

NOVAS SUPERFÍCIES EM ARTROPLASTIA TOTAL DO QUADRIL

NEW BEARING SURFACES IN TOTAL HIP REPLACEMENT

Carlos Roberto Schwartzmann¹, Leonardo Carbonera Boschini², Ramiro Zilles Gonçalves², Anthony Kerbes Yépez², Leandro de Freitas Spinelli²

RESUMO

A artroplastia total do quadril tem sido indicada cada vez mais em pacientes mais jovens e ativos, além de haver uma natural e crescente demanda do procedimento em função do aumento da expectativa de vida dos pacientes. Os altos custos da cirurgia e as controvérsias da *performance* dos implantes fazem deste assunto objeto de constantes pesquisas na busca de novos materiais com melhores resistências ao desgaste e biocompatibilidade. O presente artigo abrange um estudo de revisão das novas superfícies em artroplastia total do quadril.

Descritores – Artroplastia de Quadril/história; Artroplastia de Quadril/métodos; Artroplastia de Quadril/estatística & dados numéricos.

ABSTRACT

Total hip arthroplasty is being increasingly indicated for younger and more active patients, in addition to a naturally growing demand for the procedure because of increasing life expectancy among patients. The high costs of this surgery and the controversies regarding implant performance have made this topic the subject of constant research, seeking new materials with better resistance to wear and better biocompatibility. The present article provides a review of new surfaces in total hip arthroplasty.

Keywords – *Arthroplasty, Replacement, Hip/history; Arthroplasty, Replacement, Hip/methods; Arthroplasty, Replacement, Hip/statistics & numerical data.*

INTRODUÇÃO

A artroplastia total do quadril permanece como um dos mais bem sucedidos procedimentos ortopédicos. Apesar disto, a área da cirurgia do quadril continua enfrentando desafios constantes pelo aumento contínuo no volume de pacientes, custos e controvérsias a respeito da confiabilidade e *performance* das superfícies dos implantes^(1,2). O procedimento tem sido indicado cada vez mais em pacientes mais jovens e ativos. Os resultados da artroplastia do quadril mostraram-se excelentes em pacientes mais idosos. Entretanto, em pacientes mais jovens (< 40 anos), as taxas de falha encontram-se entre 21 e 28% em cinco anos⁽³⁻⁷⁾. Devido ao aumento da expectativa de vida da população, espera-se que a cirurgia de artroplastia se torne ainda mais frequente

nas próximas décadas. Conforme levantamento recente do IBGE, a população com 65 anos ou mais aumentará em pelo menos 3,7x até 2050⁽⁸⁾.

A artroplastia total do quadril como conhecemos hoje começou na década de 1960 quando Charnley sugeriu uma haste femoral com cabeça em aço inox articulada com um implante acetabular de polietileno de alta densidade, ambos fixados ao osso com cimento de polimetilmetacrilato. Muitos problemas, no entanto, permanecem sem solução até hoje. Procura-se um modelo mecânico ideal, com melhores materiais, resistência ao desgaste e biocompatibilidade^(1,9). Apesar da pesquisa contínua sobre os melhores materiais de implante, a combinação clássica de metal articulando-se com polietileno de ultra-alto peso molecular continua sendo a mais amplamente utilizada⁽¹⁾.

1 – Professor Titular de Ortopedia da Universidade Federal de Ciências da Saúde de Porto Alegre (UFCSA), Chefe do Serviço de Ortopedia e Traumatologia do Complexo Hospitalar da Santa Casa de Porto Alegre – Porto Alegre, RS, Brasil.

2 – Grupo de Cirurgia do Quadril do Complexo Hospitalar da Santa Casa de Porto Alegre – Porto Alegre, RS, Brasil.

Trabalho Realizado no Complexo Hospitalar da Santa Casa de Porto Alegre – Porto Alegre, RS, Brasil

Correspondência: Rua Leopoldo Bier, 825 – Santana – 90620-100 – Porto Alegre, RS. E-mail: schwartzmann@gmail.com

Trabalho recebido para publicação: 12/09/2011, aceito para publicação: 15/09/2011.

Os autores declaram inexistência de conflito de interesses na realização deste trabalho / *The authors declare that there was no conflict of interest in conducting this work*

Este artigo está disponível online nas versões Português e Inglês nos sites: www.rbo.org.br e www.scielo.br/rbort
This article is available online in Portuguese and English at the websites: www.rbo.org.br and www.scielo.br/rbort

Novos materiais, inclusive novas ligas que compõem superfícies de metal-metal, materiais cerâmicos e novos polietilenos têm sido desenvolvidos e aperfeiçoados ao longo dos anos. Este trabalho realiza uma revisão das superfícies utilizadas em artroplastias totais de quadril.

