

Stefano Biggi<sup>1</sup> (foto)  
Michele Gramazio<sup>2</sup>  
Stefano Tornago<sup>2</sup>  
Gabriele Cattaneo<sup>2</sup>  
Andrea Camera<sup>2</sup>

<sup>1</sup> U.O. Clinica Ortopedica e Traumatologica, IRCCS San Martino IST, Genova; <sup>2</sup> S.C. Chirurgia Protesica, Ospedale Santa Corona, Pietra Ligure (SV)

#### Indirizzo per la corrispondenza:

Stefano Biggi  
IRCCS San Martino IST, UO Clinica Ortopedica e Traumatologica  
largo R. Benzi, 10  
16132 Genova  
E-mail: dott.sbiggi@gmail.com

## L'utilizzo di cotili in titanio trabecolare con accoppiamento ceramica-ceramica nell'artroprotesi primaria di anca. Studio monocentrico a dieci anni

*Trabecular titanium acetabular cup with ceramic-on-ceramic bearing in primary total hip arthroplasty. A ten-years single center study*

### Riassunto

**Introduzione.** Il crescente numero di impianti protesici di anca e il progressivo abbassamento dell'età media all'intervento, ha portato negli anni alla ricerca di materiali e accoppiamenti sempre più performanti.

**Scopo del lavoro.** Valutare in maniera retrospettiva una serie di artroprotesi d'anca primaria con cotile in titanio trabecolare e accoppiamento ceramica-ceramica (DeltaTT<sup>®</sup>, Lima Corporate, San Daniele, Italia).

**Materiali e metodi.** Dal 2007 al 2009 sono state eseguite 146 artroprotesi d'anca primaria in 134 pazienti, con follow-up medio di  $8,1 \pm 2,7$  anni (range 5,1-10,3). La valutazione include l'esame clinico, l'entità del dolore con la scala VAS, l'HHS e la valutazione radiografica.

**Risultati.** Al follow-up sono stati valutati 142 impianti in 131 pazienti della serie iniziale. I risultati clinici hanno rivelato un miglioramento del VAS da  $6,8 \pm 1,4$  a  $1,4 \pm 1,2$  ( $p < 0,001$ ) e dell'HHS da  $54,0 \pm 4,5$  a  $94,7 \pm 10,1$  ( $p < 0,0001$ ). Sono stati soddisfatti tutti i criteri radiografici di Moore. Non ci sono state complicanze legate alla ceramica.

**Conclusioni.** Il titanio trabecolare è un materiale affidabile nelle artroprotesi totale di anca di primo impianto per le sue proprietà, e se associato a un accoppiamento ceramica-ceramica è in grado di fornire una buona scelta per i pazienti giovani e più esigenti.

**Parole chiave:** anca, artroprotesi, ceramica, titanio

### Summary

**Introduction.** The growing number of prosthetic hip implants and the gradual lowering of the average age at surgery, has led over the years to the research for increasingly efficient materials and surfaces.

**Aim.** To evaluate retrospectively a series of primary hip arthroplasty with trabecular titanium acetabular cup and ceramic-on-ceramic bearing surface (DeltaTT<sup>®</sup>, Lima Corporate, San Daniele, Italy).

**Materials and methods.** From 2007 to 2009 146 primary hip arthroplasties were performed in 134 patients, with mean follow-up of  $8.1 \pm 2.7$  years. The evaluation includes clinical examination, the pain with the VAS scale, the HHS and radiographic evaluations.

**Results.** 142 implants were available at the time of final follow-up. Clinical results have shown an improvement in VAS from  $6.8 \pm 1.4$  to  $1.4 \pm 1.2$  ( $p < 0.001$ ) and HHS from  $54.0 \pm 4.5$  to  $94.7 \pm 10.1$  ( $p < 0.0001$ ). All radiographic Moore criteria were satisfied. There were no complications related to ceramics.

**Conclusions.** The trabecular meshwork Titanium is a reliable material in primary total hip arthroplasty for its properties, and if associated with a ceramic-ceramic coupling it represents a favorable choice for young and high-demanding patients.

