



Implantes cerâmicos – evidências científicas para o seu uso

Ceramic implants – scientific evidence for its use

Celso João Hochscheidt¹
Roberto Shimizu²
Augusto Ricardo Andrighetto³
Paulo Leme⁴
Carlos Veloso Salgado⁵
Karl Ulrich Volz⁶

Resumo

A cerâmica de zircônia (ZrO) vem sendo objeto de muitas pesquisas biomédicas pela excelente biocompatibilidade e estabilidade química. Nos últimos anos tem sido utilizada como uma opção aos implantes dentários metálicos, principalmente pelas qualidades estéticas e periosteogênese. O propósito desta revisão bibliográfica é destacar as características das cerâmicas Y-TZP (zircônia tetragonal policristalina estabilizada com ítria) e ATZ (zircônia tenacificada por alumina), citando algumas limitações do uso como materiais alternativos na Implantodontia, baseadas em evidências científicas. Muitas pesquisas *in vitro* e *in vivo* demonstraram que as cerâmicas Y-TZP apresentam vantagens estéticas e biológicas sobre outros biomateriais. Os valores de resistência à fratura são clinicamente aceitáveis, sendo mais elevados nos compósitos ATZ. Alguns testes de carga cíclica com implantes dentários ATZ mostraram resistência igual ou superior aos de titânio (Ti). Novos tratamentos de superfície na cerâmica estão abreviando o tempo de cura, possibilitando carga imediata. Os experimentos com animais confirmaram o bom potencial de osseointegração das cerâmicas, com quantidade de BIC equiparável ao Ti e com menor acúmulo de biofilme. Estudos de até 5 anos com implantes dentários Y-TZP de peça única em humanos apresentaram índices de sucesso de 84,4 a 100%, enquanto que a taxa de sobrevida em 7 anos com ATZ foi de 99%. Apesar dos bons resultados com implantes dentários Y-TZP e ATZ, os autores sugerem cautela nas indicações e mais estudos prospectivos de longo prazo.

Descritores: Materiais biocompatíveis, osseointegração, cerâmica, implantação dentária endo-óssea, implantes dentários.

¹ Mestrando em Odontologia – ILAPEO, Esp. Prótese Dentária, Ortodontia e Implantodontia.

² Dr. em Ortodontia – UNESP/Araraquara, Prof. Mestrado em Odontologia – ILAPEO.

³ Ph.D, Dr. – USP, Prof. – ILAPEO.

⁴ Esp. em Prótese Dentária – OSEC–UNISA/SP.

⁵ Esp. em CTBMF e Implantodontia.

⁶ Esp. em Implantodontia, Fundador da Swiss Dental Solutions – SDS.

E-mail do autor: topodontologia@hotmail.com

Recebido para publicação: 31/08/2013

Aprovado para publicação: 22/07/2014

Como citar este artigo:

Hochscheidt CJ, Shimizu R, Andrighetto AR, Leme P, Salgado CV, Volz KU. Implantes cerâmicos – evidências científicas para o seu uso. Full Dent. Sci. 2014; 5(20):535-545.

Abstract

Ceramic zirconia (ZrO₂) has been the subject of many biomedical researches due to its excellent biocompatibility and chemical stability. In recent years it has been used as an alternative to metallic dental implants, and mainly for its aesthetic periosteal integration qualities. The purpose of this literature review was to evaluate some of the characteristics of ceramic Y-TZP (tetragonal zirconia polycrystalline yttria stabilized) and ATZ (zirconia toughened alumina), pointing its limitations of use as alternative materials in Implantology. Many *in vitro* and *in vivo* studies have demonstrated that the ceramics Y-TZP exhibit aesthetic and biological advantages over other biomaterials. The values of fracture toughness are clinically acceptable, being higher in ATZ composites. Some cyclic loading tests with ATZ dental implants showed resistance equal or superior to titanium (Ti). New surface treatments for ceramics have shortened the cure time, allowing immediate loading. Animal experiments have confirmed the good potential for osseointegration of ceramic, with the amount of BIC comparable to Ti and less accumulation of biofilm. Studies up to 5 years with dental implants Y-TZP one-piece in humans have success rates between 84.4 and 100%, whereas the survival rate in 7 years with ATZ implants was 99%. Despite the good results with the ceramic Y-TZP and ATZ, the authors suggest caution in their indications and further long-term prospective studies are required.

Descriptors: Biocompatible materials, osseointegration, ceramics, endosseous implant, dental implant.

Introdução

Desde a descoberta da osseointegração, o material de escolha para os implantes dentários tem sido o titânio comercialmente puro (TiCp) em virtude da sua biocompatibilidade e propriedades mecânicas^{2,12}. Contudo, as exigências estéticas dos profissionais e pacientes têm aumentado consideravelmente nos últimos anos, especialmente para a substituição dos dentes anteriores e suas estruturas de suporte^{13,15,26,28}.

Nas reabilitações estéticas, a cor acinzentada do implante de Ti pode ser um problema³¹. Mesmo depois da bem-sucedida osseointegração, nos casos de fenótipos gengivais finos, a recessão dos tecidos periimplantares, pela reabsorção óssea concomitante, pode comprometer todo o trabalho^{24,36}. Isto é especialmente crítico na região anterior, com a linha de sorriso elevada, onde os tons escuros da interface marginal refletem-se pela translucidez na mucosa periimplantar^{13,24,31,36,56}.

Associados aos problemas locais, a possibilidade de reações alérgicas a metais ou desenvolvimento de sensibilidade aparente ao TiCp e suas ligas, levaram os pesquisadores a explorar outros materiais alternativos para a fabricação de implantes dentários^{4,19,60,61}. Evidências de reações alérgicas ao titânio e a outros metais usados na Odontologia têm sido publicadas, proporcionando muitas discussões no meio acadêmico^{14,23,33,50,51,53,55,63}.

Pelos bons resultados na Ortopedia Médica, há 25 anos a Odontologia vem explorando as propriedades físicas e químicas do dióxido de zircônio (ZrO₂) ou simplesmente zircônia (Zr), principalmente nas reabilitações estéticas^{19,29,42}. Desde 1989, o ZrO₂ tem sido utilizado para pinos radiculares, braquetes ortodônticos,

como pilares de implantes e em próteses unitárias e parciais fixas *metalfree*⁴¹.

Devido às qualidades ópticas de transmissão de luz, com cor semelhante ao dente natural, estabilidade química, biocompatibilidade e aceitáveis propriedades mecânicas, também os implantes dentários cerâmicos vêm sendo desenvolvidos como uma possível alternativa ao Ti^{4,5,19,20,38,60,61}. Em comparação com outras cerâmicas, como a alumina, a zircônia Y-TZP apresenta diversas vantagens biomecânicas, tendo sido referenciada nos últimos 12 anos como a opção mais adequada para Implantodontia^{19,20,41,60,61}.