Polietileno

A superfície metal-polietileno é ainda a mais utilizada na artroplastia total do quadril^(1,9). Como vantagem, é barata, tecnicamente mais fácil de ser implantada, permite a imediata descarga de peso, os cirurgiões têm ampla experiência com o método e o acetábulo atual, feito de polietileno com *cross-link*, provavelmente trará melhores resultados futuros quando comparado com o polietileno antigo. Como desvantagens, o cimento envelhece e se desintegra sucessivamente, podendo causar a conhecida “doença do cimento”. Há um desgaste maior desta superfície em relação às mais novas e suas partículas podem produzir, além da “doença do polietileno”, osteólise⁽¹⁾. Berry *et al*⁽¹⁰⁾ mostraram sobrevida de 92% para um seguimento de 10 anos e de 77,5% para um seguimento de 25 anos em pacientes com próteses de Charnley convencionais. Schulte *et al*⁽¹¹⁾, Keener *et al*⁽¹²⁾, Callaghan *et al*⁽¹³⁾ e Buckwalter *et al*⁽¹⁴⁾ apresentam de 69% a 90% de bons resultados com a prótese de Charnley em 20 a 30 anos de seguimento. Wroblewski *et al*⁽¹⁵⁾ reportam um período ainda maior de seguimento (30 a 40 anos) da prótese de Charnley com 90% de bons resultados.

O polietileno de ultra-alto peso molecular é formado através da polimerização do etileno e é excepcional para os implantes ortopédicos, uma vez que é biocompatível, proporciona uma superfície de baixo atrito e é notavelmente resistente ao desgaste⁽⁹⁾. Charnley iniciou seu uso em 1962 após ter descartado o uso do Teflon como material de implante acetabular, já que este apresentava uma resistência muito baixa e uma elevada taxa de desgaste⁽¹⁾.

O desgaste do polietileno é o maior obstáculo na longevidade das próteses. Pacientes jovens e ativos, principalmente abaixo de 55 anos, do sexo masculino, são os que apresentam maior risco para o desgaste acelerado⁽¹⁾. O polietileno tipo *cross-link* é obtido através do processo de irradiação do polietileno com raios gama. A irradiação do material produz “ligações cruzadas” na estrutura molecular do material. O polietileno é então submetido a um aumento de temperatura até alguns graus antes da temperatura de derretimento por um período de tempo preciso para remover os radicais livres.

O polietileno tipo *cross-link* combinado com o tratamento térmico tem emergido recentemente como uma tecnologia para melhorar a resistência do polietileno contra o desgaste e a oxidação dos componentes acetabulares de ultra-alto peso molecular (UHMWPE). *Cross-link* não é certamente uma tecnologia nova, porque a maioria das superfícies de rolamento convencionais de UHMWPE sempre foram esterilizadas com irradiação gama. A escala típica da dose da radiação para a esterilização gama é 25-40kGy, conduzindo à esterilização do produto e a algum grau de *cross-link*. Consequentemente, a maioria dos polietilenos acetabulares de UHMWPE usados nas quatro décadas passadas sempre tiveram algum grau de *cross-link*. Entretanto, o nível de *cross-link* conseguido com a esterilização gama sozinho é muito mais baixo do que o que está sendo realizado com os métodos mais contemporâneos de radiação, seguidos por uma etapa térmica de tratamento. As mudanças nas propriedades mecânicas do polietileno tratados termicamente ocorrem primariamente por mudanças na densidade e na cristalinidade do mesmo⁽⁹⁾.

Embora a falha do polietileno possa ocorrer devido a uma fratura ou a um desgaste externo, a modalidade mais comum de falha do polietileno é o desgaste interno na interface metal-plástico. O desgaste é mais frequente na porção superolateral do componente e os fatores determinantes são o coeficiente de atrito, lubrificação, carga aplicada, diâmetro da cabeça, número de ciclos e dureza dos materiais⁽¹⁾. Existem três tipos de desgaste: o abrasivo – a superfície mais dura produz sulcos na superfície mais mole; o adesivo – o material mais mole solta fragmentos que se aderem ao material mais duro; e a fadiga – o carregamento cíclico inicia fissuras, partículas ou delaminação e o material cruza o regime elástico, causando ruptura plástica⁽¹⁶⁾.