**Key words:** hip, arthroplasty, ceramics, titanium

## Introduzione

L'artroprotesi totale di anca è oggi una procedura sicura e affidabile al fine di alleviare il dolore e ripristinare la funzionalità articolare. I principali registri di protesi a livello mondiale e le relative proiezioni mostrano che il numero d'impianti non cementati è aumentato negli ultimi anni, soprattutto nei pazienti giovani e attivi, ma anche in quei pazienti "high demanding" di età compresa fra i 50 e 70 anni<sup>1-3</sup>. Per questo motivo sono stati fatti numerosi sforzi nella ricerca di nuovi materiali osteointegranti e nella tribologia. Mentre stelo femorale sembra portare a meno problemi in termini di integrazione, la coppa acetabolare è gravata da peggiori risultati. I cotili più datati infatti non garantivano di assecondare la biomeccanica acetabolare fisiologica, portando a precoci fallimenti<sup>4</sup>. Attualmente le coppe rivestite di tantalio e titanio trabecolare mostrano buoni risultati in termini di osteointegrazione e la sopravvivenza a medio termine<sup>5,6</sup>. Dal punto di vista tribologico hanno suscitato grandi interessi gli accoppiamenti metallo-metallo (M-M) e ceramica-ceramica (C-C)<sup>7,8</sup>. Il vantaggio principale del metallo-metallo è rappresentato da una minore incidenza di fratture superficiali e dalla loro possibilità di autoriparazione, nonostante le note complicanze riportate<sup>9</sup>. Gli impianti ceramica-ceramica sono più duri di quelli in metallo e hanno tasso di usura molto basso. Tuttavia lo *squeaking* o "*l'edge loading*" con o senza rotture di ceramica sono complicanze gravi da gestire<sup>10</sup>, ma a seguito dell'introduzione delle nuove ceramiche composite di terza generazione (BioloX Delta) il rischio è diventato significativamente più basso<sup>11</sup>.

Lo scopo di questo lavoro è di valutare la sopravvivenza delle coppe acetabolari non cementate rivestite di Titanio trabecolare ed accoppiamento ceramica-ceramica, in una serie di pazienti sottoposti a PTA primo impianto con un follow-up da 8 a 10 anni dopo l'intervento chirurgico.

## Materiali e metodi

Presso l'istituto di Chirurgia Protesica dell'Ospedale Santa Corona di Pietra Ligure, da gennaio 2007 a dicembre 2009, sono state eseguite 146 artroprotesi di anca di primo impianto, con cotile rivestito di titanio trabecolare ed accoppiamento ceramica-ceramica (coppa acetabolare DeltaTT®, Lima Corporate, San Daniele, Italia). La coorte comprendeva 146 impianti in 134 pazienti (12 bilaterali), 15 maschi e 119 femmine. L'età media al momento dell'intervento era di  $56,0 \pm 13,6$  anni (range 17-70). Il follow up medio è stato di  $8,1 \pm 2,7$  anni (range 5,1-10,3). Le diagnosi preoperatorie erano l'osteoartrosi primaria (OA) in 102 casi (70%), la displasia dell'anca (DDH) in 28 casi (20%) tra cui 23 casi di Crowe 1-3 (sublussazione) e 4 casi di Crowe 4 (lussazione iliaca), la necrosi asettica della

testa del femore in 7 casi (5%), l'artrosi post-traumatica in 5 casi (3%) (di questi in un caso è stato rimosso il mezzo di sintesi nello stesso intervento di protesizzazione), osteoartrosi post-osteotomia in 3 casi (2%), di cui 2 casi di Chiari osteotomia e un caso di osteotomia femorale di varo-derotazione, e infine un caso (1%) di anca dolorosa seguente a cefaloplastica di resezione sec. Girdlestone (Fig. 1).

Tutti gli interventi sono stati eseguiti attraverso la via posterolaterale senza ricostruzione dei rotatori esterni<sup>12,13</sup>.

Presso l'istituto in oggetto il protocollo riabilitativo di routine dopo un'artroprotesi totale di anca primaria comprende esercizi di movimento passivo ed esercizi di mobilizzazione attiva con il fisioterapista in prima giornata postoperatoria. In seconda giornata il paziente esegue esercizi di movimento attivo e passivo e si avvia alla verticalizzazione e alla rieducazione al passo. È consentito il carico al 50% del peso con due stampelle per 40 giorni. Dopo il primo controllo clinico-radiografico post-operatorio, a 45 giorni dall'intervento, al paziente viene permesso di camminare con una stampella sul lato non operato per 15 giorni e poi è permesso il carico completo. Esercizi di mobilizzazione attiva sono prescritti per almeno tre mesi dopo l'intervento chirurgico.