Implantes dentários cerâmicos têm sido assunto de muitas revisões sistemáticas, que confirmaram a osseointegração da Y-TZP, comparável ou melhor que os implantes dentários Ti^{23,30,44,65}. Estudos *in vitro* que avaliaram a resistência à fratura e à compressão dos implantes de zircônia, após a ciclagem mecânica, concluíram que eles podem suportar a carga fisiológica, mas deixaram dúvidas nas situações de alto estresse, como no bruxismo^{6,66}.

Com a finalidade de suprir algumas limitações mecânicas dos implantes dentários em cerâmica encontradas na clínica e na literatura, recentemente foram divulgados estudos de resistência e de acompanhamento clínico com composições mistas, como o ATZ (matriz de zircônia estabilizada e reforçada com alumina)^{48,62,68}.

O objetivo deste artigo é destacar as principais vantagens e limitações das cerâmicas biomédicas (Y-TZP e ATZ) como materiais alternativos na Implantodontia contemporânea, baseadas em evidências científicas, avaliando e discutindo algumas das suas características.

Estética periimplantar: pilares

É do conhecimento dos clínicos casos de fenótipos gengivais finos, onde a susceptibilidade de perda óssea marginal e recessão dos tecidos periimplantares deixam visíveis problemas de difíceis soluções^{13,24}. A margem gengival livre muito fina pode deixar um halo escuro devido à cor do implante ou do pilar metálico, impedindo a difusão e reflexão da luz^{19,24,31,36,56,59,60,61} (Figuras 1 e 2).

As investigações por novos materiais biocompatíveis que proporcionam longevidade estética e capacidade de suportar as forças dissipadas na cavidade bucal vêm des-

de o uso dos pilares de alumina (Al₂O₃)⁴. Apesar da elevada dureza, o preparo desta cerâmica, frequentemente resulta no enfraquecimento das paredes axiais^{3,5}.

Com a introdução dos pilares de zircônia (ZrO₂) aumentaram as possibilidades estéticas na Odontologia²⁷ (Figura 3). Graças a maior tenacidade e resistência de flexão, quando comparadas com as cerâmicas vítreas e infiltradas, as restaurações com Y-TZP proporcionaram longevidade e estética^{41,50}. Contudo, um preparo inadequado e severo nessa cerâmica também pode introduzir falhas profundas, gerando áreas de tensão, reduzindo sua resistência mecânica^{5,38}.



Figura 1 – Cor acinzentada do implante metálico transparecendo através da fina mucosa no ICS.



Figura 2 – Cor acinzentada do implante metálico transparecendo através da fina mucosa do ICI.



Figura 3 (A-C) – Individualização de pilar HI em cerâmica Y-TZP, com baixos riscos de fratura. A) Pilar de Zr aparafusado no implante HI. B) Pilar em Zr preparado e parafuso de fixação. C) Prótese unitária *metalfree* cimentada ao pilar cerâmico.

Implantes estéticos: da alumina à zircônia

Após a utilização da zircônia para núcleos intracanais, próteses fixas *metalfree* e pilares de implantes Ti⁴¹, restava à Odontologia um grande desafio: encontrar um material que viesse a substituir os implantes dentários metálicos, mantendo suas características mecânicas e a naturalidade das estruturas periimplantares^{27,67}. Pelos bons resultados clínicos obtidos na Ortopedia com alumina em articulações de próteses totais de quadril (THR), na década de 80 surgiu um implante dentário de corpo único⁴. Embora a osseointegração e estética fossem satisfatórias, a taxa de sobrevivência da alumina ficou abaixo das expectativas. Devido a pouca resistência à fratura e fraca interface óssea, fizeram

com que o implante *Tübinger (Frialit, Alemanha)* fosse retirado do mercado em poucos anos^{4,19,38}.

Os estudos da zircônia (Y-TZP) como biomaterial, inicialmente foram concentrados na melhoria do desempenho biomecânico das THR universalmente conhecidas, como uma alternativa aos implantes metálicos⁴². No princípio, utilizava-se a Zr como condutor à chama ou via spray, uma tecnologia de notável inovação para a década de 70^{5,42}.

No uso odontológico verificou-se outras vantagens da Y-TZP, como menor condutibilidade térmica, mesmo para as delicadas restaurações dentárias; melhor radiopacidade e ausência de artefatos nos exames de ressonância magnética, além das vantagens estéticas^{4,26,56}. As

pesquisas demonstraram menor indução na mudança de cor através da mucosa, comparada com implantes metálicos (Ti),^{30,48} confirmadas por análises espectro-



Figura 4 – Implantes cerâmicos Y-TZP de corpo único, da Cera-Root para região dos ICS.

Estabilidade química da zircônia

As aplicações da Y-TZP na Implantodontia tiveram avanços confirmados por meio de diversas pesquisas em animais^{1,2}. Nos cortes histológicos tem sido evidenciado osteogênese de contato na interface osso-implante^{1,7,15,16,20,22,25,26,49,52,54}.

Em uma abrangente revisão de publicações de 1963 a 2008 sobre o uso da zircônia e perspectivas para um novo biomaterial em Implantodontia, conclui-se que esta cerâmica é quimicamente estável, resistente à corrosão, permitindo que as células se desenvolvam diretamente sobre ela⁴. As propriedades microestruturais, biocompatibilidade, osteocondutividade, tendência na redução do acúmulo de placa e perfeita interação com tecidos moles, chamada de periosteínação, possibilitaram a escolha da Y-TZP como biomaterial para a “nova geração” de implantes dentários^{4,48}.

Contudo, devido a grande diversidade de compo-

fotométricas^{44,64}. Nas Figuras 4 e 5 pode-se observar a naturalidade dos tecidos periimplantares com o uso dos implantes dentários de corpo único com Zr.



Figura 5 – Restaurações *metalfree* após o tempo de cura dos implantes Y-TZP. Observa-se a naturalidade do periodonto.

sições químicas e topografias das cerâmicas, muitos autores sugeriram pesquisas randomizadas, com informações detalhadas nas avaliações clínicas de longo prazo, a fim de permitir comparações entre os distintos produtos disponíveis^{21,23,43}.

Implantes cerâmicos em humanos

Os primeiros implantes dentários com Y-TZP (95%ZrO₂+5%Y₂O₃) em humanos foram realizados a partir de 2001,⁴³ com o monobloco *Vollzirkon1* (Z-SystemsAG, Konstanz, Alemanha). O *Vollzirkon2*, com tulipa mais ampla e roscas com nichos preparados, foi precursor do atual *Z-Look3* da Z-SystemsAG^{60,61}. Porém, desde o princípio, a técnica de instalação preconizava uso de protetores para o período de cura, tendo como protocolo: três meses para a mandíbula e seis meses na maxila, conforme exemplo abaixo (Figuras 6 e 7)^{4,21,38}.



