

# Implantes dentários em zircônia: uma alternativa para o presente ou para o futuro? (Parte I)

Celso João **HOCHSCHEIDT\***

Edson Durval Menezes **ALVES\*\***

Luiz Antônio Bastos **BERNARDES\*\*\***

Regina Célia **HOCHSCHEIDT\*\*\*\***

## Resumo

**Introdução:** os implantes dentários e os *abutments* normalmente são fabricados com titânio (Ti), devido à histórica biocompatibilidade e propriedades mecânicas desse metal. No entanto, alguns problemas locais relacionados a fenótipos gengivais finos ou linhas do sorriso altas sempre foram um desafio para a Implantodontia. Nessas situações, existe o risco de sua cor acinzentada transparecer através da mucosa gengival. Também têm sido relatados os efeitos prejudiciais dos materiais metálicos ao organismo humano, tanto no aspecto peri-implantar quanto sistêmico, principalmente pelos seguidores da Medicina holística. **Objetivo:** com o objetivo de encontrar um material alternativo ao Ti, realizou-se uma ampla revisão bibliográfica. **Métodos:** pesquisaram-se as cerâmicas de dióxido de zircônio ( $ZrO_2$ ), ou zircônia (Zr), com estudos *in vitro* e *in vivo*. Também, mostraram-se dados clínicos da conexão osso-implante (BIC, *Bone-Implant Contact*), avaliando sua biocompatibilidade, sua resistência e indicações. **Conclusões:** concluiu-se que a zircônia é considerada um biomaterial de ótima biocompatibilidade, com osseointegração e taxas de BIC comparáveis às do Ti. As cerâmicas de Zr com superfícies modificadas apresentam uma osseointegração mais favorável. Os implantes dentários em Y-TZP (zircônia tetragonal policristalina estabilizada com ítrio) têm muitas vantagens sobre os outros materiais cerâmicos, graças aos mecanismos de tenacidade que operam na microestrutura. A resistência à fratura desse biomaterial está dentro dos limites de aceitação clínica, na normalidade funcional do sistema estomatognático. Portanto, os implantes de Zr já são uma alternativa aos de Ti, estando mais indicados para a região anterior, nos fenótipos gengivais finos, com linha de sorriso elevada e, sobretudo, para os pacientes com alergia a metais ou metaloses.

**Palavras-chave:** Osseointegração. Materiais biocompatíveis. Implantes dentários. Próteses e implantes. Teste de materiais. Alergia. Imunologia.

**Como citar este artigo:** 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 Implantol*. 2011 Oct-Dec;5(4):100-10.

» Os autores declaram não ter interesses associativos, comerciais, de propriedade ou financeiros que representem conflito de interesse, nos produtos e companhias descritos nesse artigo.

## Endereço para correspondência

**Celso J. Hochscheidt**  
UEPG - Rua Cel. Bittencourt, 618, Centro - CEP. 84.010.290 - Ponta Grossa/PR  
E-mail: topodontologia@hotmail.com

Enviado em: 9/7/2011  
Revisado e aceito: 19/9/2011

\* Especialista em Ortodontia e Ortopedia Facial, Prótese Dentária e Implantodontia. Cirurgião-dentista da SESA-PR / 3ª RS.

\*\* Mestre e Doutorando em Implantodontia pela SLMandic. Professor e Coordenador do Curso de Especialização em Implantodontia CESCAGE-PG.

\*\*\* Doutor em Ciências IFSCAR-USP. Professor associado do Departamento de Física da UEPG.

\*\*\*\* Acadêmica do 4º ano do Curso de Odontologia da UEPG.

## Introdução

Desde os anos 70, os cientistas têm desenvolvido novos materiais cerâmicos para substituição de partes do corpo humano destruídas ou danificadas. Entre as biocerâmicas, a zircônia tem se destacado pelas semelhanças com o tecido ósseo, desempenho funcional e estético, biocompatibilidade, resistência química e ao desgaste, apesar das baixas propriedades mecânicas, se comparadas às dos metais<sup>1,2</sup>.

Esse foi um dos motivos que, na década de 80, inviabilizaram o uso do implante dentário Tübinger (Friadent, Alemanha), feito de óxido de alumínio ( $Al_2O_3$ ), ou alumina. A baixa resistência à fratura e a fraca interface óssea ficaram evidentes naqueles implantes cerâmicos, principalmente quando comparados aos tradicionais implantes de Ti<sup>1,3</sup>.

Todavia, há mais de 20 anos o dióxido de zircônio ( $ZrO_2$ ), ou zircônia (Zr), vem sendo utilizado na Ortopedia Médica. Os ótimos resultados clínicos com esse biomaterial estimularam as pesquisas em diversas áreas. Ultimamente, a Odontologia vem explorando suas propriedades físicas e químicas, principalmente nas reabilitações estéticas. Desde 1989 a Zr tem sido utilizada para pinos radiculares; a partir de 1994, para braquetes ortodônticos e pilares de implantes; e a partir de 1998, nas próteses parciais fixas<sup>1,4</sup>.

Pela alta biocompatibilidade, interessantes propriedades mecânicas, baixíssima retenção de placa e estética excepcional, muitos estudos em animais e humanos têm sido publicados sobre o uso da cerâmica de Zr na Odontologia, contudo, pouco pesquisou-se sobre seu uso como material alternativo aos implantes dentários<sup>2,3,5</sup>.

Com o objetivo de encontrar uma alternativa ao uso do Ti para os implantes dentários, realizou-se uma ampla

revisão bibliográfica quanto às propriedades físico-químicas da cerâmica de Zr, em estudos *in vitro* e *in vivo*, mostrando dados clínicos da conexão osso-implante (BIC, *bone-implant contact*), avaliando a biocompatibilidade, resistência e indicações desses materiais na Implantodontia.