Tutti i pazienti sono stati valutati clinicamente e radiograficamente dopo l'intervento chirurgico a 45 giorni, 3-6-12 mesi, quindi tramite controlli annuali.

La valutazione dei risultati pre- e postoperatori include l'esame clinico, la quantificazione del dolore mediante la scala visuo-analogica VAS e l'*Harris Hip Score* (HHS)<sup>14</sup>. L'HHS è uno strumento di valutazione basato sulla clinica, sviluppato nel 1969 e da allora è stato sottoposto a diver-

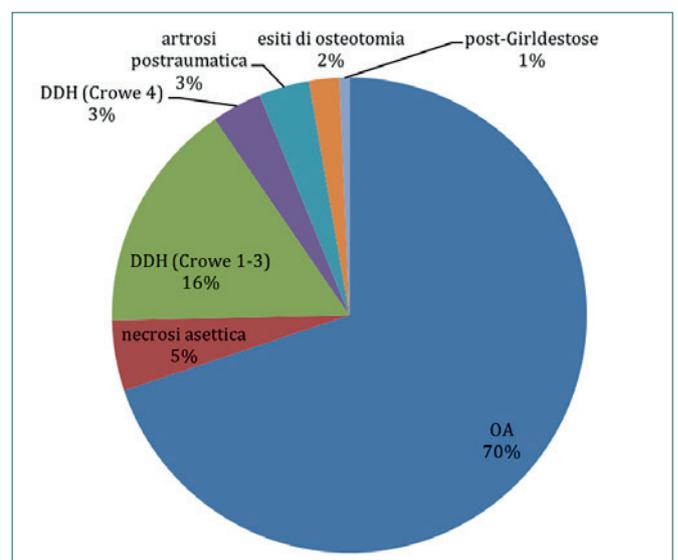


Figura 1. Diagnosi preoperatorie (OA-artrosi, DDH-displasia congenita dell'anca).

**Tabella I.** Criteri di Moore per l'osteointegrazione acetabolare.

Assenza di linee di radiolucenza
Presenza di contrafforte supero-laterale
Stress-shielding mediale
Trabecole radiate
Presenza di contrafforte infero-mediale

se revisioni. L'HHS è composto da 10 domande raggruppate in 4 sottogruppi: dolore (1 item, 0-44 punti), funzionalità (7 item, 0-47 punti), l'assenza di deformità (1 item, 0-4 punti), e l'arco di movimento (2 item, 0-5 punti). Nella sezione dolore si misura gravità del dolore stesso, il suo effetto sulle attività e la necessità di farmaci antidolorifici. Il gruppo funzione valuta le attività quotidiane e l'andatura, mentre il sottogruppo delle deformità prende in considerazione la flessione dell'anca, adduzione, rotazione interna, dismetria e l'arco di movimento.

I punteggi del questionario variano da 0-100, i punteggi più elevati rappresentano risultati migliori e meno disabilità. In particolare, il punteggio dà un ottimo risultato per valori compresi tra 100-90 punti, buono per 89-80 punti, 79-70 punti moderati e poveri per meno di 70 punti. Durante il follow-up sono stati indagati anche eventuali casi di *squeacking*.

La valutazione radiografica standard include una radiografia AP bacino e una radiografia dell'anca affetta in 2 proiezioni. Abbiamo valutato in primo luogo l'integrazione del cotile utilizzando criteri Moore<sup>15</sup> (Tab. I), e successivamente ogni segno di scollamento, ossificazioni eterotopiche, e qualsiasi segno di rottura delle componenti in ceramica.

Per quanto riguarda le analisi statistiche, i dati categoriali sono stati riassunti con conteggi e percentuali, mentre i dati continui sono stati espressi come media, la deviazione standard (SD) e il range. È stato inoltre compiuto il confronto tra i valori pre-operatori e risultati post-operatori con il test *t di Student* in caso di dati continui normalmente distribuite o con il Mann-Whitney U-test per l'analisi non-parametrica, mentre le proporzioni sono state confrontate con il test del chi-quadro ( $X^2$ ) o il test di Fisher, a seconda dei casi. Le proporzioni sono state eseguite dividendo il campione, stratificato per ogni diagnosi preoperatoria, in due gruppi (buona HHS e cattivi HHS) usando come valore di cut-off di 80 punti, in quanto rappresenta il limite tra buoni risultati e risultati modesti (Tab. II).