Figura 6 – Protetor *splint* de acetato para 12/22 - para região dos ILS, durante o período de cura dos implantes cerâmicos Y-TZP.



Figura 7 – Implantes cerâmicos Y-TZP, *Z-Look3* para diferentes indicações. Fonte: catálogo Z-SystemsAG.

Composições mistas das cerâmicas

Principalmente devido à baixa resistência de flexão dos implantes dentários cerâmicos, muitas vezes no limiar de uso clínico e do longo tempo de carregamento com a prótese, pela cura mais lenta em relação ao Ti, buscava-se uma composição que ampliasse as indicações na Implantodontia^{5,19}. Além das pesquisas por tratamentos de superfície na biocerâmica Y-TZP, foram testadas composições mistas almejando suprir as necessidades clínicas^{10,18,41,43}.

O compósito ZTA (80%Zr+20%Al₂O₃) combinou a elevada tenacidade do ZrO₂ com as propriedades peculiares da alumina: excelente dureza e estabilidade química. Assim como o AMC (*Alumina Matrix Composite*) utilizado na Ortopedia Médica, outras composições biocerâmicas encontram-se em diferentes estágios de desenvolvimento³⁵.

Um importante avanço das biocerâmicas surgiu com o compósito ATZ (76%ZrO₂+20%Al₂O₃+4%Y₂O₃).

Sua matriz de Zr estabilizada com ítria foi reforçada com partículas de alumina^{35,48}. A adição de uma segunda fase resultou em considerável aumento da resistência à flexão e na tenacidade à fratura⁶². Os investimentos neste biomaterial foram maiores no mercado europeu e proporcionaram grande expectativa.

Após vários ensaios mecânicos e inovações no tratamento de superfície, a SDS (*Swiss Dental Solution AG*) lançou no mercado implantes dentários ATZ, inicialmente em uma peça, com diferentes *designs* na macroestrutura e, mais recentemente, em duas peças⁶⁹ (Figuras 8 e 9).

No tratamento de superfície, com jateamento por micropartículas de ZrO₂, um processo aditivo de sinterização, obteve-se microporosidades de 2µ. A rugosidade obtida no ATZ-SDS-ZircaPore® foi comparável à superfície Ti-SLA, possibilitando sua indicação para situações clínicas difíceis, com carga imediata em casos múltiplos e com alto torque de inserção (>45N) (Figuras 10 e 11)⁶⁹.

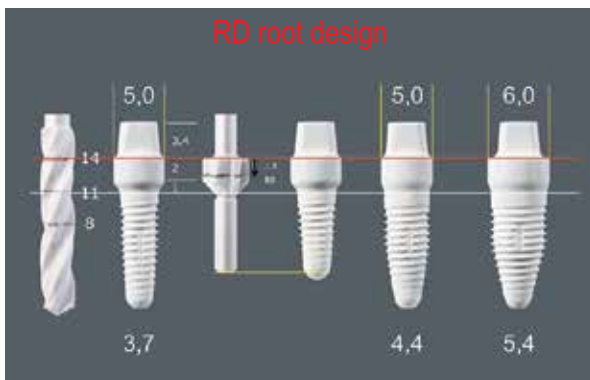


Figura 8 – Sistema de implantes ATZ-SDS em peça única. Catálogo SDS Solutions AG⁶⁹.



Figura 9 – Sistema ATZ-SDS 2.0 em duas peças com diferentes parafusos para os pilares. Catálogo SDS Solutions AG⁶⁹.

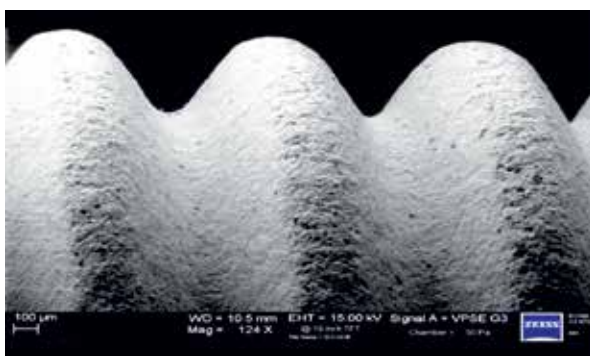


Figura 10 – Superfície da cerâmica Y-TZP com rugosidade 1,7µm preparada com partículas de ZrO₂. Cortesia SDS Solutions AG⁶⁹.

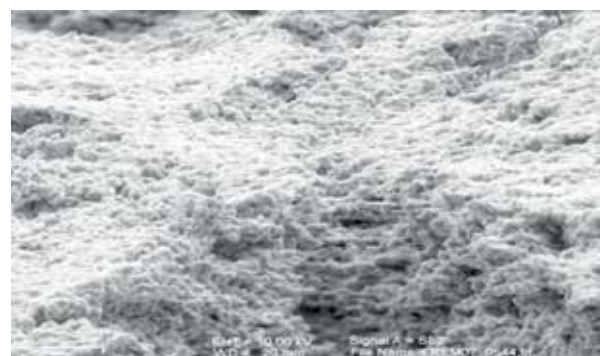


Figura 11 – Tratamento da superfície da ATZ pelo processo *slurry*, com pó TZP adicionado ao corpo do implante. Cortesia SDS Solutions AG⁶⁹.

Ausência de toxicidade – biocompatibilidade

Alguns dos metais utilizados para implantes em Medicina têm sido associados à indução de imunomodulação inespecífica e doenças autoimunes^{14,53,55,63}.

O TiCp e suas ligas, materiais de primeira escolha da Implantodontia, já foram citados como prováveis indutores de toxicidade, reações alérgicas dos tipos I e IV,^{14,48} ou intolerâncias devidos aos íons metálicos li-

berados na interface osso-implante e na via sistêmica ao longo do tempo^{23,33}. Estudos de hipersensibilidade e acumulação de partículas de Ti e ouro (Au) nos nódulos linfáticos, em pacientes cronicamente expostos, demonstraram que esses metais não devem mais ser considerados bioinertes^{50,51}. A acumulação de partículas de Ti em tecidos periimplantares, em gânglios linfáticos e em outros locais do organismo também tem sido avaliada^{17,32}.

Por outro lado, há um consenso geral sobre a ausência de efeitos tóxicos locais ou sistêmicos nas implantações de cerâmicas de Zr em diferentes animais^{1,7,16,22,25,43,49,52,54}. Testes de Alergologia do ZrO₂ indicaram que não há potencial alergênico ou respostas inflamatórias não-específicas^{19,22,48,64}. Estudos histológicos relacionaram a Y-TZP com provável regulação da imunidade pelo hospedeiro⁴. Também foi pelos resultados positivos na Ortopedia Médica que a *Metoxit AG* introduziu a cerâmica *TZP BioHIP®* para a Odontologia⁴³.