## Revisão da literatura

Nas últimas duas décadas, a Engenharia e a Medicina avançaram em busca de um biomaterial ideal, como os compósitos cerâmicos, para associá-los aos implantes metálicos de Ti, cobalto (Co), ligas de cromo (Cr) e o aço, ou que viessem a substituí-los<sup>6</sup>. Alguns estudos<sup>6,7,13,17</sup> afirmam que os implantes metálicos podem desencadear reações do tipo corpo estranho nos pacientes em curto e longo prazos, pelo desprendimento de partículas e íons metálicos no sistema linfático, em órgãos distantes e nos nociceptores.

Especialmente na região do sulco gengival, aonde a bioquímica microbiana anaeróbica mantém o pH baixo, os ácidos podem promover a corrosão metálica, liberando subóxidos eletricamente condutivos das infraestruturas de próteses sobre implantes<sup>7</sup>. Também na área endosteal, há evidências de intolerância aos íons ou partículas estranhas que interferem na imunomodulação e resposta inespecífica, com sensibilização do sistema imunológico<sup>7,13,17</sup>.

A zircônia é inerte em meio fisiológico e apresenta vantagens sobre os outros materiais cerâmicos, pelos mecanismos de tenacidade que operam na microestrutura, permitindo maior resistência à deflexão e à fratura<sup>1,2,4,5,8,9</sup>. Os materiais sugeridos para os implantes possuem elevada pureza e se apresentam em dois tipos básicos: Zr tetragonal estabilizada com ítrio (Y-TZP) e parcialmente estabilizada com óxido de magnésio (Mg-PSZ), de acordo com o padrão ISO 13356, da International Standard Organization (Tab. 1)<sup>1</sup>.

**Table 1** - Property of biomaterials with Zr commercial formulations and ISO-13356. Courtesy of Moraes<sup>1</sup>

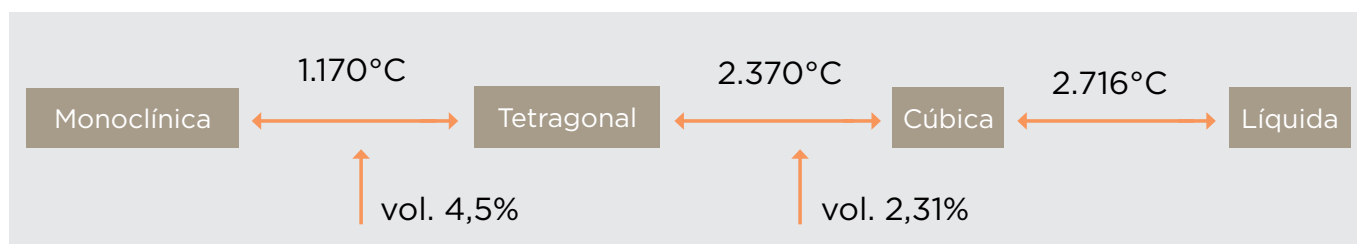
Propriedades	Unidade	Implantes de Zr comerciais Y-TZP	Implantes de Zr comerciais Mg-PSZ	ISO - 13356
Composição		ZrO <sub>2</sub> + 3% mol Y <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	ZrO <sub>2</sub> + 8–10% mol MgO	ZrO <sub>2</sub> + HfO <sub>2</sub> >93,6%; HfO <sub>2</sub> <5%; Y <sub>2</sub> O <sub>3</sub> = 5,1±0,25%; Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> <0,5%; Outros < 0,5%; U, TH < 20ppm
Densidade	g/cm <sup>3</sup>	>6,00	5,74–6,00	>6,00
Porosidade	%	< 0,1	-	-
Tamanho do grão	µm	0,2–0,4	12–30	<0,6
Resistência à flexão	Mpa	900–1200	450–700	>900
Resist. à compressão	Mpa	2000	2000	-
Mod. de elasticidade	GPa	210	210	-
Tenacid. à fratura K <sub>IC</sub>	MPa.m <sup>1/2</sup>	7–10	7–15	-
Coef. expansão term.	x10 <sup>-6</sup> /°C	11	7–10	-
Condutivid. térmica	W/m <sup>2</sup> K	2	2	-
Dureza (HV)	GPa	12	12	-

**Figura 1** - Metoxit<sup>®</sup> AG, THR (Total Hip Replacement) de cerâmica de zircônia (TZP) e alumina.

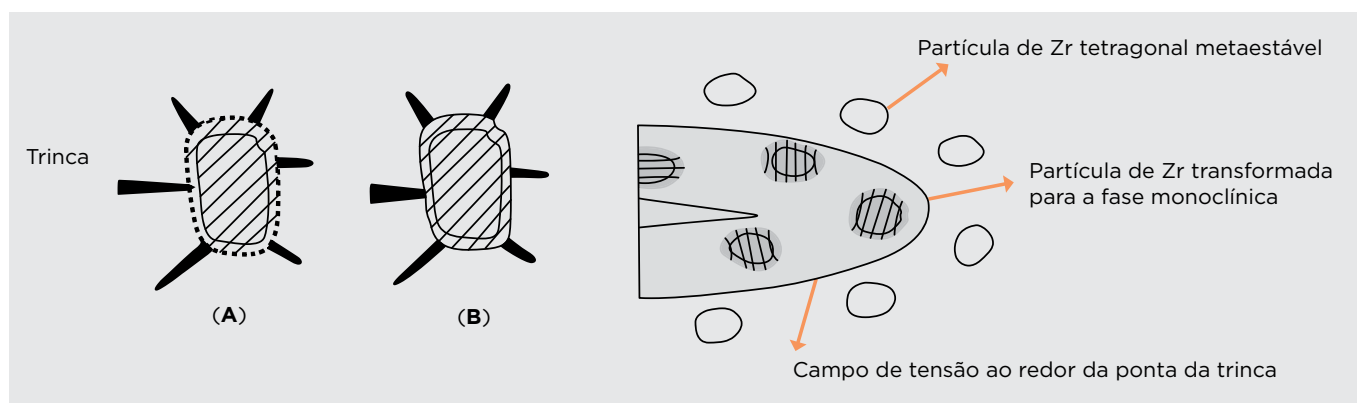
Elemento comum na crosta terrestre, mas nunca encontrado isolado, o zircônio tem como maior precursor o mineral zircão (ZrSiO<sub>4</sub>)<sup>1</sup>. A obtenção do ZrO<sub>2</sub> na forma pura necessita de um processo físico-químico bastante complexo<sup>8</sup>. Depois de estabilizada e sinterizada, a cerâmica de Zr tem sido utilizada na Ortopedia Médica, especialmente na substituição das cabeças de fêmur e próteses de quadril (THR, Total Hip Replacements)<sup>8</sup> com distintas marcas comerciais, tal como a prótese THR Metoxit AG (Suíça) (Fig. 1)<sup>10</sup>.