Conforme Huo *et al*⁽²⁾, os polietilenos com *cross-link* estão sendo utilizados há mais de uma década, sendo suas características de resistência ao desgaste objetos de estudo contínuo. A prevalência de osteólise em pacientes jovens (< 50 anos) com artroplastias totais com polietileno com *cross-link* é inferior ao grupo tratado com polietileno sem *cross-link*. Considerando a relação do desgaste de polietilenos com *cross-link* com a osteólise, a taxa de penetração da cabeça femoral não é diferente entre diversos tamanhos avaliados (36, 38 e 40mm). Da mesma forma, Huo *et al*⁽²⁾ discutem que as taxas encontradas para cabeças 28 e 32mm também não diferem ($p = 0,48$) e que este fato é importante porque

cabeças maiores têm sido utilizadas para melhorar a *performance* clínica dos implantes e reduzir o risco de luxação. Os autores referem que a fratura do material por fadiga é uma potencial limitação dos polietilenos *cross-link* de primeira geração, mas que estes materiais futuramente deverão oferecer melhores características de resistência e menores riscos para fratura por fadiga⁽²⁾.

Metal

A maior vantagem da utilização da superfície metal-metal na artroplastia total do quadril é a redução do desgaste. Um acetábulo de polietileno convencional desgasta, em média, a uma taxa de 0,1mm a 0,2mm por ano. As articulações de metal-metal podem desgastar a uma taxa de até 40 a 100x menos^(17,18). Da mesma forma, a taxa de desgaste volumétrico da articulação metal-metal é de aproximadamente 200x menor que a da articulação metal-polietileno^(17,18), mas os valores médios encontrados na literatura variam. Uma média geral do desgaste linear pode ser vista na Figura 1 para as diferentes combinações de superfícies articuladas e na Figura 2 pode-se observar alguns exemplos de diferentes superfícies articulares.

As desvantagens da articulação metal-metal incluem o seu alto custo, a hipersensibilidade do paciente ao metal, falta de ensaios clínicos por longo prazo e a liberação de íons metálicos (cobalto, cromo, titânio), detectados tanto no sangue quanto na urina, tanto em *designs* novos quanto em antigos^(19,20). Quando considerada a articulação metal-polietileno, também se observam alterações nesses íons, mas estas variações são muito inferiores. Huo *et al*⁽²⁾ referem que a maior controvérsia a respeito das novas superfícies no que tange a resposta biológica

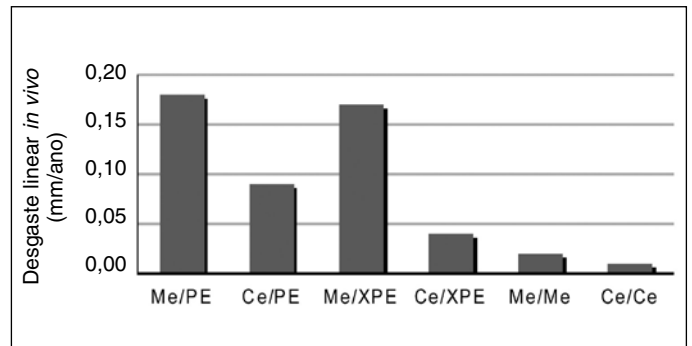


Figura 1 – Médias das taxas de desgaste linear *in vivo* por ano para as configurações de cabeça-acetábulo encontradas na prática ortopédica.