Retenção de placa

A qualidade e quantidade dos tecidos periimplantares e das estruturas protéticas em meio bucal têm papel fundamental na obtenção e manutenção da osseointegração⁶⁴. Esta pode ser comprometida pelo acúmulo do biofilme, uma das principais causas de insucessos na Implantodontia⁵⁷. Algumas bactérias anaeróbicas e gran-negativas têm sido associadas à periimplantite^{58,64}. Contudo, nos implantes dentários Y-TZP constatou-se pouca afinidade por *Streptococcus sanguis* e *Porphyromonas gingivalis*, com menor acúmulo de biofilme, fato justificado pelas propriedades químicas e lisura de superfície da cerâmica^{46,47}.



Figura 12 – Implante Z-Systems (Z-Look3) preparado para na região do ICS e ótimo aspecto dos tecidos periimplantares.

Osseointegração

A substituição de elementos dentários perdidos depende da biocompatibilidade e do processo de osseointegração, ou seja, o desenvolvimento de uma rígida fixação e permanente do material aloplástico ao osso durante carga funcional⁴⁰.

Rimondini et al.⁴⁵ (2002) encontraram significativa diminuição de cocos e bastonetes na Y-TZP, quando comparada ao Ti nos estudos *in vitro* e *in vivo*. Eles investigaram a colonização precoce do biofilme, a força de remoção relacionada com fluxo salivar e atividade mastigatória. Para os autores, a cerâmica Y-TZP é um material propício para fabricação de pilares para implantes, pelo baixo potencial de colonização bacteriana, favorecimento da aderência epitelial e estética. Quanto ao Ti, apesar da ótima biocompatibilidade, o seu uso como pilares foi questionado pela investigação⁴⁵.

Outras estudos histológicas, com implantes cerâmicos Zr, também detectaram insignificantes células inflamatórias na mucosa periimplantar², confirmando significativa redução na afinidade pela placa e diminuição de alterações inflamatórias nos tecidos moles adjacentes^{11,22,30,31,45,46,47,64,67}.

Compatibilidade periimplantar

A periointegração, ou seja, a biocompatibilidade dos tecidos moles nos implantes dentários cerâmicos, representa uma eficiente barreira, imediata e a longo prazo para proteção do osso subjacente ao ambiente externo, impedindo a reabsorção óssea marginal^{30,64,65}. A rugosidade na superfície da cerâmica aumenta a coesão do epitélio juncional¹¹ (Figuras 12 e 13).

Alguns estudos mensuraram a profundidade média de sondagem nos implantes Zr, entre 0 e 3 mm, medidas comparáveis às observadas com os implantes Ti^{54,64,67}. Porém, nos implantes dentários Zr, o sangramento à sondagem foi menor^{57,67}. A orientação das fibras colágenas foi equiparável para os dois tipos de implantes, mas com menor recessão periimplantar na Zr⁵⁸.



Figura 13 – Visão lateral do implante cerâmico instalado e preparado para receber a coroa. Observa-se aspecto saudável dos tecidos.

seointegração, ou seja, o desenvolvimento de uma rígida fixação e permanente do material aloplástico ao osso durante carga funcional⁴⁰.

Vários experimentos em animais relataram sucesso na osseointegração da Zr^{1,2,4,7,12,15,16,20,22,25,26,49,52,54,56,65}. Contudo, a maioria dos estudos não revelou diferença significativa entre a Zr e Ti^{1,59}. Nos estudos que utilizaram implantes Ti como controle, os valores de osseointegração ao nível ultraestrutural dos implantes dentários Y-TZP foram comparáveis ou até melhores^{4,12,20,22,29,49}.

Na literatura consultada não há diferença significativa na síntese de proteínas ósseas específicas nas superfícies, tanto do Ti, como da cerâmica Zr^{12,22,44}. Tal como os implantes endósseos Ti, nos estudos com Zr ficaram evidentes que a rugosidade da superfície aumentou a aposição óssea²⁹, proporcionando osseointegração comparável aos implantes dentários Ti^{12,24,36,39}. Entretanto, mais estudos clínicos de longo prazo precisam ser realizados para confirmar os resultados obtidos com animais⁵⁴.

Torque de remoção (RTQ)

Um parâmetro relevante da osseointegração dos implantes dentários é o torque de remoção. Num experimento de 8 e 12 semanas com Zr (Y-TZP) superfície usinada, os valores RTQ foram significativamente menores que nos implantes Zr jateados e Ti-SLA²². Porém, na superfície Zr jateada e condicionada por injeção à baixa pressão, as análises histomorfométricas de 8 semanas sugeriram um nível funcional comparável à superfície Ti-SLA, mesmo nos casos com infecções periimplantares¹².

Recente estudo em quadril de ovelha, utilizando implantes dentários CeraRoot (Y-TZP), com superfície condicionada por ácido, demonstrou grande biocompatibilidade e capacidade de osseointegração, sem sinais de reações inflamatórias ou de corpo estranho. Nas análises histomorfométricas observou-se uma rígida fixação, comprovada com valores RTQ de 75 a 83Ncm³⁹.

Quantidade de BIC

O contato direto osso-implante (BIC) e a densidade óssea periimplantar são considerados indicadores-chave da osseointegração⁴⁴. Investigações analisaram esses parâmetros para implantes Zr com superfície condicionada por ácido, em comparação com Ti-SLA do mesmo tamanho e *design*^{4,15,19,29,56}. Semelhantes valores de BIC para a Zr e Ti foram vistos em muitas investigações com animais^{12,16}.

Várias modificações de superfície foram aplicadas para os implantes cerâmicos, como jateamento combinado com condicionamento ácido, com substâncias formadoras de poros, modificações nanométricas, revestimentos de cerâmica bioativa, jateamento com a adição de *nano-retainers* e laser *femtosecond*. Esses tratamentos buscam melhorar a cicatrização ou cura inicial, resistência ao torque de remoção e maior taxa de BIC¹¹.

Hochscheidt et al.²⁰ (2011) apresentaram 12 estudos com diferentes animais, tempos de instalação e tipo de superfícies, publicados entre 1993 e 2010, com implantes dentários Zr e Ti para avaliação da biocompatibilidade e percentual de BIC. Os resultados mostraram taxas semelhantes de BIC entre os implantes Ti e Zr, com valores de 59,2 a 100% para a Zr²⁰.

Num recente estudo com implantes dentários Zr modificada por laser *femtosegundo* em cães, concluiu-se que a carga imediata apresentou melhores resultados em termos de BIC, perda da crista óssea e estabilidade em comparação com os implantes Zr não-carregados⁷.

Resistência à flexão

O módulo de elasticidade e a carga de ruptura são propriedades mecânicas fundamentais para a seleção de uma cerâmica para uso odontológico^{36,48}.

A zircônia apresenta vantagens sobre a alumina pela maior resistência à flexão, maior tenacidade à fratura e menor módulo de elasticidade¹⁸. As duas cerâmicas básicas para implantes biomédicos são a Y-TZP e a Mg-PSZ (Zr parcialmente estabilizada com magnésio), pela norma ISO 13356:1997 que determina características mínimas para uso clínico^{20,35}. Para obter a microestrutura ideal nas Y-TZP são necessários grãos ultrafinos de elevada pureza química, porém, com altos custos de produção^{43,66}.