### Características físico-químicas da zircônia (ZrO<sub>2</sub>)

Dependendo da temperatura, a Zr pode se transformar em três estruturas alotrópicas: monoclinica (*m*), tetragonal (*t*) e cúbica (*c*). Na temperatura ambiente e sob pressão, o estado puro da Zr se encontra na fase *m*. Aquecendo-se a 1170°C, se transforma em Zr-*t*; em torno de 2370°C estará na fase *c*, próximo da temperatura de fusão (2716°C). As mudanças volumétricas que acontecem com a transformação *m*→*t* são de 4,5%. Essa expansão tem valor suficiente para torná-la inadequada para o uso na condição pura. Na mudança de fase *c*→*t* ocorre um aumento volumétrico de 2,31%. Contudo, a fase Zr-*t* permanece metaestável, significando que existe energia detida no material capaz de retorná-lo ao estado *m*, caso a estrutura do material seja submetida a estresse (Fig. 2). Nesse evento, o aumento volumétrico de 4,5% na região de uma trinca torna-se benéfico, comprimindo e dificultando a propagação dessa trinca na cerâmica, fenômeno conhecido como “aumento da tenacidade por transformação de fases” (Fig. 3)<sup>8,9</sup>.



**Figura 2** - Transformações de fases da estrutura cristalina da Zr, com as variações da temperatura e o aumento de volume.



**Figura 3** - Início da formação da trinca ao redor de uma partícula de Zr transformada. (A) Absorção da energia de uma trinca em propagação. (B) Mecanismo de transformação de fase induzido por tensão (Fonte: Duarte<sup>9</sup>).

Na produção dos componentes de Zr para uso médico, é preciso bloquear o material completamente na forma *c*, utilizando aditivos ou agentes estabilizantes. A adição de CaO, MgO e Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub> permite a formação da PSZ que, combinada com variações de processos, pode resultar em cerâmicas com propriedades excepcionais, tais como: alta resistência a fraturas, alta dureza, excelente resistência química, bom material refratário e condutor de íons de oxigênio. O ítrio (Y) é o estabilizador mais utilizado na adição à Zr. Assim, a Zr-t (Y-TZP) pode resistir na temperatura ambiente após a sinterização, com uma resistência superior em relação às outras cerâmicas<sup>8,9</sup>.

A zircônia é sensível aos diferentes processos de fabricação e ainda não há consenso sobre qual método de processamento é menos nocivo até o produto final. Atualmente, as restaurações de Zr são fabricadas por diversos

processos de moagem, a *soft* ou a *hard*, cada qual evidenciando suas vantagens sobre a concorrente<sup>9,11,13</sup>.

Numa ampla revisão, investigou-se o sucesso clínico de restaurações de Zr fabricadas por ambos os processos de moagem, em relação ao quadro de fraturas dessas cerâmicas. Nos 17 ensaios clínicos com próteses parciais fixas, coroas individuais e pilares de Zr sobre implantes, a trinca da porcelana de recobrimento foi uma ocorrência comum. Contudo, a fratura da estrutura só foi observada nas cerâmicas de Zr com frezagem *soft*. Mesmo com um número limitado de estudos, concluiu-se que a Zr é adequada para a confecção de próteses dentárias e sobre implantes, desde que respeitados os protocolos de fabricação, necessitando de mais estudos prospectivos de longo prazo<sup>11</sup>.

Outra revisão sistemática da literatura avaliou as publicações com pilares de zircônia, em quatro diferentes grupos

de estudo: (1) análise das propriedades mecânicas, (2) avaliação dos tecidos moles peri-implantares, (3) presença de placa sobre a Zr, e (4) estudos clínicos da sobrevivência dos pilares. Os dados mostraram que os pilares de Zr foram confiáveis dos pontos de vista biológico e mecânico para a região anterior. Além disso, confirmou-se que a Zr apresenta uma superfície menos propícia à retenção de placa bacteriana, quando comparada ao Ti<sup>12</sup>.

### Resistência dos implantes de zircônia — estudos *in vitro*

A cerâmica de Zr tem o dobro da resistência à força de flexão em comparação à alumina (900-1.400MPa), uma tenacidade à fratura de até 15MPa e um módulo de elasticidade de 210GPa (Tab. 1). As diferenças microestruturais, como a composição por partículas menores e polimórficas, também agem contra a propagação da trinca<sup>1,8,9</sup>.

A resistência à fratura dos implantes cerâmicos de peça única de Y-TZP e de Zr associada à alumina, tanto usados como de superfície modificada, foi avaliada num estudo com 120 amostras. Todos os implantes tiveram envelhecimento e exposição em boca artificial, simulando a angulação dos incisivos superiores, tendo os implantes de Ti como controle. Um grupo de implantes recebeu preparo para coroa total e outro ficou sem preparo algum. Um subgrupo foi submetido à ciclagem termomecânica num simulador de mastigação, antes do teste à fratura. Os implantes de Ti fraturaram ao nível do parafuso do pilar. Os de Zr, quando não preparados para coroa, fraturaram sempre ao nível da resina de cimentação, com 725-850N; e, nas amostras preparadas, com 539-607N. Entretanto, todos os valores obtidos estavam dentro dos limites de aceitação clínica<sup>13</sup>.

