

FACULDADE DE TECNOLOGIA DE SETE LAGOAS (FACSETE)

PATRÍCIA PAES

IMPLANTES DE ZIRCÔNIA: UMA REVISÃO DE LITERATURA

JOINVILLE – SC

2016

PATRÍCIA PAES

IMPLANTES DE ZIRCÔNIA: UMA REVISÃO DE LITERATURA

Monografia apresentada ao curso de Especialização *Lato Sensu* da Faculdade de Tecnologia de Sete Lagoas, como requisito parcial para conclusão do Curso de Implantodontia.

Área de concentração: Implantodontia

Orientadora: Prof. Ms. Carolina Martin Denardi

Coorientador: Prof. Ricardo Junior Denardi

JOINVILLE

2016

Paes, Patrícia.

Implantes de zircônia: uma revisão de literatura / Patrícia Paes. – 2016.

20 f.

Orientadora: Carolina Martin Denardi.

Coorientador: Ricardo Junior Denardi.

Monografia (especialização) – Faculdade de Tecnologia de Sete Lagoas, 2016.

1. Implantes dentários de zircônia. 2. Sucesso dos implantes na odontologia.

I. Título.

II. Carolina Martin Denardi.

FACULDADE DE TECNOLOGIA DE SETE LAGOAS (FACSETE)

Monografia intitulada "Implantes de zircônia: uma revisão de literatura" de autoria da aluna Patrícia Paes, aprovada pela banca examinadora constituída pelos seguintes professores:

Carolina Martin Denardi- Instituto Catarinense de Odontologia e Saúde –
Orientadora

Flávio Monteiro Amado – Instituto Catarinense de Odontologia e Saúde

Joinville, 29 de setembro de 2016.

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho à minha família, onde tive suporte e apoio necessário a buscar sempre o bem pessoalmente e profissionalmente. Feliz daquele que pode contar com o amor de sua família. Amo todos incondicionalmente.

Especialmente à minha mãe e ao meu irmão, por todo o cuidado que tem comigo até hoje, por estarem sempre ao meu lado torcendo por minhas escolhas, e a ele, meu companheiro de vida, por ter escutado com paciência e carinho todas as pedras no caminho que surgiram ao longo dessa caminhada, por me incentivar a aprimorar meus conhecimentos e comemorar comigo por cada sonho realizado. Espero ser motivo de orgulho para vocês.

AGRADECIMENTOS

À minha orientadora, Carolina Martin Denardi e ao meu coorientador, Ricardo Junior Denardi, por toda ajuda na elaboração deste trabalho, por todo ensinamento passado, sem dúvidas da melhor forma possível.

Ao coordenador do curso, Flávio Monteiro Amado, agradeço imensamente pela oportunidade de aperfeiçoar minha carreira profissional. Por se mostrar um grande amigo ao longo desta jornada.

À todo o quadro de professores que passaram ao longo do curso, por compartilharem seus conhecimentos, contribuindo para meu crescimento profissional.

À todos os meus colegas de turma, por todo o conhecimento compartilhado, de maneira leve e engraçada. Por todo o companheirismo, sem vocês esse curso não seria tão bom.

À ICOS e seus funcionários, pelo acolhimento e atenção que tiveram comigo e minha turma de implantodontia. Por terem proporcionado os recursos possíveis para realização desse sonho.

RESUMO

Este trabalho apresenta uma alternativa ao implante de titânio, o implante de zircônia, um material altamente biocompatível e estético. Atualmente há uma demanda cada vez maior dos pacientes em busca dos implantes dentários e da estética. Assim sendo, as pesquisas avançam com a finalidade de encontrar um material que seja tanto estético, quanto funcional. Dentro deste cenário, os implantes dentários de zircônia surgiram para competir diretamente com os implantes mais comercializados ao longo dos últimos 40 anos, os implantes de titânio. Derivando de um estado mineral, a fabricação dos implantes dentários de zircônia surge a partir da adição de diferentes tipos de óxidos com a zircônia, evitando sua fratura. Existem aspectos muito favoráveis ao uso da zircônia como biomaterial em implantodontia. Suas características de biocompatibilidade, estéticas, baixo acúmulo de placa, de osseointegração e propriedades mecânicas mostraram-se como um dos pilares para a zircônia ser uma possível substituidora do titânio futuramente. Entretanto, faltam estudos a longo prazo que comprovem sua eficácia.