Os implantes dentários Y-TZP, com tamanho médio de grão 0,2-0,4µm, apresentam resistência à flexão entre 900 e 1200MPa e dureza de 1200 Vickers. Esses valores proporcionam suficiente estabilidade para fixação em única peça^{20,35}. Com módulo de elasticidade próximo do aço e das ligas de Ti, a cerâmica Y-TZP pode também ser utilizada em pilares, limitando as microdeformações do material nas cargas mastigatórias (Figura 3A-C)^{52,66}.

Ainda existem controvérsias a respeito da zircônia, como a redução da resistência em meio fisiológico e seu desgaste com o tempo. Tem sido documentada como prejudicial à transformação martensítica de fase tetragonal para monoclinica, que ocorre na Zr dopada com ítria, devido ao envelhecimento em água, denominada *Low Temperature Degradation* (LTD)⁷. Todavia, testes de simulação em fluídos humanos e nos animais têm mostrado somente pequenos decréscimos na resistência à fratura e na tenacidade⁹.

Por outro lado, os experimentos realizados com implantes ATZ apresentaram incremento na resistência à flexão (2000Mpa), possibilitando o seu uso em situações de alto estresse mecânico (Figura 14)^{48,52}. Nos estudos da *Heraeus* com implantes *Ziraldent* (SDS), observou-se acréscimo de 1000Mpa na resistência flexural em relação à cerâmica TPZ (Figura 15)^{62,66}.

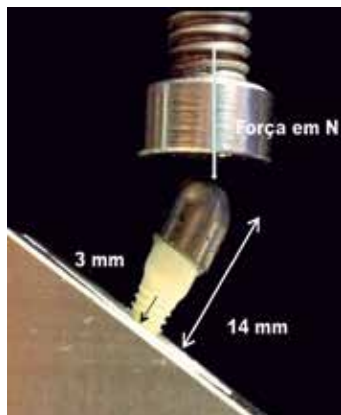


Figura 14 – Implante cerâmico de 2 peças pronto para teste de resistência. Gentileza SDS Solutions AG⁶⁹.

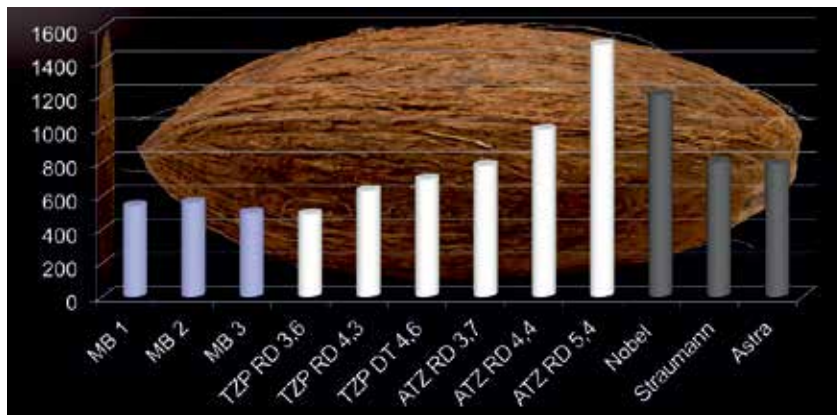


Figura 15 – Estudos Heraeus. Implantes cerâmicos peça única e Ti em 3 diâmetros. Resistência à fratura em Newtons - eixo das ordenadas. MB= concorrentes em Zr; TYP= Zr-Ziralident; ATZ Ziralident e equivalentes em Ti de 3 empresas. Gentileza da SDS Solutions AG⁶⁹.

Tenacidade à fratura

A tenacificação é uma propriedade microestrutural essencial dos biomateriais em aplicações biomédicas⁹.

A força de resistência à propagação das trincas ou defeitos da Zr pode ser explicada pelos mecanismos de tenacidade, ou capacidade do material dissipar a energia de fratura^{35,43}. A prevenção da propagação de trincas com o tempo é de fundamental importância em situações de fadiga, como aquelas encontradas na forte mastigação e na parafunção^{8,9,62}. A combinação dessa propriedade mecânica, com módulo de elasticidade variável (entre 6 e 10GPa) e estabilidade hidrotérmica, classificada como suficiente, faz da Y-TZP um material estável nas situações de alto estresse^{35,62}. Já a cerâmica ATZ apresenta tenacidade à fratura fixada em 10GPa e classificada como boa a estabilidade hidrotérmica^{62,69}.

Em recente experimento com objetivo de medir níveis de estresse gerados no osso pelos implantes Zr e Ti, encontraram-se valores semelhantes, mesmo sabendo-se que rigidez da Y-TZP é o dobro do Ti³. Portanto, do ponto de vista mecânico, a cerâmica de zircônia já é um substituto viável para implantes dentários³⁴.

Estabilidade à carga cíclica

A Norma ISO 14801:200770 especifica um método de ensaio de fadiga para implantes dentários endósseos de corpo único, com transmucoso e seus componentes protéticos pré-fabricados. É útil para comparação de implantes de diferentes modelos ou tamanhos, principalmente por simular o pior cenário clínico nos ensaios de fratura. Para os testes, simula-se uma reabsorção óssea de 3 mm, um comprimento da coroa de 14 mm e uma carga com direção de 30° (Figura 14)³⁷.

Os implantes dentários ATZ-SDS foram testados e comparados com diferentes materiais de diversas empresas, sob carga dinâmica com 5 milhões de ciclos, com uma força definida, correspondendo a 20 anos de

uso clínico (frequência 15Hz/s)⁶⁹. Os testes de ciclagem demonstraram que os implantes Ti de diversos fabricantes fraturaram no intervalo de 800-1200N. Os implantes TYP-SDS diâmetros 3,6, 4,3 e 4,6 mm tiveram valores similares aos concorrentes (MB1,2,3). Porém, os implantes ATZ-Ziralident mostraram resistência igual ou superior aos de Ti em todos os diâmetros do ensaio (3,7, 4,4 e 5,4 mm). O implante dentário RD-ATZ 5,4 mm não pode ser fraturado pelo equipamento, limitado em 1.500N, resistindo e superando a todos os concorrentes Ti^{62,69} (Figura 15). No estudo dinâmico Heraeus, com 5 milhões de ciclos, os implantes dentários Zr duas peças (SDS 2.0) com diâmetro 3,8 mm foram capazes de sobreviver a forças de 160N, assim como os de 4,6 mm que resistiram a forças de 200N⁶⁹ (Figura 16).