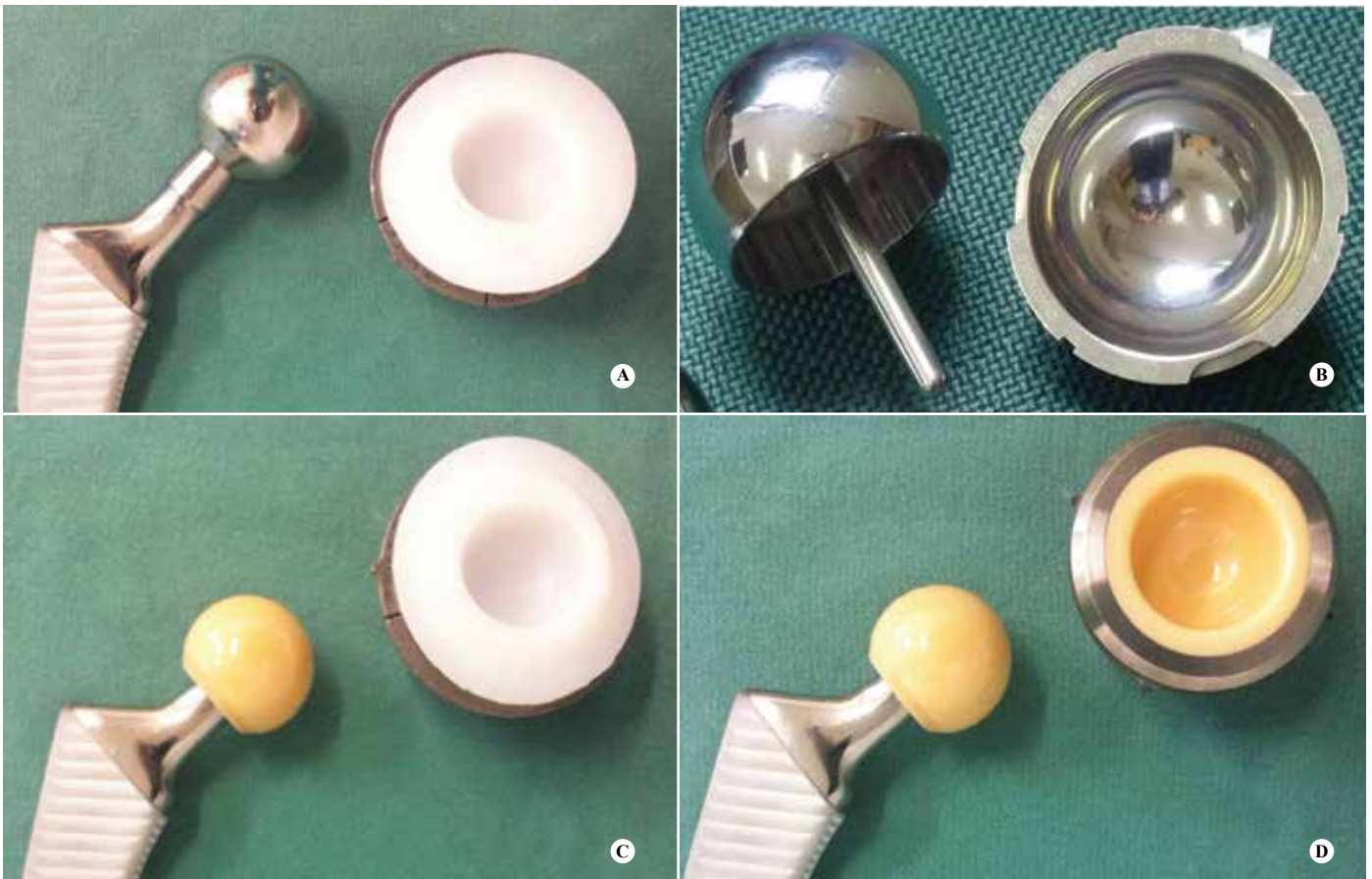


Figura 2 – Superfícies articulares. (A) articulação metal-polietileno; (B) metal-metal; (C) cerâmica-polietileno; (D) cerâmica-cerâmica.

envolve as superfícies metal-metal. Os autores relatam um aumento dos trabalhos envolvendo as articulações metal-metal nos últimos anos apresentando potenciais efeitos adversos e discutem que estes efeitos podem estar envolvidos tanto nas artroplastias totais de quadril com superfícies metal-metal de grande diâmetro quanto em *resurfacing*. O problema mais comum tem sido a resposta biológica dos macrófagos e linfócitos que pode estar relacionada ao mau posicionamento do implante, resultando em um aumento do desgaste e consequente liberação de íons metálicos⁽²⁾. Harkess e Crockarell⁽¹⁾ referem que flexionar ou arranhar o implante pode romper sua camada protetora de superfície e a corrosão pode acelerar o processo de falha por fadiga. Os resultados da corrosão podem ser vistos como formação de entulhos ou manchas na superfície dos implantes.

Entretanto, ainda não há informações definitivas a respeito da prevalência destes efeitos adversos relacionados às superfícies metal-metal nas artroplastias totais de quadril⁽²⁾. Clinicamente o efeito adverso mais importante que se manifesta é a dor. Glyn-Jones *et al*⁽²¹⁾ realizaram um estudo com 1.224 pacientes que realizaram artroplastia de *resurfacing*. Destes, 1,8% sofreram revisão principalmente para o tratamento de pseudotumores. Os autores observaram uma maior chance do desenvolvimento de pseudotumores em pacientes do sexo feminino ($p < 0,001$), idade inferior a 40 anos ($p = 0,003$), componentes de menores tamanhos ($p = 0,003$) e em pacientes com displasia do quadril ($p = 0,019$). As taxas de revisão foram 0,5% em oito anos de seguimento para homens, 6% para mulheres com mais de 40 anos e 13,1% para mulheres mais jovens. Entretanto, Huo *et al*⁽²⁾ citam estatísticas diferentes referindo taxas de revisão em torno de 3,2%, mas como causa mais comum a fratura do colo femoral (1,6%) e não as reações teciduais adversas ou dor de origem inexplicável, mostrando casos de pseudotumores variando de 0,09% a 0,15% de prevalência em artroplastias de *resurfacing*.