A maioria dos testes de resistência à fratura nos implantes de Zr é realizada com protótipos de peça única<sup>3,5,12,13</sup>. Porém, um estudo piloto com duas peças em Zr e Ti

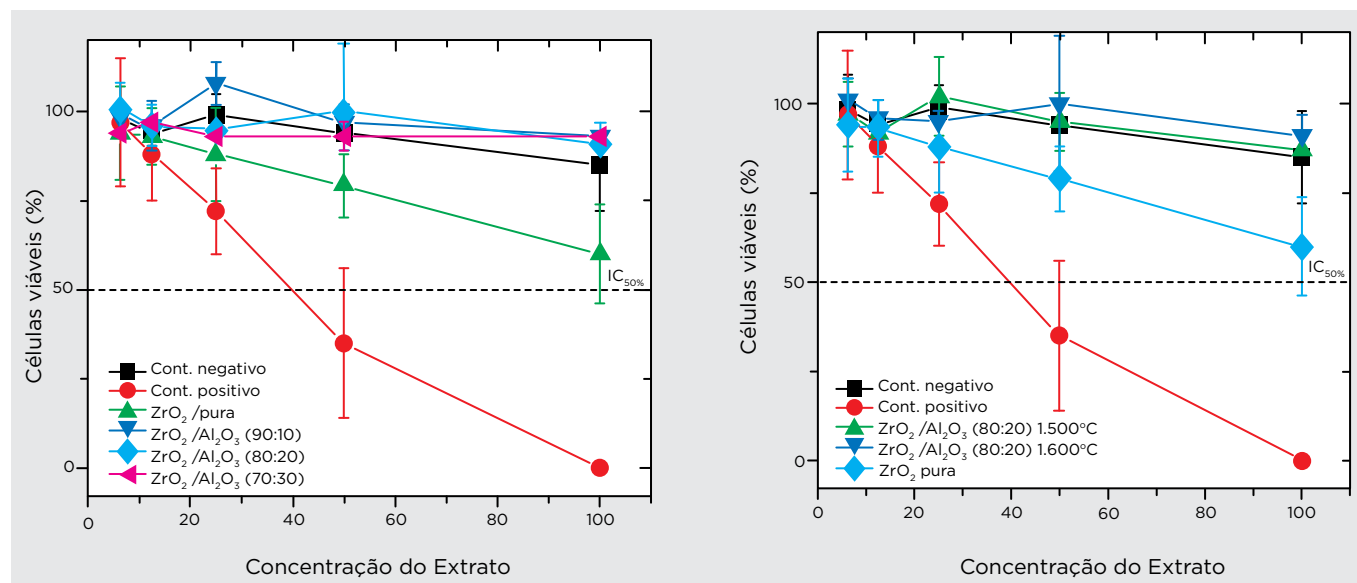
avaliou o comportamento biomecânico desses implantes. No grupo de Zr, a fratura foi maior ao nível da cabeça do implante, sob cargas relativamente baixas. Já no grupo do Ti, as rupturas prevaleceram ao nível do parafuso do pilar. Dessa forma, a estabilidade biomecânica desse ensaio em duas peças, em comparação com as forças exercidas por uma oclusão normal, ficou no limite do uso clínico<sup>14</sup>.

### Biocompatibilidade da zircônia

Desde que a Zr despertou interesse na Ortopedia Médica e na Implantodontia, a sua biocompatibilidade óssea e aos tecidos moles tem sido investigada. As interações na interface biomaterial-tecido com culturas de células *in vitro* são uma importante ferramenta de pesquisa<sup>2,8,9,13</sup>. Nos primeiros estudos, utilizava-se a Zr em pó, associada aos fibroblastos ou linfócitos. Ultimamente, as experiências são focadas em osteoblastos humanos, por estarem diretamente envolvidos na reação tecidual no local dos implantes. Os materiais associados à Zr, alumina e Ti têm sido estudados na expressão e secreção das metaloproteinases e seus inibidores em osteoblastos primários humanos, uma vez que o desequilíbrio entre essas enzimas pode resultar em numerosos eventos patológicos, como as reabsorções ósseas, osteólise e afrouxamento dos implantes<sup>5</sup>.

Por serem óxidos bioinertes, os implantes de zircônia têm uma excelente resistência à corrosão e ao desgaste, apresentando uma alta biocompatibilidade. Os testes de carcinogenicidade e de teratogenicidade apresentam resultados negativos<sup>2,5</sup>. Também nos testes de genotoxicidade, realizados com células cultivadas em placas de Zr, detectou-se ausência dos padrões de aberrações cromossômicas<sup>6,14</sup>.

Foi investigada a citotoxicidade das biocerâmicas desenvolvidas no uso dos sistemas de implantes cerâmicos através de amostras de  $ZrO_2$ ,  $ZrO_2-Al_2O_3$  e  $Si_3N_4$  sintetizadas com  $Tr_2O_3$ , em cultura de células de mamíferos.



**Figura 4** - À esquerda, ensaio de citotoxicidade: análise das amostras de  $ZrO_2/Al_2O_3$  em diferentes composições (90:10), (80:20), (70:30) e  $ZrO_2$  pura. À direita, ensaio de citotoxicidade: análise das amostras de  $ZrO_2/Al_2O_3$  (80:20) sinterizadas a 1.550°C e 1.600°C e  $ZrO_2$  pura (Fonte: Daguano, Santos, Rogero<sup>15</sup>).

Concluiu-se que os materiais não apresentaram caráter citotóxico, independentemente do tempo de sinterização e da composição de cada amostra. O estudo confirmou a biocompatibilidade dos materiais, sugerindo-os como fortes candidatos para os sistemas de próteses ou implantes dentários<sup>15</sup> (Fig. 4).