Sobrevida

Hochscheidt et al.²¹ (2012), numa ampla revisão bibliográfica sobre os implantes dentários de zircônia de única peça em humanos, apontaram 14 estudos publicados entre 2004 e 2012 mostrando resultados de 84,4 a 100% de sobrevida nos tempos que variaram de três meses a cinco anos.

De acordo com Volz⁶² (2013), fundador da Z-Systems e da Swiss Dental SolutionsAG, considerado pioneiro no uso dos implantes dentários Y-TZP em humanos, com mais de 7.000 casos concluídos em 12 anos, as fixações Zr apresentaram uma taxa de sucesso inicial de 90%, passando para 95-98% após os melhoramentos da superfície e design⁴³. Para o autor, o implante SDS 2.0 Ziralident é a última conquista da Implantodontia holística. O material compósito cerâmico ATZ permite uso em duas peças, com componentes removíveis e aparafusados. A taxa de sucesso cumulativa em sua clínica está acima de 99%, não tendo registrado fraturas nos mais de 2.000 implantes dentários instalados desde 2007 (Figura 17)²¹.

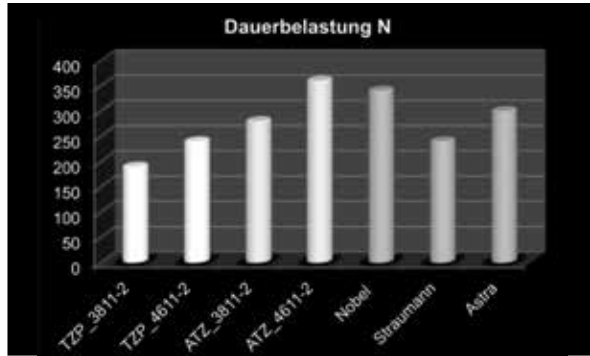


Figura 16 – Carga cíclica com implantes TZP/ATZ 2.0 Ziradent em duas peças e equivalente a Ti. Fonte: SDS SolutionsAG⁶⁹.

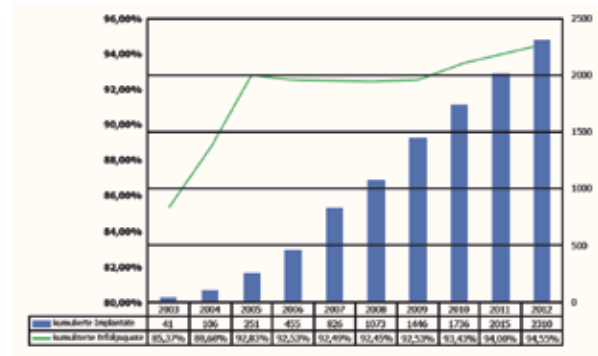


Figura 17 – Frequência e taxa de sucesso/ano cumulativa (verde) com implantes cerâmicos. Implantes instalados (azul) (n=2310). Gentileza Dr. Scholz⁴⁸.

Conclusão

- As cerâmicas indicadas para Implantodontia demonstraram menor indução na mudança de cor na mucosa, com vantagens estéticas.
- Nos estudos com animais, a cerâmica Zr apresentou bom potencial de osseointegração, com quantidade de BIC equiparável ao Ti.
- Os experimentos *in vivo* mostraram melhor periosteointegração nos pilares cerâmicos, com menor acúmulo de biofilme.
- Existe um consenso entre os autores na ausência de toxicidade local e sistêmica nas implantações de cerâmicas Zr em diferentes animais.
- Os implantes cerâmicos ATZ demonstraram significativo aumento na resistência à fratura em relação às cerâmicas Y-TZP.
- O *design* da macroestrutura e novas tecnologias de tratamento de superfície abreviaram o tempo de cura dos implantes cerâmicos.
- Apesar das altas taxas de sucesso e vantagens biológicas dos implantes cerâmicos Y-TZP e ATZ, os autores sugerem cautela nas indicações clínicas e mais estudos prospectivos de longo prazo.

Referências bibliográficas

1. Akagawa Y, Hosokawa R, Sato Y, Kamayama K. Comparison between freestanding and tooth connected partially stabilized zirconia implants after two years function in monkeys: a clinical and histologic study. *J Prost Dent.* 1998;80:551-8.
2. Albrektsson T, Sennerby L, Wennerberg A. State of the art of oral implants. *Periodontology* 2000. 2008;47:15-26.
3. Andersen B, Schärer P, Simon M, et al. Ceramic implant abutments used for short-span fixed partial dentures: a prospective 2-year multicenter study. *Int J Prosthodont.* 1999;12:318-24.
4. Andreiotelli M, Wenz HJ, Kohal RJ. Are ceramic implants a viable alternative to titanium implants? A systematic literature review. *Clin Oral Impl Res.* 2009;20:32-47.
5. Azevedo VVC, Chaves SA, Bezerra DC, Costa ACFM. Materiais cerâmicos utilizados para implantes. *Rev Eletr Mater Proc.* 2007;(2.3):35-42.

6. Caglar A, Bal T, Aydin C, Yilmaz H, Ozkan S. Evaluation of stresses occurring on three different zirconia dental implants: three-dimensional finite element analysis. *Int J Oral Maxillofac Impl.* 2010;25:95-103.
7. Calvo-Guirado JL, Salvatierra AA, Moreno GG, Guardia J, Ruiz DRA, de Val JEMS. Histological, radiological and histomorphometric evaluation of immediate vs. non-immediate loading of a zirconia implant with surface treatment in a dog model. *Clin Oral Impl Res.* 2013;00:1-5.
8. Chevalier J, Gremillard L, Deville S. Low temperature degradation of zirconia and implications for biomedical implants. *Annual Rev Mat Res.* 2007;37:1-32.
9. Chevalier J, Gremillard L. Ceramics for medical applications: a picture for the next 20 years. *J Eur Ceram Soc.* 2009;29:1245-55.
10. De Aza AH, Chevalier J, Fantozzi G, et al. Crack growth resistance of alumina, zirconia and zirconia toughened alumina ceramics for joint prostheses. *Biomaterials.* 2002;23:937-45.
11. Delgado-Ruiz RA, Guirado CJL, Abboud M, Fernandez RPM, Sanchez MJE, Rothamel D. Histologic and histomorphometric behavior of microgrooved zirconia dental implants with immediate loading. *Clin Impl Dent Rel Res.* 2013; DOI10.1111/cid.12069.
12. Depprich R, Zipprich H, Ommerborn M, Naujoks C, Wiesmann HP, Kiattavorncharoen S, et al. Osseointegration of zirconia implants compared with titanium: an in-vivo study. *Head Face Med.* 2008;4:30.
13. Dunn DB. The use of a zirconia custom implant supported FPD prosthesis to treat implant failure in anterior maxilla: a clinical report. *J Prosthet Dent.* 2008;100:415-21.
14. Evrard L. Titanium: a new allergen. In: Turkyilmaz I. *Implant Dentistry, a rapidly evolving practice.* Croatia: InTech. 2011:531-44.
15. Gahlert M, Rohling S, Wieland M, Sprecher CM, Kniha H, Milz S. Osseointegration of zirconia and titanium dental implants: a histological & histomorphometrical study in the maxilla of pigs. *Clin Oral Impl Res.* 2009;20:1247-53.
16. Gahlert M, Roehling S, Sprecher CM, Kniha H, Milz S, Bormann K. *In vivo* performance of zirconia and titanium implants: a histomorphometric study in mini pig maxillae. *Clin Oral Impl Res.* 2012; 23:281-6.
17. Gittens RA, Olivares-Navarrete R, Tannenbaum R, Boyan BD, Schwartz Z. Electrical implications of corrosion for osseointegration of titanium implants. *J Dent Res.* 2011;90:1389-97.
18. Guazzato M, Albakry M, Swain MV, Ironside J. Mechanical properties of in-ceram alumina & in-ceram zirconia. *Int J Prosthodont.* 2002;15:339-46.