Huo *et al*⁽²⁾ referem que alterações histológicas estão associadas com a falência das articulações metal-metal em *resurfacing*. Infiltrados linfocíticos podem estar presentes no osso em até 1/3 das amostras, sendo mais frequente em mulheres, podendo ser a causa da dor. Estas alterações causam hipersensibilidade e podem levar à perda da fixação entre a interface osso-cimento.

Diferentemente dos autores citados anteriormente, Kwon *et al*⁽²²⁾ avaliaram tecidos de cirurgia de revisão de artroplastias metal-metal, com e sem alterações

pseudotumorais, e não encontraram diferenças significativas na atividade dos linfócitos ou traços de elementos metálicos. Portanto, há uma controvérsia se a formação destes pseudotumores estaria relacionada à hipersensibilidade aos íons metálicos.

Garbuz *et al*⁽²³⁾ realizaram um estudo prospectivo e randomizado comparando a artroplastia de *resurfacing* com artroplastia total do quadril com cabeças grandes em articulação metal-metal e mediram os níveis séricos de cobalto e cromo em 30 pacientes. Um maior aumento de íons metálicos foi observado nos pacientes tratados com artroplastia total de quadril do que no grupo com *resurfacing*, apesar de ambos estarem aumentados quando comparados ao pré-operatório.

Alguns estudos também mostram níveis de íons metálicos em placenta e sangue materno de pacientes previamente operadas com superfícies metal-metal⁽²⁾. Deve-se, portanto, ter precaução no uso de implantes metal-metal em mulheres com idade fértil, já que não são conhecidos os efeitos destes íons no sangue materno e fetal. A significância, de maneira geral, se existe, da elevação dos íons metálicos permanece incerta. Inclusive, alguns autores⁽²⁴⁾ não observaram qualquer aumento de risco específico aos pacientes. Estudos por longo prazo, de mesmos seguimentos da articulação metal-polietileno, ainda não se encontram disponíveis para o metal-metal. Até o presente momento não há causa e efeito definidos em relação aos implantes de metal-metal, que foram inicialmente implantados nos anos 1960, e risco de câncer^(7,25).

Cerâmica

A história do uso de materiais cerâmicos na artroplastia do quadril foi iniciada nos anos 70. Boutin avançou no uso de articulações cerâmica-cerâmica, quando Shikata propôs o uso de uma cabeça femoral de cerâmica que se articulasse de encontro a um acetábulo de UHMWPE. As determinantes para estas aproximações eram a resistência de corrosão e a biocompatibilidade elevadas da cerâmica, junto com sua resistência superior ao risco em comparação às ligas metálicas. A configuração cerâmica-cerâmica tem sua resistência ao desgaste melhor comparada com a articulação convencional de CoCr/UHMWPE. As aplicações iniciais da cerâmica na prótese de quadril usaram exclusivamente a alumina (Al₂O₃). Nos anos 80, a Zircônia (ZrO₂) foi introduzida para o uso em componente femoral para ser utilizada em próteses cerâmica-UHMWPE devido à sua força e resistência

mais elevadas em comparação à alumina. Uma vez que são óxidos estáveis, os componentes cerâmicos são quimicamente inertes e não sofrem os processos de desgaste oxidativo, que podem produzir asperezas de superfície nas cabeças metálicas. As cerâmicas não se decompõem para produzir íons metálicos^(1,9).

Como vantagens, as cerâmicas são extremamente rígidas ao mesmo tempo em que apresentam uma superfície de baixa rugosidade. Como resultado, o implante cerâmica-polietileno terá uma tendência menor de sofrer desgaste quando comparado ao metal-polietileno, principalmente quando consideramos seu uso em pacientes jovens e ativos⁽²⁶⁾. Como visto na Figura 1, taxas ainda menores são observadas com implantes cerâmica-cerâmica. Por conseguinte, não se observará quantidade excessiva de debris ou íons. Então, o cirurgião pode optar em utilizar cabeças maiores para reduzir riscos de luxação⁽²⁾. As desvantagens do acetábulo cerâmico incluem o fato de as cúpulas não incorporarem as abas que diminuem o risco de luxação. Além disso, as cerâmicas apresentam um mecanismo de ruptura frágil e a primeira geração ocasionava rupturas catastróficas. Houve uma melhora significativa dos processos de fabricação ao longo dos últimos anos, com diminuição do tamanho dos grãos e aumento de sua densidade, além de um melhor controle de qualidade⁽⁹⁾. Apesar disso, hoje em dia, fraturas da cabeça femoral são muito raras. Heisel *et al*⁽²⁷⁾ relataram uma taxa de 0,004%. Finalmente, os implantes cerâmica-cerâmica são mais caros⁽²⁾.