Palavras-chave: implantes dentários, osseointegração, teste de materiais, propriedades de superfície.

ABSTRACT

This paper presents an alternative to the titanium implant, the zirconia implant, a highly biocompatible and aesthetic. Currently there is a growing demand from patients seeking dental implants and aesthetic. Therefore, research advances for the purpose of finding a material which is both aesthetic, and functionally. Within this scenario, dental implants zirconia emerged to compete directly with the implants more commercialized over the last 40 years, titanium implants. Deriving a mineral state, the manufacture of dental implants zirconia arises from the addition of different types of oxides with zirconia, avoiding their fracture. There are very favorable aspects to the use of zirconia as a biomaterial in implantology. Its biocompatibility, aesthetics, low accumulation plate, osseointegration and mechanical properties are shown as one of the pillars of zirconia can be a titanium substituidora future. However, they lack long-term studies to prove its effectiveness.

Keywords: dental implants, osseointegration, materials testing, surface properties.

Sumário

1. INTRODUÇÃO	9
2. REVISÃO DE LITERATURA	10
2.1. Rugosidade de superfície.....	12
2.2. Energia livre de superfície.....	12
2.3. Resposta dos tecidos ao redor dos implantes dentários de zircônia	13
2.4. Forças oclusais	13
2.5. Colonização bacteriana	14
3. DISCUSSÃO	14
4. CONCLUSÃO	16
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	17

1. INTRODUÇÃO

A demanda dos implantes dentários de zircônia está aumentando ao longo dos últimos anos, visto que tais implantes estão ganhando maior popularidade na tentativa de substituir dentes ausentes ¹⁻². O sucesso das reabilitações com implantes dentários depende de fatores biológicos, biomecânicos e requer habilidade em diferentes técnicas cirúrgicas ³⁻⁴.

A escolha do material utilizado na produção de um implante decorre de muitos anos de desenvolvimento e estudo. Espera-se de um material ideal: biocompatibilidade, excelente resistência à corrosão, força aceitável, elevada resistência ao desgaste e um módulo de elasticidade semelhante ao do osso para minimizar a reabsorção do osso ao redor do implante ¹.

Os primeiros relatos de implantes dentários mostram que estes eram feitos de pedra e marfim (China e Egito a.C.). Depois foram evoluindo com o uso de ouro, chumbo, tântalo, aço inoxidável e ligas de cobalto até os anos de 1925, em que foi marcado por um maior avanço nos biomateriais em implantes ¹.

A Cerâmica pura nos implantes dentários foi introduzida no mercado como uma alternativa aos implantes de titânio. A alumina foi um dos primeiros materiais cerâmicos utilizados, porém foi abandonada devido a sua dureza, baixa resistência à fratura e poucos resultados a longo prazo ⁴.

O titânio é o material mais popular no mercado da implantodontia devido às suas adequadas propriedades e sucesso nos tratamentos. Entretanto, nos últimos anos, a zircônia tem se destacado como um material que possa substituir o titânio, visto como padrão-ouro dos implantes dentários ⁵⁻⁶.

A zircônia é um dos materiais mais biocompatíveis, amplamente utilizada em aplicações médicas, especialmente em cirurgias ortopédicas. Com suas propriedades químicas e mecânicas favoráveis para muito tipos de próteses ⁷⁻⁸. Recentemente, o maior interesse tem se dirigido para a estética das reabilitações

protéticas, onde a cor da zircônia mostra-se favorável como material em implantes e próteses dentárias ^{4,7,8}.

Esta revisão de literatura tem como objetivo avaliar e discutir as propriedades da zircônia, o que a torna um biomaterial adequado para ser utilizado em implantes dentários, analisar as pesquisas realizadas ao longo desses últimos 5 anos e avaliar sua eficácia.

