profundidade da bolsa de sondagem (PPD), nível de inserção de sondagem (PAL) e a recessão (REC) da gengiva foram detectados e comparados com dentes de controle natural (CT). Além disso, foram avaliados o índice de papila (PAP), os valores de Periotest (PTV), a colonização microbiana do implante / fluido do sulco dentário e a satisfação do paciente. A taxa de sobrevivência foi de 100%. Não foi observada significância estatística entre implantes e dentes em relação ao BOP, PPD e PAL. A significância estatística foi detectada em relação ao PI e REC com significativamente menos acúmulo de placa e recessão no grupo de estudo. A PAP média foi $1,76 \pm 0,55$, enquanto a PTV média foi $-1,31 \pm 2,24$ (variação de -5 a +6). Uma maior colonização não estatisticamente significativa de bactérias periodontite / peri-implantite foi observada no grupo de implante. O questionário mostrou que a maioria dos pacientes estava satisfeita com o tratamento geral. Os implantes dentários de zircônia em peça única exibiram resultados clínicos semelhantes em comparação com os dentes naturais. Em relação à adesão da placa e a recessão gengival, os implantes de zircônia tiveram um desempenho ainda melhor. Os resultados favoráveis para PAL e REC refletem a baixa afinidade comparável da zircônia para a adesão da placa. A satisfação do paciente indicou um alto nível de aceitação dos implantes de zircônia. No entanto, os autores afirmam que um acompanhamento de longo prazo é necessário para apoiar esses achados.

Em 2018 Kubasiewicz et al. (2018), realizaram um estudo que teve como objetivo estudar a resposta do tecido ósseo ao implantes orais de zircônia com superfícies modificadas em comparação com os implantes orais fabricados em titânio. O estudo foi realizado em um grupo de 12 mini porcos de 16 meses. Implante de zircônia com 3 superfícies diferentes foram utilizados: M1 - superfície jateada, M2 - superfície com ataque ácido e M3 – superfície jateada e com ataque ácido e em comparação implantes convencionais de titânio com uma superfície tratada com jato de areia e ataque ácido. As avaliações foram realizadas por meio de exames histológicos e tomográficos. Na avaliação tomográfica, o contato médio osso-implante dos implantes experimentais de zircônia foi de 41,44%. Em particular, o contato osso-implante para M1 foi de 39,72%, para M2 foi de 43,97% e para M3 - 40,63%. A análise intragrupo não mostrou diferenças estatisticamente importantes entre os valores de contato osso-implante para implantes em qualquer grupo. No entanto, a análise do contato osso-implante para diferentes regiões do mesmo implante mostrou diferenças

estatísticas com significância em todos os grupos entre os resultados na região da plataforma, das roscas e do ápice do implante. Os resultados desse estudo sugerem que os implantes dentais de zircônia com superfícies modificadas apresentam características de osteointegração semelhantes às dos implantes de titânio. Esses resultados são promissores no uso de implantes de zircônia para aplicações dentais no futuro.

Recentemente Wilson e Blum (2019), relataram um estudo clínico onde foram inseridos 83 implantes (38 maxilares e 45 mandibulares) em 28 pacientes com idade média de 63,5 anos no início do estudo. Uma taxa de sobrevivência de 100% foi relatada com 'sem complicações maiores' apesar de 'comprometimento biológico' ter sido observado em um paciente, resultando em aumento da reabsorção óssea e perda de recessão / inserção afetando ambos os implantes e dentes de controle. Os implantes de zircônia tiveram um acúmulo de placa inferior estatisticamente significativo ($P < 0,01$) em comparação com os dentes do grupo controle. A reabsorção óssea peri-implantar média (1,2 mm) associada aos implantes foi interpretada como moderada 'sem indicação para uma peri-implantite crescente'. A análise microbiana não revelou nenhuma diferença estatisticamente significativa no número total de bactérias dentro do sulco peri-implantar.