Enquanto as superfícies de rolamento metálicas podem riscar na presença de um terceiro corpo e aumentar o desgaste da superfície do polietileno, as superfícies de rolamento cerâmicas podem, teoricamente, permanecer livres dos riscos para sobrevivência mais longa *in vivo*. Há uma controvérsia a respeito do benefício de componentes cerâmicos em melhorar o comportamento do desgaste *in vivo* do polietileno. Estudos sugerem sobrevivência maior da artroplastia quando há utilização de articulação cerâmica-cerâmica do que quando há cerâmica-polietileno⁽⁹⁾.

Huo *et al*⁽²⁾ referem que as artroplastias totais de quadril com este tipo de superfície tem uma taxa de sobrevida em 10 anos de 96% contra 91% nos casos de superfície metal-polietileno. Entretanto, diversos outros autores apontam até 90% de bons resultados para a superfície metal-polietileno para 20 a 30 anos de seguimento⁽¹¹⁾. Wroblewski *et al*⁽¹⁵⁾ reportam um período ainda maior de seguimento (30 a 40 anos) das próteses

de Charnley com 90% de bons resultados, tempo este que ainda não há em estudos das superfícies cerâmicas.

Huo *et al*⁽²⁾ referem que há fratura da cúpula em 0,2% dos casos e alterações sonoras em 0,1% dos casos. O fenômeno do *squeaking* tem sido reportado em associação com todos os tipos de superfícies, mas ficou mais popularizado na associação cerâmica-cerâmica. Observou-se recentemente diferentes “taxas de *squeaking*” em associação com diferentes *designs* de hastes, mas com superfícies de cerâmica-cerâmica idênticas. As características acústicas são muito diferentes entre diferentes *designs*. Além disso, os autores relatam que o *squeaking* também é diferente em função do número de ciclos testados. Jarrett *et al*⁽²⁶⁾ observaram que a incidência do *squeaking* na associação cerâmica-cerâmica pode ser muito maior que a previamente reportada de <1%. As causas e implicações do fenômeno ainda necessitam ser melhor determinadas.

Hernigou *et al*⁽²⁸⁾ apresentam o *oxinium* como uma nova alternativa. A liga de nióbio de Zircônia (Zr-2,5Nb) foi recentemente introduzida na artroplastia do quadril. Apresenta como vantagem o fato de que a superfície do metal pode ser transformada em uma camada fina de óxido de zircônio, um material cerâmico, combinando os benefícios das cerâmicas e dos metais em um único componente. Estudos em laboratório demonstraram sua superioridade teórica devido ao baixo desgaste em relação ao polietileno.

Superfícies para recobrimento

Apesar de não fazer parte da superfície articular, o *tantalum* é um material que deve ser considerado neste trabalho. É um metal que apresenta propriedades únicas: tem alta porosidade (70 a 80%), baixo módulo de elasticidade (3 MPa) e alto atrito, que permitem uma excelente fixação biológica e biocompatibilidade. O baixo módulo de elasticidade permite uma transferência de carga mais fisiológica e a preservação do estoque ósseo. Pela sua natureza bioativa e propriedades de incentivo de crescimento ósseo, é utilizado tanto em cirurgias primárias como em revisões. Estudos clínicos por longo prazo e de ciência básica ainda são necessários^(29,30). Jafari *et al*⁽³¹⁾ realizaram um estudo retrospectivo com 283 pacientes que realizaram revisão de artroplastia com cúpulas não cimentadas de *tantalum* e de titânio. O desempenho do *tantalum* foi superior.

Uma outra tecnologia que tem sido muito utilizada no recobrimento de componentes acetabulares e femorais é a hidroxiapatita. O material é o componente inorgânico principal do osso e isto favoreceria o crescimento ósseo

e a fixação da prótese não cimentada. Paulsen *et al*⁽³²⁾ apresentam um estudo de seguimento a médio prazo com 4.125 acetábulos revestidos com hidroxiapatita e 7.737 não revestidos e 3.158 hastes femorais revestidas e 4.749 hastes não revestidas do Registro Dinamarquês e concluem que os implantes revestidos não estão associados a uma redução no risco de revisão das artroplastias quando comparados aos não revestidos. Lazarinis *et al*⁽³³⁾ questionam o uso de rotina de componentes acetabulares revestidos com hidroxiapatita na artroplastia total de quadril primária. Os autores investigaram 8.043 artroplastias no Registro Sueco e mostram que alguns *designs*, inclusive, aumentam o risco de soltura. Gandhi *et al*⁽³⁴⁾ realizaram uma meta-análise da utilização de hidroxiapatita em componentes femorais em artroplas-

tias primárias e concluem que não há benefícios do uso da hidroxiapatita sobre o recobrimento poroso isolado na artroplastia primária. Camazzola *et al*⁽³⁵⁾ confirmam os achados em um estudo com 61 pacientes com um seguimento de 13 anos. Entretanto, estudos por longo prazo ainda são necessários.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