2. REVISÃO DE LITERATURA

O zircônio é um elemento químico de símbolo Zr e nº atômico 40 ⁷. Encontra-se em três fases: a temperatura ambiente e a pressão atmosférica, a fase termodinâmica da zircônia pura é a fase monoclinica; que muda para fase intermediária tetragonal a elevadas temperaturas; a fase tetragonal metaestável transforma facilmente para a fase monoclinica que constitui a base para o mecanismo de endurecimento do material cerâmico ⁹. A zircônia é usada principalmente no estado estável. Sob certas condições de fabricação ou condições ambientais severas de umidade e stress, a zircônia resultante pode transformar mais agressivamente para a fase monoclinica com resultados catastróficos, o que é indesejável para o uso em implantes. A zircônia pura pode se quebrar em pedaços à temperatura ambiente. Para evitar esse fenômeno, vários óxidos diferentes são adicionados a zircônia para estabilizar a fase tetragonal ⁷.

O nome do metal zircônio vem do árabe “zargun” (na cor dourada), que deriva de duas palavras persas “zar” (ouro) e “gun” (cor). Ele não é encontrado na natureza como um metal nativo, mas é obtido principalmente através do mineral zircão. O zircão é encontrado em depósitos aluviais como leitos de rios, praias oceânicas ou antigos lagos. Dentro do estado puro de zircônio, existem 2 formas: a cristalina (macia e branca) e a amorfa (um pó preto azulado) ⁷.

Atualmente, existem apenas 5 empresas que comercializam implantes dentários de zircônia (Straumann, Maxon, Nobel Biocare, Dentsply e Z-Systems). Apenas 2 revelam detalhes sobre a composição química de seus implantes ⁷.

O interesse em usar a zircônia como um biomaterial para fabricação de implantes dentários cerâmicos é devido a sua boa estabilidade química, dimensional, mecânica, tenacidade e biocompatibilidade ^{7,10}. A zircônia e seus componentes protéticos podem alcançar taxas de sobrevivência semelhante a implantes de titânio ¹¹.

A principal vantagem da cerâmica citada nos estudos pesquisados é a cor semelhante ao dente, melhorando a estética comparada a implantes dentários à base de titânio ². Isto é especialmente crítico em zona estética e especialmente com alta linha de sorriso, pois permite a transmissão de luz na interface crítica entre o tecido gengival marginal e componentes protéticos ⁹.

A zircônia é radiopaca e claramente visível em radiografias. Além disso, com o desenvolvimento de sistema CAD-CAM (*computer-aided design* - CAD / *computer-aided manufacturing* - CAM) odontológico, a cerâmica de alta resistência torna-se a primeira escolha no tratamento de casos de implantes estéticos ⁹.

As cerâmicas de zircônia têm sido propostas como alternativa de material de implante. Estudos em cultura de células têm mostrado reação biológica favorável a zircônia, com nenhuma resposta adversa de osteoblastos. A substituição de dentes individuais na região posterior é possível com este novo sistema de implante todo de cerâmica. As falhas foram devido ao afrouxamento asséptico, ou seja, uma resposta imune desenvolvida pelo organismo devido a instalação do implante dentário ¹².

Autores ainda afirmam que o uso da zircônia minimiza reações alérgicas e problemas estéticos ¹³.

Estudos demonstram que a osseointegração da zircônia é inferior e mostra melhora após modificação de superfície. A zircônia é altamente resistente, mas, menor que o titânio ⁵. Em outras pesquisas foi relatada que a osseointegração da zircônia é comparável ao titânio ^{2,14}. Tais dados demonstram que faltam estudos com resultados satisfatórios a longo prazo.

A reabsorção do osso ao redor do implante está relacionada com a presença de microgap entre implante e pilar. Este espaço entre implante e pilar pode ser colonizado por bactérias, influenciando diretamente na remodelação óssea ao redor do implante. Os tecidos moles periimplantares desenvolvem uma resposta inflamatória que promove a formação e ativação de osteoclastos que resultam em perda óssea alveolar. Por esta razão foi proposto por alguns autores que a perda óssea marginal é maior em implantes múltiplos que unitários devido ao maior microgap ^{4,11}.

Para ambos os materiais, titânio ou zircônia, ainda é recomendado aguardar de 3 a 6 meses para a instalação da prótese definitiva ².

2.1. Rugosidade de superfície

A alta dureza dos implantes de zircônia torna o processo de rugosidade de superfície muito difícil. Assim, recentemente, o laser tem sido usado para gravar um padrão sobre a superfície de zircônia ⁵.