4 DISCUSSÃO

Até hoje pouquíssimos materiais têm sido indicados e apoiados para serem utilizados na fabricação de implantes dentais. Atualmente, o óxido de zircônia, material que demonstra uma ótima resistência mecânica (FREITAS et al., 2017; MÖLLER et al., 2012; CAGLAR et al., 2011) e uma coloração similar à cor dos elementos dentais naturais (FREITAS et al., 2017; ANDREIOTELLI E KOHAL, 2009), vem sendo empregado em muitas reabilitações em regiões anteriores (zonas estéticas) em implantodontia. Depois de ter sua eficácia comprovada por meio de relatos de casos que foram bem-sucedidos em ortopedia, o óxido de zircônia vem sendo estudado e testado para sua aplicação clínica na Odontologia (PICONI et al., 2003).

Os implantes de zircônia têm excelentes propriedades que são bem documentadas na literatura. Vários estudos clínicos relataram que a resistência à flexão, tenacidade à fratura, resistência à fratura estática da zircônia deve ser 900–1200 MPa, 8–10 MPa m¹ / 2 e 725–850 N, respectivamente (PABST et al., 2000). Em relação à resistência à fratura, o sistema de implante de cerâmica avaliado em Y-TZP parece ser capaz de resistir às forças fisiológicas da mastigação por longo prazo (KOHAL et al., 2015), sendo este teste um dos primeiros parâmetros utilizados para avaliar o desempenho de uma cerâmica dentária.

Atualmente, os implantes de zircônia são fabricados em sistemas de peça única e duas peças. Segundo Rodriguez et al. (2018), os desafios dos implantes de zircônia fabricados em duas peças são a vedação e remoção de resíduos de cimentos entre os implantes e os componentes protéticos. No entanto, alguns implantes são projetados com uma canaleta para permitir a remoção do cimento e para conseguir uma conexão forte. Estudos clínicos realizados por Hashim et al. (2016), comparando implantes de zircônia com sistemas de uma peça com a de duas peças, demonstraram uma taxa de sobrevivência total de 92%.

Os tratamentos realizados na superfície dos implantes de zircônia, tais como abrasão por jateamento e usinagem, comprovaram uma melhora na resistência à flexão dos implantes (QEBLAWI et al., 2010). No estudo de Kubasiewicz e autores (2018), foi constatado durante a avaliação tomográfica, o contato médio osso-implante de 41,44%. dos implantes de zircônia. Na avaliação tomográfica, o contato

médio osso-implante dos implantes experimentais de zircônia foi de 41,44%. Em particular, o contato osso-implante para os implantes de superfície jateada foi de 39,72%, para os de superfície abrasionada por ataque ácido foi de 43,97% e para os de superfície jateada e abrasionada com ataque ácido 40,63%.

Estudos mostraram que os implantes de zircônia têm uma osseointegração equivalente ou até mesmo superior que à dos implantes convencionais fabricados em titânio (GAHLERT et al., 2009; PAWEL et al., 2018). Os resultados desse estudo sugerem que os implantes dentais de zircônia com superfícies modificadas apresentam características de osseointegração similares às dos implantes de titânio (PAWEL et al., 2019). Além disso o óxido de zircônio (zircônia) apresenta excelente biocompatibilidade, promovendo uma menor reação tecidual do que os demais materiais, como o titânio (STADLINGER et al., 2010). A literatura avaliando a interface do tecido mole em torno dos implantes parece favorecer implantes de zircônia em vez de titânio, embora investigações adicionais sejam necessárias (CIONCA et al., 2017).

A densidade peri-implantar e volume ósseo também mostrou ser mais elevada para zircônia do que para o titânio (GALERT et al., 2009). Em 2011 Van Brakel et al. (2011) constataram que a profundidade média de sondagem para os implantes de zircônia é de 0-3 mm e que o sangramento à sondagem também é comparável ao observado com implantes de titânio. Além do mais os autores comprovaram haver espessura semelhante de cápsula fibrosa ao redor dos implantes de titânio e de zircônia, e uma orientação similar das fibras de colágeno.

Palmieri et al. (2008) demonstram que a Zircônia tem a capacidade de influenciar na regulação da tradução de osteoblastos o que acaba por sua vez impulsionando a formação óssea no local. Outros estudos realizados em animais mostraram que os implantes cerâmicos de zircônia apresentam aposição óssea direta, constatando que células osteoblásticas têm uma ótima proliferação na superfície da zircônia (KOHAL et al., 2009).