Em síntese, pode-se afirmar que o  $ZrO_2$ , ou zircônia, apresenta interessantes propriedades microestruturais, grande biocompatibilidade, osteocondutividade, redução da placa bacteriana e uma excelente interação com os tecidos moles<sup>2</sup>. Essas características a tornam o material cerâmico de escolha para a nova geração de implantes<sup>13-17</sup>.

A osseointegração da zircônia é comparável à obtida pelo Ti. Uma ampla revisão encontrou resultados mais expressivos nos estudos feitos com a cerâmica de Zr com superfícies modificadas por quatro tipos de rugosidades: por ataque ácido, jato de  $Al_2O_3$ , combinação de ambos ou com substâncias formadoras de poros adicionadas à superfície da Zr antes da sinterização do material<sup>18</sup>.

### Estudos *in vivo*

É, sobretudo, através dos estudos em animais que podem ser comprovados os resultados da osseointegração dos novos biomateriais usados na Implantodontia.

Um experimento com macacos avaliou a osseointegração e taxa de BIC dos implantes de Zr e Ti submetidos à carga. Cinco meses após a extração dos incisivos superiores, foram instalados 12 implantes de Ti e 12 de Zr em forma de cilindros. Todos os implantes apresentaram estabilidade primária no momento da inserção e nenhum deles foi perdido durante o decorrer da investigação. Após 6 meses, os implantes receberam coroas metálicas. Completado o tempo de cura, com 5 meses de uso, os implantes e os tecidos circundantes foram avaliados histologicamente. A média da BIC mineralizada no grupo Zr atingiu 67,4% e no grupo Ti, 72,7%. Portanto, a osseointegração estava nas mesmas proporções e com resultados semelhantes aos de estudos prévios<sup>19</sup>.

Para pesquisar a interface osso-implante, utilizou-se 24 implantes de Zr com superfícies modificadas e 24 de

Ti em tíbias de 12 mini porcos, com biópsias após uma, quatro e doze semanas. Uma perceptível fixação do osso foi vista já na primeira semana, aumentando na quarta semana em ambas as superfícies de Zr e Ti, que apresentaram osseointegração completa após 12 semanas (Fig. 5). Ao nível ultraestrutural, não houve diferença<sup>20</sup> óbvia entre a Zr de superfícies modificadas e o Ti com topografias similares (Fig. 6).

Numa abrangente investigação sobre implantes cerâmicos em animais, foram ordenados os dados clínicos e histológicos da conexão osso-implante (BIC). Em 25 estudos criteriosamente selecionados, encontrou-se BIC semelhante entre  $Al_3O_2$ ,  $ZrO_2$  e Ti. Nas investigações clínicas com implantes de alumina, e num acompanhamento de até 10 anos, encontrou-se sobrevida de 23 a 98%. Para os implantes de Zr, a sobrevivência média foi de 98% após um ano e 84% após 21 meses. Não houve diferença na taxa de osseointegração entre esses materiais. Os autores concluíram que a cerâmica de  $ZrO_2$  pode ser um material alternativo ao Ti na fabricação de implantes

dentários, embora não estejam disponíveis suficientes dados sobre a sua resistência à fratura<sup>13</sup>.

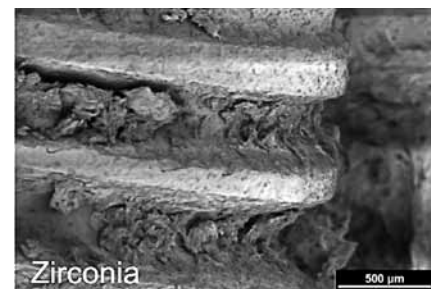
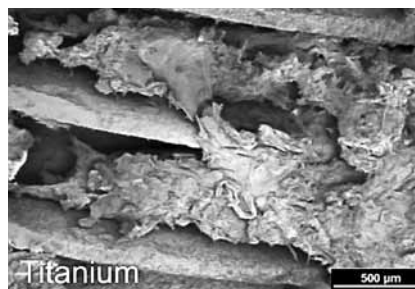
A Tabela 2 apresenta uma síntese de alguns dos estudos *in vivo* em animais<sup>5,13,14,19-27</sup> publicados entre os anos de 1993 e 2010, utilizando os implantes de zircônia para a avaliação da biocompatibilidade e do percentual de conexão implante-osso (BIC).

A osseointegração e sucesso clínico dos implantes dentários em Zr foi investigada em outra revisão sistemática, com vários sistemas de implantes cerâmicos Y-TZP comercialmente disponíveis. Os dados foram obtidos na MedPilot e mais 15 bases de dados, chegando a 96 artigos selecionados. A média de BIC nos grupos experimentais, com 1 a 24 meses da instalação em diferentes animais e sob distintas condições de carga, foi superior a 60% nos grupos experimentais.

Nos estudos que utilizaram o Ti como controle, os implantes Y-TZP foram compatíveis ou até melhores. As modificações microestruturais e de superfícies abreviaram a cicatrização óssea inicial e aumentaram o torque de remoção. Os autores consideraram os implantes de Zr como uma alternativa ao Ti, porém não como rotina clínica, sugerindo um longo tempo para avaliação<sup>28</sup>.



**Figura 5** - Fratura da tíbia de mini porcos, com implantes de Zr, após 3 meses de instalação (Fonte: Deprich<sup>20</sup>).



**Figura 6** - Matriz óssea aderida à superfície dos implantes de Zr e Ti, após uma semana (50x). (Fonte: Deprich<sup>20</sup>).