Estudo abordou sobre as cerâmicas revestidas com matrizes de solda de vidro. Os valores de rugosidade de superfície mostraram-se mais elevados do que os de referência e cerâmicas jateadas. Neste estudo, os autores concluíram que o material cerâmico com revestimento de matriz de solda de vidro demonstrou ser adequado para substituir o titânio ¹⁵.

Entretanto, outro estudo revelou que revestimentos feitos de vidro bioativos poderiam reduzir o tempo de cicatrização e abrandar a perda óssea marginal após a implantação. Porém, o vidro não é adequado para um processo de revestimento térmico em zircônia devido à sua elevada tendência de cristalização e do seu elevado coeficiente de expansão térmica ².

2.2. Energia livre de superfície

Com relação à energia livre de superfície de pilares de zircônia e titânio, pilares de zircônia apresentaram menor energia livre de superfície do que os de titânio ¹⁶.

A zircônia tem sido descrita por ter um baixo potencial de adesão bacteriana. Alguns estudos sugerem que a energia livre de superfície é um dos fatores mais importantes na formação do biofilme nas superfícies de zircônia ¹⁷.

2.3. Resposta dos tecidos ao redor dos implantes dentários de zircônia

Nos estudos analisados não foi encontrada diferença significativa na resposta dos tecidos moles ao redor dos pilares de zircônia e titânio. Entretanto, foi observada uma melhor cicatrização do tecido mole ao redor de implantes dentários de titânio do que os de zircônia ⁵.

A orientação das fibras de colágeno em torno dos implantes de zircônia é semelhante aos de titânio, paralelo à superfície do implante ⁵.

Não houve diferença significativa entre pilares de titânio e zircônia ao avaliar a profundidade de sondagem. Os pilares de zircônia foram associados com mais complicações biológicas, como supuração, tumefação, fístula e perda de implante ¹⁸. Em outro estudo, foi relatado que a fixação inicial e colonização de bactérias periodontopatogênicas em superfícies de zircônia é semelhante às superfícies de titânio ¹³.

2.4. Forças oclusais

Alguns estudos indicam que os implantes de zircônia podem suportar cargas oclusais durante um longo período de tempo. A força flexural e a tenacidade à fratura da zircônia é tão elevada como a de alumina, uma qualidade que torna a zircônia muito resistente a forças mastigatórias ^{5,10}.

O desenho do implante também é um importante aspecto a ser considerado na distribuição do stress e concentração de tensões, que pode ser minimizada através do seu design ¹⁰.

As forças de impacto em implantes (prótese dental fixa) são mais elevadas que as suportadas por dentes. Próteses em implantes de zircônia são capazes de resistir a forças oclusais, até mesmo em parafunção ¹⁹.

A concentração de máximo stress foi avaliada em áreas ao redor da área gengival (região cervical e de pilares). Região oclusal apresentou-se com grau menor ³.

2.5. Colonização bacteriana

A colonização bacteriana é normalmente encontrada ao redor de um dente natural, devido ao ambiente úmido e temperatura constante no interior da cavidade oral. Uma vez que a microflora ao redor de implantes é semelhante à dos dentes naturais, agentes patogênicos microbianos (*Actinobacillus actinomycetemcomitans*, *Porphyromonas gingivalis*, *Prevotella intermedia*) associados com a periodontite podem contribuir para o implante falhar ⁵.

Vários experimentos e estudos clínicos têm mostrado uma correlação entre acúmulo de placa e perda óssea periimplantar ¹⁶.

3. DISCUSSÃO

Para selecionar um biomaterial para ser utilizado na fabricação de implantes dentários, espera-se que ele tenha propriedades físicas que assegurem resistência suficiente, facilidade na sua fabricação e que possa ser submetido a esterilização

sem danificar, seja seguro quanto a biocompatibilidade, tenha estudos clínicos que comprovem sua eficácia ¹.

O titânio é o material de implante dentário mais popular, apresentando como propriedades favoráveis: baixa densidade, elevada resistência à flexão e corrosão ¹. Entretanto, apresenta algumas desvantagens tais como: em alguns pacientes pode induzir reação alérgica, inestético (devido a cor acinzentada, especialmente na região anterior onde o tecido gengival é consideravelmente fino), reação galvânica (ocorre depois que o titânio entra em contato com a saliva e fluoreto), resposta inflamatória e reabsorção do osso devido as partículas de titânio ^{1,5}. Além disso, outros autores citam que o titânio também pode apresentar como aspecto desfavorável a seu uso: condutividade elétrica, propriedade corrosiva, acúmulo de íons metálicos ²⁰.