Outro fator que é de suma importância na escolha do material de fabricação dos implantes é a sua afinidade de adesão a placa bacteriana. A aparente menor afinidade ao acúmulo de placa pode favorecer a saúde dos tecidos moles ao redor dos implantes dentários de zircônia e diminuir o risco de inflamação ou infecção (RODRIGUEZ et al., 2018). Scarano et al. (2004) demonstraram que o óxido de zircônia teve uma afinidade menor para a colonização bacteriana em 10 pacientes,

comparando a área de superfície coberta por bactérias após 24 horas. Os resultados foram de (12,1%) e (19,3%) para óxido de zircônia e titânio, respectivamente. Nascimento et al. (2014), constataram em outro estudo analisando a formação de biofilme, uma maior contagem média bacteriana sobre as amostras de titânio do que as amostras de zircônia.

Em 2019, Wilson e Blum relataram em seu estudo que os implantes de zircônia tiveram um acúmulo de placa inferior estatisticamente significativo ($P < 0,01$) em comparação com os dentes naturais. A reabsorção óssea peri-implantar média (1,2 mm) associada aos implantes foi interpretada como moderada 'sem indicação para uma peri-implantite crescente'.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conforme os estudos revisados nesse trabalho, os resultados encontrados pelos pesquisadores a respeito dos implantes dentais fabricados em zircônia se mostram muito favoráveis para o futuro, embora as evidências atuais mostrem que os implantes de zircônia tenham ótimos resultados clínicos estudos à longo prazo ainda são necessários mais estudos para avaliar sua longevidade na cavidade bucal. Suas propriedades físicas, mecânicas, biológicas, sua alta estética e sua baixa afinidade a placa bacteriana indicam que os implantes de zircônia são uma interessante opção para os tradicionais implantes fabricados em titânio.

REFERÊNCIAS

ANDREIOTELLI, M.; KOHAL, R.J. Fracture strength of zirconia implants after artificial aging. **Clinical Implant Dentistry and Related Research**, v.11, n.2, p.158-166 – 2009.

ANDREIOTELLI, M.; WENZ, H.J.; KOHAL, R.J. Are ceramic implants a viable alternative to titanium implants? A systematic literature reviews. **Clinical Oral Implants Research**, v.20, n.4, p.32-47 – 2009.

BRESSAN, E.; FERRONI, L.; GARDIN, C.; BELLIN G. Metal nanoparticles released from dental implant surfaces: potential contribution to chronic inflammation and peri-implant bone loss. **Materials**, v.12, n.12, 2019.

CAGLAR, A.; BAL, B.T.; KARAKOCA, S.; AYDIN, C.; YILMAZ, H.; SARISOY, S. Threedimensional finite element analysis of titanium and yttriumstabilized zirconium dioxide abutments and implants. **The International Journal of Oral Maxillofacial Implants**, v.26, n.5, p.961-969 – 2011.

CHANG, C.; CHEN, C.; YEUNG, T.C.; HSU, M. Biomechanical Effect of a Zirconia Dental Implant–Crown System: A Three-Dimensional Finite Element Analysis. **The International Journal of Oral Maxillofacial Implants**, v.27, n.4, p.49-57 – 2012.

CIONCA, N.; HASHIM, D.; MOMBELLI, A. Zirconia dental implants: where are we now, and where are we heading? **Periodontology 2000**, v.73, n.1, p.241-258 – 2017.

CIONCA, N.; MÜLLER, N.; MOMBELLI, A. Two-piece zirconia implants supporting all -ceramic crowns: a prospective clinical study. **Clinical Oral Implants Research**, v.26, n.4, p.413-418 – 2015.

CORTELLINI, D.; VALENTI, M.; CANALE, A. The metal-free approach to restorative treatment planning. **The European Journal of Esthetic Dentistry**, v.1, n.3, p.230-247 – 2006.

FREITAS, P.H.; SILVEIRA, R.E.; FAQUIM, P.C.R.; MENDONÇA NETO, T.; LOPES, L.G.; BARNABÉ, W. Implantes de zircônia na odontologia: Revisão de Literatura. **Revista Odontológica do Brasil Central**, v.26, n.79, p.1-8 – 2017.