19. Hisbergues M, Vendeville S, Vendeville P. Zirconia: established facts and perspectives for a biomaterial in dental Implantology. *J Biomedic Mat Res.* 2008;519-29.
20. Hochscheidt CJ, Alves EDM, Bernardes LAB, Hochscheidt RC. Implantes dentários em zircônia: uma alternativa para o presente ou para o futuro? (Parte I). *Dental Press Impl.* 2011;5(4):100-10.
21. Hochscheidt CJ, Alves EDM, Bernardes LAB, Hochscheidt ML, Hochscheidt RC. Zirconia dental implants: an alternative for today or for the future? (Part II). *Dental Press Impl.* 2012;6(4):114-24.
22. Hoffmann O, Angelov N, Gallez F. The zirconia implant-bone interface: a preliminary histologic evaluation in rabbits. *Int J Oral Maxillofac Impl.* 2008;23:691-5.
23. Javed F, Al-Hezaimi K, Almas K, Romanos GE. Is titanium sensitivity associated with allergic reactions in patients with dental implants? A systematic review. *Clin Implant Dent Relat Res.* 2011;17:1-6.
24. Kan JY, Runcharangsaeng K, Lozada JL, Zimmerman G. Facial gingival tissue stability following immediate placement and provisionalization of maxillary anterior single implants: a 2 to 8 years follow-up. *Int J Oral Maxillofac Impl.* 2011;26:179-87.
25. Koch FP, Weng D, Krämer S, Biesterfeld S, Jahn-Eimermacher A, Wagner W. Osseointegration of one-piece zirconia implants compared with a titanium implant of identical design: a histomorphometric study in the dog. *Clin Oral Impl Res.* 2010;21:350-6.
26. Kohal RJ, Weng D, Bachle M, Strub J. Loaded custom made zirconia & titanium implants show similar osseointegration: an animal experiment. *J Period.* 2004;75:1262-8.
27. Kohal RJ, Klaus G, Strub JR. Zirconia implant-supported all ceramic crowns withstand long-term load: a pilot investigation. *Clin Oral Impl Res.* 2006;17(5):565-71.
28. Kohal RJ, Baechle M, Han JS, Hueren D, Huebner U, Butz, F. *In vitro* reaction of human osteoblasts on alumina-toughened zirconia. *Clin Oral Impl Res.* 2009;20:1265-71.
29. Koutayas SO, Vagkopoulou T, Pelekanos S, Koidis P, Strub JR. Zirconia in Dentistry: Part 2. Evidence-based clinical breakthrough. *Eur J Esthet Dent.* 2009;4:348-80.
30. Manicone FP, Iommetti RP, Raffaelli L. An overview of zirconia ceramics: basic properties and clinical applications. *J Dentistry.* 2007; 35:819-26.
31. Mellinghoff J. Qualität des periimplantären weich-gewebe-attachments von zirkondioxid-implantaten (Abutments). *Z Zahnarzt Impl.* 2010;26(1):62-71.
32. Messer RL, Tackas G, Mickalonis J, Brown Y, Lewis JB, Wataha JC. Corrosion of machined titanium dental implants under inflammatory conditions. *J Biomed Mater Res B Appl Biomater.* 2009;88:474-81.
33. Meyer U, Buhner M, Buchter A, Kruse-Losler B, Stamm T, Wiesann FI. Fast element mapping of titanium wear around implants of different surface structures. *Clin Oral Impl Res.* 2006;17:206-11.
34. Mobilio N, Stefanoni F, Contiero P, Mollica F, Catapano S. Experimental and numeric stress analysis of titanium and zirconia one-piece dental implants. *Int J Oral Maxillofac Impl.* 2013;28:135-42.
35. Moraes MCCSB. Microestrutura e propriedades mecânicas de compostos alumina-zircônia para próteses dentárias. [Tese]. Rio de Janeiro: Instituto Militar de Engenharia; 2004.
36. Nisapakultorn K, Suphanantachai S, Silkosessak O, Rattanamongkolgul S. Factors affecting soft tissue level around anterior maxillary single-tooth implants. *Clin Oral Impl Res.* 2010;21:662-70.
37. Norma ISO 14801:2012 - <http://www.abntcatalogo.com.br/ssl/login.aspx>
38. Oliva J, Oliva X, Oliva JD. Five-year success rate of 831 consecutively placed zirconia dental implants in humans: a comparison of three different rough surfaces. *Int J Oral Maxillofac Impl.* 2010;25:336-44.
39. Oliva X, Oliva J, Oliva JD, Prasad HS, Rohres MD. Osseointegration of zircônia (Y-TZP) dental implants: a histologic, histomorphometric and removal torque study in the hip of sheep. *Int J Oral Impl Clin Res.* 2013;4(2):1-9.
40. Oliveira JCS, Maciel J, Neves AP, Garcia JIR, Sonoda CK, Pellizzer EP. Reações alérgicas aos implantes osseointegrados de titânio. *Implant News.* 2014;11(1):87-90.
41. Ozkurt Z, Kazazoglu E. Zirconia dental implants: a literature review. *J Oral Impl.* 2011;37:367-76.
42. Piconi C, Burger W, Richter HG, Cittadini A, Maccauro G, Covacci V et al. Y-TZP ceramics for artificial joint replacements. *Biomaterials.* 1998;19:1489-94.
43. Piconi C, Maccauro G, Muratori F, Prever BD. Alumina & zirconia ceramics in joint replacements. *J Appl Biomater Biomech.* 2003;1:19-32.
44. Prithviraj DR, Deeksha S, Regish KM, Anoop N. A systematic review of zirconia as an implant material. *Indian J Dent Res.* 2012;23:643-9.
45. Rimondini L, Cerroni L, Carrassi A, Toricelli P. Bacterial colonization of zirconia ceramic surfaces: an *in vitro* and *in vivo* study. *Int J Oral Maxillofac Impl.* 2002;17:793-8.
46. Salihoglu U, Boynuegri D, Engin D, Duman AN, Gokalp P, Balos K. Bacterial adhesion and colonization differences between zirconium oxide and titanium alloys: an *in vivo* human study. *Int J Oral Maxillofac Impl.* 2011;26:101-7.
47. Scarano A, Piattelli M, Caputi S, Favero GA, Piattelli A. Bacterial adhesion on commercially pure titanium and zirconium oxide disks: an *in vivo* human study. *J Periodont.* 2004;75:292-6.
48. Scholz H, Volz U. Erfolgs und überlebenswahrscheinlichkeiten von vollkeramischen implantaten aus zirkoniumdioxid (TZP und ATZ). 2013:01-10.
49. Sennerby L, Dasmah A, Larsson B, Iverhed M. Bone tissue responses to surface-modified zirconia implants: a histomorphometric and removal torque study in the rabbit. *Clin Impl Dent Relat Res.* 2005;7:13-20.
50. Siddiqi A, Payne AGT, De Silva RK, Duncan WJ. Titanium allergy: could it affect dental implant integration? *Clin Oral Impl Res.* 2011;22:673-80.
51. Sicilia A, Custa S, Coma G, et al. Titanium allergy in dental implant patients: a clinical study on 1500 consecutive patients. *Clin Oral Impl Res.* 2008;19:823-35.
52. Stadlinger B, Hennig M, Echelt U. Comparison of zirconia & titanium implants after a short healing period: a pilot study in minipigs. *Int J Oral Maxillofac Surg.* 2010;39:585-92.
53. Stejskal J, Stejskal VD. The role of metals in autoimmunity and the link to neuroendocrinology. *Neuro Endocrinol Lett.* 1999;20(6):351-64.
54. Tete S, Mastrengelo F, Bianchi A, Zizzari V, Scarano A. Collagen fiber orientation around machined titanium and zirconia dental implant necks: an animal study. *Int J Oral Maxillofac Impl.* 2009;24:52-8.
55. Tschernitschek H, Borchers L, Geurtsen W. Nonalloyed titanium as a bioinerte metal – a review. *Quintessence Int.* 2005;36(7-8):523-30.
56. Vagkopoulou T, Koutayas SO, Koidis P, Strub JR. Zirconia in Dentistry. Part 1: discovering the nature of an upcoming bioceramic. *Eur J Esthet Dent.* 2009;4:130-51.
57. Van Brakel R, Cune MS, van Winkelhoff AJ, de Putter C, Verhoeven JW, van der Reijden W. Early bacterial colonization and soft tissue health around zirconia and titanium abutments: an *in vivo* study in man. *Clin Oral Impl Res.* 2011;22:571-7.
58. Van Brakel R, Noordmans HJ, Frenken J, de Roode R, de Wit GC, Cune MS. The effect of zirconia and titanium implant abutments on light reflection of the supporting soft tissues. *Clin Oral Impl Res.* 2011;22:1172-8.
59. Verdugo F, Simonian K, Nowzari H. Periodontal biotype influence on the volume maintenance of onlay grafts. *J Periodontology.* 2009;80:816-23.
60. Volz KU. Zirkonoxid-implantate mit zirkonoxid-kronen. Metallfreie rekonstruktion? Eine fallbeschreibung. *Z Zahnärztl Impl.* 2003;19:176-80.
61. Volz KU, Batsche C. Metal-free reconstruction with zirconia implants and zirconia crowns. *Quintessence J Dent Tech.* 2004;2:324-30.
62. Volz KU. Zweiteilig reversibel verschraubtes zirkonoxid-implantat. Herstellerinfo implantatsystem. *ZWP Spezial.* 2013;7+8:22-3.