A zircônia apresenta como vantagens: alta biocompatibilidade, estética (implante na cor do dente), capaz de suportar forças presentes na cavidade oral (pode resistir a baixa tração e ao cisalhamento induzido por cargas oclusais), osteocondutora (o osteoblasto se movimentará sobre o material e depositará novo osso sobre sua superfície), tolera elevados níveis de tensão de compressão. O acúmulo de placa é menor na zircônia do que na superfície do titânio, potencial de osseointegração, radiopaca (semelhante ao de titânio, podendo facilmente ser visualizada na radiografia). Ainda apresenta alta resistência a fratura, alta força flexural, reduzida resposta inflamatória em comparação com os implantes de titânio e níveis comparáveis de osseointegração e estabilidade mecânica ^{1,5,14}.

O processo na fabricação de implantes de zircônia é muito rigoroso, porém varia para cada empresa de implante. Basicamente, as fases na fabricação dos implantes de zircônia são: formulação de matéria-prima, prensagem, sinterização, prensagem isostática a quente, oxidante, moagem e controle de qualidade ¹³.

Os autores sugerem cautela quanto ao uso dos implantes dentários de zircônia, devido à falta de estudos de sucesso a longo prazo, entretanto defendem seu uso clínico em virtude de sua boa osseointegração, estética e biocompatibilidade ⁹. Mais estudos precisam ser conduzidos para compreender

aspectos biológicos, funcionais e estéticos dos implantes de zircônia antes que possam ser recomendados para a prática diária ¹⁶.

4. CONCLUSÃO

A proposta deste estudo foi analisar o uso e eficácia dos implantes dentários de zircônia ao longo dos últimos anos. Foi observado, pelos trabalhos analisados, a ótima biocompatibilidade da zircônia, apresentar propriedades osteoconduras, apresentar menor acúmulo bacteriano ao redor dos implantes e não ter efeito adverso sobre os tecidos circundantes.

As características desses implantes cerâmicos podem ser consideradas confiáveis porém, os estudos existentes ainda são muito limitados em suas avaliações. Necessita-se de mais estudos e sobretudo maior tempo de avaliação do sucesso desses implantes e aplicação destes como possíveis substitutos futuros dos implantes dentários de titânio.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ANANTH, H.; KUNDAPUR, V.; MOHAMMED, H. S.; ANAND, M.; AMARNATH, G. S.; MANKAR, S. A Review on Biomaterials in Dental Implantology. *Int J Biomed Sci*, v. 11, n. 3, p. 113-120, set. 2015.
2. KIRSTEN, A; HAUSMANN, A; WEBER, M; FISCHER, J; FISCHER, H. Bioactive and Thermally Compatible Glass Coating on Zirconia Dental Implants. *Journal of Dental Research*, v. 94, n. 2, p. 297-303, fev. 2015.
3. SANNINO, G; POZZI, A; SCHIAVETTI, R; BARLATTANI, A. Stress distribution on a three-unit implant-supported zirconia framework. A 3D finite element analysis and fatigue test. *Oral & implantology*, v. 5, n. 1, p. 11-20, jan. 2012.
4. BORGONOVO, A. E.; CENSI, R; VAVASSORI, V; DOLCI, M; CALVO-GUIRADO J. L.; RUIZ, R. A. D. et al. Evaluation of the Success Criteria for Zirconia Dental Implants: A Four-Year Clinical and Radiological Study. *International Journal of Dentistry*, p. 1-7, ago. 2013.
5. APRATIM, A; EACHEMPATI, P; SALIAN, KKK; SINGH, V; CHHABRA, S; SHAH, S.
Zirconia in dental implantology: a review. *J Int Soc Prev Community Dent*, v. 5, n. 3, p. 147-156, mai-jun 2015.
6. IGARASHI, K; NAKAHARA, K; HAGA-TSUJIMURA, M; KOBAYASHI, E; WATANABE, F. Hard and soft tissue responses to three different implant materials in a dog model. *Dental Materials Journal*, v. 34, n. 5, p. 692-701, 2015.
7. ASSAL, P. The Osseointegration of Zirconia Dental Implants. *Schweiz Monatsschr Zahnmed*, v. 123, n. 7-8, p. 644-654, 2013.