GAHLERT, M.; ROHLING, S.; WIELAND, M.; SPRECHER, C.M.; KNIHA, H.; MILZ, S. Osseointegration of zirconia and titanium dental implants: A histological & histomorphometrical study in the maxilla of pigs. **Clinical Oral Implants Research**, v.20, n.11, p.1247-1253 – 2009.

GREDES, T.; KUBASIEWICZ-ROSS, P.; GEDRANGE, T.; DOMINIAK, M.; KUNERT-KEIL, C. Comparison of surface modified zirconia implants with commercially available zirconium and titanium implants: a histological study in pigs. **Implant Dentistry**, v.23, n.4, p.502-507 – 2014.

HASHIM, D.; CIONCA, N.; COURVOISIER, D.S.; MOMBELLI, A. A systematic review of the clinical survival of zirconia implants. **Clinical Oral Investigations**, v.20, n.1, p.1403-1417 – 2016.

HEYDENRIJK, K.; RAGHOEBAR, G.M.; MEIJER, H.J.; VAN DER REIJDEN, W.A.; VAN WINKELHOFF, A.J.; STEGENGA, B. Two-part implants inserted in a onestage or a two-stage procedure: a prospective comparative study. **Journal of Clinical Periodontology**, v.29, n.10, p.901-909 – 2002.

HOLLANDER, J.J.; LORENZ, J.; STUBINGER, S.; HOLSCHER, W.; HEIDEMANN, D.; GHANAATI, S.; SADER, R. Zirconia dental implants investigation of clinical parameters, patient satisfaction, and microbial contamination. **The International Journal of Oral Maxillofacial Implants**, v.31, n.1, p.855-864 – 2016.

KIM, K.T.; EO, M.Y. General review of titanium toxicity. **International Journal of Implant Dentistry**, v.5, n.1, 2019.

KOHAL, R.J.; KILIAN, J.B.; STAMPF, S.; SPIES, B.C. All-Ceramic Single Crown Restauration of Zirconia Oral Implants and Its Influence on Fracture Resistance: An Investigation in the Artificial Mouth. **Materials**, v.8, n.4, p.1577-1589 -2015.

KOHAL, R.J.; WOLKEWITZ, M.; TSAKONA, A. The effects of cyclic loading and preparation on the fracture strength of zirconium-dioxide implants: an in vitro investigation. **Clinical Oral Implants Research**, v.22, n.8, p.808-814 2011.

KOHAL, R.J.; WOLKEWITZ, M.; HINZE, M.; HAN, J.S.; BÄCHLE, M.; BUTZ, F. Biomechanical and histological behavior of zirconia implants: na experiment in the rat. **Clinical Oral Implants Research**, v.20, n.4, p.333-339 – 2009.

KOHAL, R.J.; ATT, W.; BÄCHLE, M.; BUTZ F. Ceramic abutments and ceramic oral implants: an update. **Periodontology 2000**, v.47, n.1, 2000; 2008, p.224-243.

KOHAL, R.J.; WENG, D.; BÄCHLE, M.; STRUB, J.R. Loaded custom-made zircônia and titanium implants show similar osseointegration: an animal experiment. **Journal of Periodontology**, v.75, n.9, p.1262-1268 – 2004.

LEE, B.C.; YEO, I.S.; KIM, D.J.; LEE, J.B.; KIM, S.H.; HAN, J.S. Bone formation around zirconia implants combined with rhBMP-2 gel in the canine mandible. **Clinical Oral Implants Research**, v.24, n.12, p.1332-1338 – 2013.

MÖLLER, B.; TERHEYDEN, H.; ACIL, Y.; PURCZ, N.M.; HERTRAMPF, K.; TABAKOV, A.; BEHRENS, E.; WILTFANG, J. 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.

NASCIMENTO, C.D.; PITA, M.S.; FERNANDES, F.H.N.C.; PEDRAZZI, V.; DE ALBUQUERQUE JUNIOR, R.F.; RIBEIRO, R.F. Bacterial adhesion on the titanium and zirconia abutment surfaces. **Clinical Oral Implants Research**, v.25, n.1, p.337-343 – 2014.