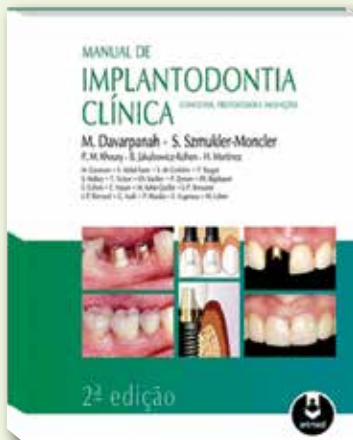
63. Weingart D, Steinemann S, Schilli W. Titanium deposition in regional lymph nodes after insertion of titanium screw implants in maxillofacial region. *Int J Oral Maxillofac Surg.* 1994;23:450-2.
64. Welander M, Abrahamsson I, Berglundh T. The mucosal barrier at implant abutments of different materials. *Clin Oral Impl Res.* 2008;635-41.
65. Wenz HJ, Bartsch J, Wolfart S, Kern M. Osseointegration and clinical success of zirconia dental implants: a systematic review. *Int J Prosthodont.* 2008;21:27-36.
66. Yilmaz H, Aydin C, Gul BE. Flexural strength & fracture toughness of dental core ceramics. *J Prosthet Dent.* 2007;98:120-8.
67. Zembic A, Sailer I, Jung RE, Franz CH, Hammerle CH. Randomized controlled clinical trial of customized controlled zirconia and titanium implant abutments for single tooth implants in canine and posterior regions: 3-year results. *Clin Oral Impl Res.* 2009;20:802-8.
68. <http://www.swissdentalsolutions.com/implants.html>. SDS – Swiss Dental Solution AG. März 2013. Acessado em 23/07/13.
69. http://www.swissdentalsolutions.com/tl_files/SDS_Produktinformation_GBR_9.12.2012.pdf. Acessado em 10/02/14.



Manual de Implantodontia Clínica - Conceitos, protocolos e inovações - 2ª Edição

Autor: Mithridade Davarpanah / Serge Szmukler-Moncler / Paul M. Khoury / Boris Jakubowicz-Kohen / Henry Martinez

Edição/Ano: 2ª/2013 - **Páginas:** 536



Sumário

- Capítulo 1. Histórico da implantodontia dentária: da antiguidade aos dias de hoje
 - Capítulo 2. Anatomia maxilar e mandibular
 - Capítulo 3. Resposta dos tecidos duros e moles ao implante
 - Capítulo 4. Os tipos de superfície em implantodontia
 - Capítulo 5. Morfologias implantares
 - Capítulo 5.1. As diferentes morfologias implantares
 - Capítulo 5.2. Seleção do diâmetro e da morfologia implantar
 - Capítulo 6. Diagnóstico pré-implantar
 - Capítulo 7. Protocolos cirúrgicos em implantodontia
 - Capítulo 8. Novos protocolos de colocação em carga
 - Capítulo 8.1. Protocolos de colocação em carga precoce
 - Capítulo 8.2. Protocolos de colocação em carga imediata
 - Capítulo 9. Prótese sobre implante
 - Capítulo 10. Tipos de edentulismo: considerações cirúrgicas e protéticas
- E mais

Campanha válida até 30/12/14

De R\$ 256,00 - Por R\$ 229,00