As superfícies articulares devem ser feitas de materiais que tenham alta resistência, baixo desgaste, resistência à corrosão e baixo atrito, além de serem biocompatíveis. Existe um esforço contínuo por parte dos pesquisadores para que estes objetivos sejam alcançados. Aguardemos as pesquisas destes novos materiais e do aperfeiçoamento dos existentes.

REFERÊNCIAS

- Harkness JW, Crockarell JR. Arthroplasty of the hip. In: Canale ST, Beaty JH, editors. *Campbell's operative orthopaedics*. 11th ed. Philadelphia: Mosby Elsevier, 2008. p. 312-481.
- Huo MH, Stockton KG, Mont MA, Parvizi J. What's new in total hip arthroplasty. *J Bone Joint Surg Am*. 2010;92(18):2959-72.
- Duffy GP, Berry DJ, Rowland C, Cabanela ME. Primary uncemented total hip arthroplasty in patients <40 years old: 10- to 14-year results using first-generation proximally porous-coated implants. *J Arthroplasty*. 2001;16(8Suppl 1):140-4.
- Chandler HP, Reineck FT, Wixson RL, McCarthy JC. Total hip replacement in patients younger than thirty years old. A five-year follow-up study. *J Bone Joint Surg Am*. 1981;63(9):1426-34.
- Kim WC, Grogan T, Amstutz HC, Dorey F. Survivorship comparison of THARIES and conventional hip arthroplasty in patients younger than 40 years old. *Clin Orthop Relat Res*. 1987;(214):269-77.
- Smith SE, Estok DM 2nd, Harris WH. 20-year experience with cemented primary and conversion total hip arthroplasty using so-called second-generation cementing techniques in patients aged 50 years or younger. *J Arthroplasty*. 2000;15(3):263-73.
- Amstutz HC, Beaulé PE, Dorey FJ, Le Duff MJ, Campbell PA, Gruen TA. Metal-on-metal hybrid surface arthroplasty: two to six-year follow-up study. *J Bone Joint Surg Am*. 2004;86(1):28-39.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. *Projeção da população brasileira por sexo e por idade*. Disponível em: www.ibge.gov.br. Acesso em 24 de outubro de 2011.
- Harkness JW, Daniels AU. Introdução e visão geral. In: Canale ST, Ed. *Cirurgia ortopédica de Campbell*. 10a. ed. São Paulo: Manole; 2006. p.223-42.
- Berry DJ, Harmsen WS, Cabanela ME, Morrey BF. Twenty-five-year survivorship of two thousand consecutive primary Charnley total hip replacements: factors affecting survivorship of acetabular and femoral components. *J Bone Joint Surg Am*. 2002;84(2):171-7.
- Schulte KR, Callaghan JJ, Kelley SS, Johnston RC. The outcome of Charnley total hip arthroplasty with cement after a minimum twenty-year follow-up. The results of one surgeon. *J Bone Joint Surg Am*. 1993;75(7):961-75.
- Keener JD, Callaghan JJ, Goetz DD, Pederson DR, Sullivan PM, Johnston RC. Twenty-five-year results after Charnley total hip arthroplasty in patients less than fifty years old: a concise follow-up of a previous report. *J Bone Joint Surg Am*. 2003;85(6):1066-72.
- Callaghan JJ, Templeton JE, Liu SS, Pedersen DR, Goetz DD, Sullivan PM, et al. Results of Charnley total hip arthroplasty at a minimum of thirty years. A concise follow-up of a previous report. *J Bone Joint Surg Am*. 2004;86-A(4):690-5.
- Buckwalter AE, Callaghan JJ, Liu SS, Pedersen DR, Goetz DD, Sullivan PM, et al. Results of Charnley total hip arthroplasty with use of improved femoral cementing techniques. a concise follow-up, at a minimum of twenty-five years, of a previous report. *J Bone Joint Surg Am*. 2006;88(7):1481-5.
- Wroblewski BM, Siney PD, Fleming PA. Charnley low-frictional torque arthroplasty: follow-up for 30 to 40 years. *J Bone Joint Surg Br*. 2009;91(4):447-50.
- Israel CL. Desenvolvimento de uma máquina para ensaios de desgaste em próteses totais de articulação de quadril [tese]. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul; 2010.