8. DJAKER, N; WULFMAN, C; SADOUN, M; CHAPELLE, ML. Zirconia dental implants degradation by confocal Raman microspectroscopy: analytical simulation and experiments. *Biomed Opt Express*, v. 4, n. 5, p. 725-731, abr. 2013.
9. PRITHVIRAJ, D. R.; DEEKSHA, S; REGISH, K. M; ANOOP, N. A systematic review of zirconia as an implant material. *Indian Journal of Dental Research*, v. 23, n. 5, p. 643-649, set-out 2012.
10. CRUVINELA, D. R.; SILVEIRA, R. E.; GALO, R.; ALANDIA-ROMÁN, C. C.; PIRES-DE-SOUZA, F. C. P; PANZERI H. Analysis of Stress and Fracture Strength of Zirconia Implants after Cyclic Loading. *Materials Research*, v. 18, n. 5, p. 1082-1088, set-out 2015.
11. BORGONOVO, A. E.; CENSI, R.; VAVASSORI, V.; ARNABOLDI, O.; MAIORANA, C.; RE, D. Zirconia Implants in Esthetic Areas: 4-Year Follow-Up Evaluation Study. *International Journal of Dentistry*, p. 1-8, jun. 2015.
12. CIONCA, N.; MÜLLER, N.; MONBELLI, A. Two-piece zirconia implants supporting all-ceramic crowns: A prospective clinical study. *Clin Oral Implants Res*, v. 26, n. 4, p. 413-418, abr. 2015.
13. EGAWA, M.; MIURA, T.; KATO, T.; SAITO, A.; YOSHINARI, M. In vitro adherence of periodontopathic bacteria to zirconia and titanium surfaces. *Dental Materials Journal*, v. 32, n. 1, p. 101-106, 2013.
14. DUTTENHOEFER, F.; MERTENS, M. E.; VIZKELETY, J.; GREMSE, F.; STADELMANN, V. A.; SAUERBIER, S. Magnetic resonance imaging in zirconia-based dental implantology. *Clin. Oral Impl. Res.*, v. 26, n. 10, p. 1195-1202, out. 2015.
15. MARKHOFF, J.; MICK, E.; MITROVIC, A.; PASOLD, J.; WEGNER, K.; BADER, R. Surface Modifications of Dental Ceramic Implants with Different Glass Solder

Matrices: In Vitro Analyses with Human Primary Osteoblasts and Epithelial Cells. BioMed Research International, p 1-7, set. 2014.

16. OLIVEIRA, G. R.; POZZER, L.; CAVALIERI-PEREIRA, L.; MORAES, P. H.; OLATE, S.; BARBOSA, J. R. A. Bacterial adhesion and colonization differences between zirconia and titanium implant abutments: an in vivo human study. J Periodontal Implant Sci, v. 42, n. 6, p. 217-223, dez. 2012.

17. NASCIMENTO, C.; PITA, M. S.; SANTOS, E. S.; MONESI, N.; PEDRAZZI, V.; JUNIOR, R. F. A, et al. Microbiome of titanium and zirconia dental implants abutments. Dental Materials, v. 32, n. 1, p. 93-101, jan. 2016.

18. SICILIA, A.; QUIRYNEN, M.; FONTOLLIET, A.; FRANCISCO, H.; FRIEDMAN, A.; LINKEVICIUS, T. et al. 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 Clin. Oral Impl. Res, v. 26, n. 11, p. 148-152, set.2015.

19. RISMANCHIAN, M.; SHAFIEI, S.; NOURBAKHSHIAN, F.; DAVOUDI, A. Flexural strengths of implant-supported zirconia based bridges in posterior regions. J Adv Prosthodont, v. 6, n. 5, p. 346-350, out. 2014.

20. KIM, H. K.; WOO, K. M.; SHON, W. J.; AHN, J. S.; CHA, S.; PARK, Y. S. Comparison of peri-implant bone formation around injection-molded and machined surface zirconia implants in rabbit tibiae. Dental Materials Journal, v. 34, n. 4, p. 508-515, 2015.