**Tabela 2** - Estudos *in vivo* com animais, publicados entre 1993 e 2010, consultados no presente trabalho.

Estudo	Animais	Implante estudado	BIC - resultados	Tempo
5	macacos	Ti e Zr c/c	Ti 72,9% c/a; Zr 67,4%	6m + 5m c/c
13	diversos	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> /ZrO <sub>2</sub> /Ti	23-98% / 84-98% / Zr ≈Ti	até 10a / 21m
14	coelhos	Zr (Y-ZPS)	68% - 100%	-
19	macacos	Ti e Zr	72,7% e 67,4%	14m
20	suínos pequenos	Ti e Zr c/rugosidades	Ti = Zr	7d / 1m / 3m
21	cães Beagle	Zr -ZPS	81,9% s/c; 69,8% c/c	3m
22	coelhos	Ti e Zr	Ti ≈ Zr (semelhantes)	14d / 28d
23	ovinos	Zr jateada, c/a; Ti c/a	Zr 77% / Ti 57-61%	14d / 1m / 2m
24	coelhos	Zr (ZiUnite) / Ti (Unite)	Zr 69,7% / Ti > 77,6%	21d / 42d
25	suínos grandes	Zr c/trat. duplo / Ti SLA	Zr ≈ Ti (semelhantes)	1m / 2m / 3m
26	cães	Zr / Ti / Polipropileno	59,2% / 41,2% / 26,4%	4m
27	coelhos	Zr jateada	Ti = Zr / RTQ Zr >Ti	-

**Legendas:** estudo= refere-se ao número da referência do estudo consultado; c/c= com carga; c/a= cond. ácido; a= anos; m= meses; d= dias; s/c= sem carga; ZPS= Zr parcialmente estabilizada; RTQ Zr= torque de remoção do implante de Zr; Y= ítrio; Ti= titânio.

## Discussão

Há muitos anos os implantes de Ti são considerados padrão-ouro na Implantodontia mundialmente conhecida<sup>29,30</sup>. No entanto, o uso dos materiais metálicos na região anterior, relacionado a periodontos finos, sempre foi considerado um desafio. Nessas situações, existe o risco de transparecer, através da mucosa gengival, a cor acinzentada e/ou de ocorrerem retrações gengivais que deixam transparecer a cabeça do implante ou a base do pilar. A presença de uma gengiva com coloração acinzentada pode ser atribuída a um fenótipo gengival fino, onde a pouca espessura não é capaz de bloquear a luz reflexiva do metal subjacente. A mudança do biótipo de comutação exige um procedimento cirúrgico adicional que é considerado desagradável para a maioria dos pacientes, além dos riscos de recidivas<sup>5,18</sup>.

Alguns autores sugerem pilares cerâmicos à base de alumina ou de zircônia para mascarar esse problema e alcançar melhor estética mucogengival<sup>4,5,11,12,31</sup>.

Outro problema pode estar relacionado com possíveis efeitos nocivos dos materiais metálicos no organismo humano, pelas interações químico-biológicas, tanto no nível peri-implantar como no sistêmico, argumento defendido pelos seguidores da Medicina holística<sup>2,6,7,13,17,29,32</sup>.

As descolorações teciduais, reações alérgicas ou de corpo estranho são atribuídas à corrosão de ligas metálicas como o Ti, Co, Cr, Ni, aço e outros metais de uso odontológico, devido ao desprendimento de partículas e íons nos tecidos adjacentes, no sistema linfático, em órgãos distantes e nos nociceptores, porém com mecanismos ainda desconhecidos pela comunidade científica<sup>6,7,13,22,25,31,32</sup>.

As avaliações clínicas de alguns pacientes podem indicar intolerância a metais, evidenciada por alguns sinais e sintomas<sup>2,6,15</sup>. Para os pacientes alérgicos ou sensíveis a metais, preconizam-se exames de sangue, urina, exame EAV, teste de Melisa<sup>®</sup>, ou a cinesiologia (LTT)<sup>32</sup>.



### Zircônia - uma (re)evolução surpreendente

A Zr ocupa um lugar de destaque entre os materiais cerâmicos, pelas excelentes propriedades físicas e químicas, e por ser considerada *metalfree*. A cerâmica Y-TZP tem vantagens sobre outros biomateriais, devido aos mecanismos de transformação de fases e tenacificação que operam na microestrutura, conferindo a ela importantes propriedades mecânicas<sup>1,2,6,7,8,11-14,17,26</sup>.

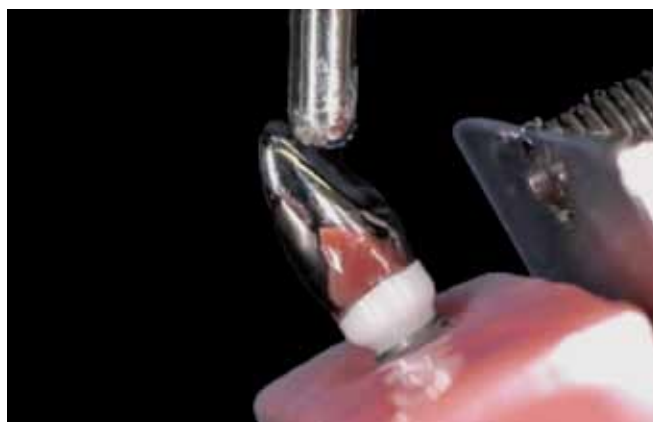
Quando comparada com o Ti, quanto às propriedades mecânicas, a Zr não é uma boa alternativa para suportar cargas oclusais elevadas, uma vez que sua resistência à flexão é inferior à do Ti. Essa característica pode inviabilizar ou limitar o uso da Zr para reabilitações em pacientes com bruxismo<sup>27,29,31</sup>. No entanto, o módulo de elasticidade do  $ZrO_2$  é duas vezes superior ao do Ti; além disso, a Zr apresenta boa tenacidade à fratura, propriedade que a leva a suportar melhor as forças de cisalhamento e a distribuição do estresse cíclico na área do implante, na normalidade funcional do sistema estomatognático<sup>4,8,9,13,17</sup>.