- Willert HG, Buchhorn GH, Göbel D, Köster G, Schaffner S, Schenk R, Semlitsch M. Wear behavior and histopathology of classic cemented metal on metal hip endoprotheses. *Clin Orthop Relat Res*. 1996;(329 Suppl):S160-86.
- Rieker C, Kottig P. In vivo tribological performance of 231 metal-on-metal hip articulations. *Hip Int*. 2002;12(2):73-6.
- Jacobs JJ, Skipor AK, Doorn PF, Campbell P, Schmalzried TP, Black J, et al. Cobalt and chromium concentrations in patients with metal on metal total hip replacements. *Clin Orthop Relat Res*. 1996;(329 Suppl):S256-63.
- Brodner W, Bitzan P, Meisinger V, Kaider A, Gottsauner-Wolf F, Kotz R. Elevated serum cobalt with metal-on-metal articulating surfaces. *J Bone Joint Surg Br*. 1997;79(2):316-21.
- Glyn-Jones S, Pandit H, Kwon YM, Doll H, Gill HS, Murray DW. Risk factors for inflammatory pseudotumour formation following hip resurfacing. *J Bone Joint Surg Br*. 2009;91(12):1566-74.
- Kwon YM, Thomas P, Summer B, Pandit H, Taylor A, Beard D, et al. Lymphocyte proliferation responses in patients with pseudotumors following metal-on-metal hip resurfacing arthroplasty. *J Orthop Res*. 2010;28(4):444-50.
- Garbuz DS, Tanzer M, Greidanus NV, Masri BA, Duncan CP. The John Charnley Award: Metal-on-metal hip resurfacing versus large-diameter head metal-on-metal total hip arthroplasty: a randomized clinical trial. *Clin Orthop Relat Res*. 2010;468(2):318-25.
- Visuri T, Pukkala E, Paavolainen P, Pulkkinen P, Riska EB. Cancer risk after metal on metal and polyethylene on metal total hip arthroplasty. *Clin Orthop Relat Res*. 1996;(329 Suppl):S280-9.
- Tharani R, Dorey FJ, Schmalzried TP. The risk of cancer following total hip or knee arthroplasty. *J Bone Joint Surg Am*. 2001;83(5):774-80.
- Jarrett CA, Ranawat AS, Bruzzone M, Blum YC, Rodriguez JA, Ranawat CS. The squeaking hip: a phenomenon of ceramic-on-ceramic total hip arthroplasty. *J Bone Joint Surg Am*. 2009;91(6):1344-9.
- Heisel C, Silva M, Schmalzried TP. Bearing surface options for total hip replacement in young patients. *Instr Course Lect*. 2004;53:49-65.
- Hernigou P, Mathieu G, Poignard A, Manicom O, Fillipini P, Demoura A. Oxinium, a new alternative femoral bearing surface option for hip replacement. *Eur J Orthop Surg Traumatol*. 2007;17(3):243-6.
- Levine B, Della Valle CJ, Jacobs JJ. Applications of porous tantalum in total hip arthroplasty. *J Am Acad Orthop Surg*. 2006;14(12):646-55.
- Lingaraj K, Teo YH, Bergman N. The management of severe acetabular bone defects in revision hip arthroplasty using modular porous metal components. *J Bone Joint Surg Br*. 2009;91(12):1555-60.
- Jafari SM, Bender B, Coyle C, Parvizi J, Sharkey PF, Hozack WJ. Do tantalum and titanium cups show similar results in revision hip arthroplasty? *Clin Orthop Relat Res*. 2010;468(2):459-65.
- Paulsen A, Pedersen AB, Johnsen SP, Riis A, Lucht U, Overgaard S. Effect of hydroxyapatite coating on risk of revision after primary total hip arthroplasty in younger patients: findings from the Danish Hip Arthroplasty Registry. *Acta Orthop*. 2007;78(5):622-8.
- Lazarinis S, Kärrholm J, Hailer NP. Increased risk of revision of acetabular cups coated with hydroxyapatite. *Acta Orthop*. 2010;81(1):53-9.
- Gandhi R, Davey JR, Mahomed NN. Hydroxyapatite coated femoral stems in primary total hip arthroplasty: a meta-analysis. *J Arthroplasty*. 2009;24(1):38-42.
- Camazzola D, Hammond T, Gandhi R, Davey JR. A randomized trial of hydroxyapatite-coated femoral stems in total hip arthroplasty: a 13-year follow-up. *J Arthroplasty*. 2009;24(1):33-7.