PABST, W.; HAVRDA, E.; GREGOROVÁ, E.; KRCMOVÁ, B. Alumina toughened zirconia made by room temperature extrusion of ceramic pastes. **Journal of the American Ceramic Society**, v.44, n.1, p.41-47 – 2000.

PALMIERI, A.; PEZZETTI, F.; BRUNELLI, G.; LO MUZIO, L.; SCARANO, A.; SCAPOLI, L.; MARTINELLI, M.; ARLOTTI, M.; GUERZONI, L.; RUBINI, C.; CARINCI, F. Shortperiod effects of zirconia and titanium on osteoblast microRNAs. **Clinical Implant Dentistry and Related Research**, v.10, n.3, p.200-205 2008.

PAWEŁ, K.R.D.; HADZIKC, D.J.; DOMINIAKD, F.M. Osseointegration of zirconia implants with 3 varying surface textures and a titanium implant: A histological and micro-CT study, **Advances in Clinical and Experimental Medicine**, v.27, n.9, p.1173-1179 – 2018.

QEBLAWI, D.M.; MUÑOZ, C.A.; BREWER, J.D.; MONACO, E.A. The effect of zirconia surface treatment on flexural strength and shear bond strength to a resin cement. **Journal of Prosthetic Dentistry**, v.103, n.4, p.210-220 – 2010.

RODRIGUEZ, A.E.; MONZAVI, M.; YOKOYAMA, C.L.; NOWZARI, H. Zirconia dental implants: a clinical and radiographic evaluation. **Journal of Esthetic and Restorative Dentistry**, v.30, n.6, p.538-544 – 2018.

SANON, C.; CHEVALIER, J.; DOUILLARD, T.; KOHAL, R.J.; COELHO, P.G.; HJERPPE, J.; SILVA, N.R. Low temperature degradation and reliability of one-piece ceramic oral implants with a porous surface. **Dental Materials**, v.29, n.4, p.389-397 – 2013.

SCARANO, A.; PIATTELLI, M.; CAPUTI, S.; FAVERO, G.A.; PIATTELLI, A. Bacterial adhesion on commercially pure titanium and zirconium oxide disks: na in vivo human study. **Journal of Periodontology**, v.75, n.1, p.292-296 – 2004.

SIDDIQI, A.; KHAN, A.S.; ZAFAR, S. 30 years of translational research in zirconia dental implants: a systematic review of the literature. **Journal of Oral Implantology**, v.43, n.4, 2017.

STADLINGER, B.; HENNIG, M.; ECKELT, U.; KUHLISCH, E.; MAI, R. Comparison of zirconia and titanium implants after a short healing period: a pilot study in minipigs. **International Journal of Oral and Maxillofacial Surgery**, v.39, n.6, p.585-592 – 2010.

THOMA, D.S.; BENIC, G.I.; MUÑOZ, F.; KOHAL, R.; SANZ MARTIN, I.; CANTALAPIEDRA, A.G.; HÄMMERLE, C.H.; JUNG, R.E. Marginal bone-level

alterations of loaded zirconia and titanium dental implants: an experimental study in the dog mandible. **Clinical Oral Implants Research**, v.27, n.4, p.412-420 – 2016.

VAN BRAKEL, R.; CUNE, M.S.; VAN WINKELHOFF, A.J.; DE PUTTER, C.; VERHOEVEN, J.W.; VAN DER REIJDEN, W. Early bacterial colonization and soft tissue health around zirconia and titanium abutments: an *In vivo* study in man. **Clinical Oral Implants Research**, v.22, n.6, p.571-577 – 2011.

WENZ, H.J.; BARTSCH, J.; WOLFART, S.; KERN, M. Osseointegration and clinical success of zirconia dental implants: a systematic review. **The International Journal of Prosthodontics**, v.21, n.1, p.27-36 – 2008.

WILSON, H.F.N.; BLUM, I.R.N.D. Performance of zirconia implants. **Evidence-Based Dentistry**, v.20, n.1, p.92-93 – 2019.