Experimentos *in vitro* mostraram que a Zr é capaz de suportar cargas de longo prazo em simuladores. Foi demonstrado, em boca artificial, que os valores de resistência à fratura nos implantes de Zr de corpo único estavam dentro dos limites de aceitação clínica (Fig. 7, 8). Contudo, existem evidências de que as propriedades mecânicas desse biomaterial parecem ser influenciadas pela preparação clínico-laboratorial<sup>8,11,13,14,32,33,34</sup>.

Estudos *in vivo* com animais demonstram a equivalência de BIC nos implantes de Zr e Ti<sup>5,13,20,22,25,27</sup>. Também tem sido observado, em nível ultraestrutural, que as superfícies modificadas da Zr resultaram numa osseointegração comparável ou melhor do que a dos implantes de Ti<sup>18,21,23,26,27,28</sup>.

Avaliando-se a interação da cerâmica de Zr com os tecidos moles, alguns estudos mostram uma significativa redução da placa bacteriana, quando comparada com o Ti, característica considerada essencial para a longevidade do biomaterial<sup>12,16,17,19,21,24,31,32</sup>.

Tendo em vista a evolução das propriedades microestruturais da cerâmica Y-TZP, sua estabilidade química, grande biocompatibilidade, osseointegração, osteocondutividade, redução da placa e uma excelente periointegração, pode-se afirmar que a zircônia tornou-se o material cerâmico de escolha para a nova geração de



**Figura 7** - Teste de resistência no implante de Zr de corpo único com coroa metálica (Fonte: Nothdurft<sup>34</sup>).



**Figura 8** - Implante de Zr fraturado, nos limites de aceitação clínica. (Fonte: Nothdurft<sup>34</sup>).

implantes; porém, se fazem necessários mais estudos prospectivos de longo prazo<sup>2,12,13,14,16,18,28,32</sup>.

### Conclusão

- » A zircônia é considerada um biomaterial com ótima citocompatibilidade, sem efeitos mutagênicos ou carcinogênicos; sendo uma alternativa para pacientes alérgicos ou com sensibilidade a metais.
- » Os estudos em animais com implantes de Ti e Zr (Y-TZP) demonstraram taxas semelhantes de BIC e osseointegração.

» Os implantes de zircônia com superfícies modificadas apresentam uma osseointegração mais rápida e favorável.

» Embora as propriedades mecânicas da Zr possam ser influenciadas pelo preparo clínico-laboratorial, os testes de resistência à fratura em implantes Y-TZP de peça única estão dentro dos limites de aceitação clínica.

» Os implantes de Zr já se apresentam como uma alternativa aos de Ti, sendo mais indicados para a região anterior, nos casos com fenótipos gengivais finos e linha de sorriso elevada, na normalidade funcional do sistema.

## Zirconia dental implants: An alternative for today or for the future? (Part I)

### Abstract

**Introduction:** Dental implants and abutments are usually made of titanium (Ti) due to its biocompatibility and mechanical properties. However, local problems related to thin gingival phenotypes or high smile lines have always been a challenge in Implant Dentistry. In these situations, the grey color of the implants might be visible through the gingival tissues. Have also been reported several harmful effects of metallic materials in the human body at both peri-implant and systemic levels, especially by followers of holistic Medicine.

**Objectives:** In order to find an alternate material for Ti in dental implants, it was made a broad literature review. **Methods:** It was made a search for papers that evaluated ceramic zirconium dioxide (ZrO<sub>2</sub>) or zirconia (Zr), comparing them with *in vitro* and *in vivo* clinical data. It was also assessed bone-implant contact (BIC), evaluating its biocompatibility, the resistance and their indications.

**Conclusion:** It was concluded that zirconia is considered a biomaterial with excellent biocompatibility, bone integration and BIC rates comparable to the ones of Ti. The Zr ceramics with modified surfaces have a more favorable osseointegration. Y-TZP (yttria-stabilized tetragonal polycrystalline zirconia) dental implants have many advantages over other ceramic materials due to the toughening mechanisms operating in its microstructure. The fracture resistance of the biomaterial satisfies the boundaries of clinical acceptance, within normal functioning of stomatognathic system. Therefore, we can conclude that Zr implants are an alternative to Ti implants and are more suitable to the anterior region, with thin gingiva phenotypes, high smile lines and for patients with allergies to metals or Ti.

**Keywords:** Osseointegration. Biocompatible materials. Dental implants. Implants and prosthesis. Materials testing. Allergies. Immunology.

## REFERÊNCIAS

1. Moraes MCCSB. Microestrutura e propriedades mecânicas de compósitos alumina-zircônia para próteses dentárias. [tese]. Rio de Janeiro: Instituto Militar de Engenharia; 2004.
2. Piconi C, Maccauro G. Zirconia as a ceramic biomaterial. *Biomaterials*. 1999;20(1):1-25.
3. Kohal RJ, Klaus G, Strub JR. Zirconia-implant-supported all-ceramic crowns withstand long-term load: a pilot investigation. *Clin Oral Implants Res*. 2006;17(5):565-71.
4. Özkurt Z, Işeri U, Kazazoğlu E. Zirconia ceramic post systems: a literature review and a case report. *Dent Mater J*. 2010;29(3):233-45.
5. Kohal RJ, Att W, Bächle M, Butz F. Ceramic abutments and ceramic oral implants. An update. *Periodontol* 2000. 2008;47:224-43.
6. Repenning D. Implantate mit nanostrukturierter keramischer Oberfläche. *Arzt, Zahnarzt Naturheilverfahren, Ganzheitliche Zahnmedizin Seite*, 2005;16. [Cited 2011 Jan 10]. Available from: <http://www.omt.de/download/arzt-zahnarzt-naturheilverfahren-1-05.pdf>.
7. Catrina W. Zahnimplantate: wird Zirkonoxid dem Titan den Rang ablaufen? Den ästhetischen Vorzügen stehen noch fehlende Langzeiterfahrungen gegenüber. *Neuö Zürcör Zäitung*, 2009;86(9):1-2.
8. Bonfante EA. Confiabilidade e modos de próteses fixas implanto-suportadas metalo-cerâmicas em zircônia [tese]. Bauru (SP): Universidade de São Paulo; 2009.
9. Duarte DG. Síntese e processamento de compósitos à base de zircônia-alumina com infiltração de fase vítrea para aplicações odontológicas [dissertação]. São Paulo (SP): Universidade de São Paulo; 2007.
10. Metoxit High Tech Ceramics. Flyer Metoxit Orthopaedics. Catálogo 2011. [cited 2011 jan 20]. Available from: [www.metoxit.com/english/index.html?aktuell.html](http://www.metoxit.com/english/index.html?aktuell.html).
11. Amleh B, Lyons K, Swain M. Clinical trials in zirconia: a systematic review. *J Oral Rehabil*. 2010;37(8):641-52.
12. Nakamura K, Kanno T, Milleding P, Ortengren U. Zirconia as a dental implant abutment material: a systematic review. *Int J Prosthodont*. 2010;23(4):299-309.
13. Andreiottelli M, Wenz HJ, Kohal R. Are ceramic implants a viable alternative to titanium implants? A systematic literature review. *Clin Oral Impl Res*. 2009;20(Suppl. 4):32-47.
14. Kohal RJ, Finke HC, Klaus G. Stability of prototype two-piece zirconia and titanium implants after artificial aging: an in vitro pilot study. *Clin Implant Dent Relat Res*. 2009;11(4):323-9. Epub 2008 Sep 9.
15. Daguano JKMF, Santos C, Rogero SO. Avaliação da citotoxicidade de biocerâmicas desenvolvidas para uso em sistemas de implantes. *Revista Matéria*. 2007;12(1):134-9.
16. 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. *Clin Implant Dent Related Res*. 2004;7(2):292-6.
17. Hisbergues M, Vendeville S, Vendeville P. Zirconia: Established facts and perspectives for a biomaterial in dental implantology. *J Biomed Mater Res B Appl Biomater*. 2009;88(2):519-29.
18. Costa P. Implantes em zircônio: uma solução de futuro [monografia]. Porto (PO): Universidade Fernando Pessoa; 2009.
19. Kohal RJ, Weng D, Bächle M, Klaus G. Zirkonoxyd-Implantate unter Belastung. Eine vergleichende histologische, tierexperimentelle Untersuchung. *Z Zahnärztl Impl*. 2003;19(2):88-91.
20. Depprich R. Osseointegration of zirconia implants: an SEM observation of the bone-implant interface. *Head Face Med*. 2008;4(25):1-7.
21. 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 Prosthet Dent*. 1998;80(5):551-8.
22. Hoffman O, Angelov N, Gallez F, Jung RE, Weber FE. The zirconia implant-bone interface: a preliminary histologic evaluation in rabbits. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 2008;23(4):691-5.
23. Langhoff JD, Voelter K, Scharnweber D, Schnabelrauch M, Schlottig F, Hefti T et al. Comparison of chemically and pharmaceutically modified titanium and zirconia implant surfaces in dentistry: a study in sheep. *Int J Oral Maxillofac Surg*. 2008;37(12):1125-32.
24. Lee J, Sieweke JH, Rodriguez NA, Schüpbach P, Lindström H, Susin C, et al. Evaluation of nano-technology modified zirconia oral implants: a study in rabbits. *J Clin Periodontol*. 2009;36(7):610-7.
25. Gahlert M, Röhling S, Wieland M, Sprecher CM, Kniha H, Milz S. Osseointegration of zirconia and titanium dental implants: a histological and histomorphometrical study in the maxilla of pigs *Clin Oral Implants Res*. 2009;20(11):1247-53. Epub 2009 Jun 15.
26. Koch FP, Weng D, Krämer S, Biesterfeld S, Eimermacher JA, Wagner W. Osseointegration of one-piece zirconia implants compared with a titanium implant of identical design: a histomorphometric study in the dog. *Clin Oral Implants Res*. 2010;21(3):350-6.
27. Sennerby L, Dasmah A, Larsson B, Iverhed M. Bone tissue responses to surface-modified zirconia implants: A histomorphometric and torque study in the rabbit. *Clin Implant Dent Relat Res*. 2005;7 Suppl 1:S13-20.
28. Wenz HJ, Bartsch J, Wolfart S, Kern M. Osseointegration and clinical success of zirconia dental implants: a systematic review. *Int J Prosthodont*. 2008;21(1):27-36.
29. Wataha JC. Materials for endosseous dental implants: review. *J Oral Rehabil*. 1996;23(2):79-90.
30. Branemark PI, Zarb JA, Albrektsson T. Prótesis tejido-integradas. La oseointegración em la Odontologia clínica. Califórnia: Quintessence Books; 1987.
31. Azevedo VVC, Chaves SA, Bezerra DC, Costa ACFM. Materiais cerâmicos utilizados para implantes. *Rev Eletr Mater Proc*. 2007;(2.3):35-42.
32. Oliva X, Oliva J, Oliva JD. Full-mouth oral rehabilitation in a titanium allergy patient using zirconium oxide dental implants and zirconium oxide restorations. A case report from an ongoing clinical study. *Eur J Esthet Dent*. 2010;5(2):190-203.
33. Chevalier J, Gremillard L, Deville S. Low-temperature degradation of zirconia and implications for biomedical implants. *Annual Rev Mater Res*. 2007;37:1-32.
34. Nothdurft FP, Doppler KE, Erdelt KJ, Knauber AW, Pospiech PR. Fracture behavior of straight or angulated zirconia implant abutments supporting anterior single crowns. *Clin Oral Invest*. 2010;15(2):157-63.