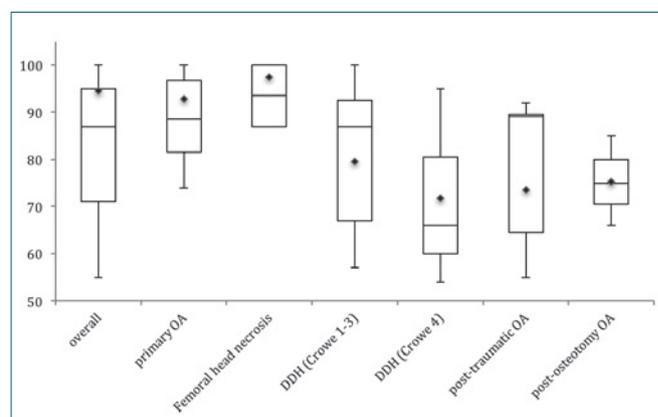
## Risultati

Al follow-up sono stati valutati 142 impianti in 131 pazienti della serie iniziale di 146 impianti in 134. Tre pazienti sono

**Tabella II.** Risultati funzionali stratificati per diagnosi preoperatoria.

	Good HHS (≥ 80 pt)	Bad HHS (< 80 pt)	Total
OA	90	12	102
Necrosi asettica cefalica	7	0	7
DDH (Crowe 1-3)	16	7	23
DDH (Crowe 4)	4	1	5
Artrosi postraumatica	3	2	5
Esiti di osteotomia	1	2	3
Esiti di Girdlestone	0	1	1
total	121	25	146

deceduti (un paziente a 3,4 anni di follow-up, un paziente a 5,4 anni di follow-up e un paziente bilaterale a 5 anni di follow-up). Per nessuno di loro sono state segnalate complicanze riguardanti l'impianto protesico, con un buon risultato funzionale e nessun dolore. Il punteggio HHS preoperatorio medio era  $55,2 \pm 12,7$  punti (range 40-68) e la VAS media preoperatoria era  $6,8 \pm 1,7$  punti (range 5-9). I risultati clinici hanno rivelato una buona funzionalità complessiva. Il punteggio VAS medio è migliorato dal valore medio di  $6,8 \pm 1,7$  punti preoperatorio a  $1,4 \pm 1,2$  postoperatorio (range 0-3) ( $p < 0,001$ ). L'HHS medio è aumentato da  $55,2 \pm 12,7$  punti preoperatorio a  $94,7 \pm 10,1$  punti postoperatorio (range 54-100) ( $p < 0,0001$ ). Sono state osservate differenze negli score medi di HHS stratificati per la diagnosi preoperatoria (Fig. 2). Solo l'OA primaria ha mostrato una correlazione statisticamente significativa con i risultati clinici migliori, mentre l'OA a seguito di osteotomia ha dimostrato una correlazione statisticamente significativa con gli score clinici peggiori.

**Figura 2.** HHS postoperatori stratificati per diagnosi preoperatoria.

Le rimanenti diagnosi preoperatorie non hanno mostrato distribuzioni statisticamente significative.

In particolare i risultati migliori sono stati ottenuti nella necrosi della testa femorale (HHS  $97,5 \pm 2,5$ , range 87-100,  $p = 0,69$ ) e l'OA primaria (HHS  $92,8 \pm 6,6$ , range 74-100,  $p = 0,008$ ), rispetto alla DDH (HHS  $77,9 \pm 17,4$ , min 54-100,  $p = 0,07$ ), l'OA post-traumatica (HHS  $73,6 \pm 18,5$ , range 55-92,  $p = 0,16$ ) o l'OA post-osteotomia (HHS  $75,3 \pm 9,5$ , range 66-85,  $p = 0,02$ ). In particolare la DDH Crowe 1-3 ha riportato un HHS medio di  $79,6 \pm 17$  (range 57-100) e la DDH Crowe 4 hanno riportato un HHS medio di  $71,7 \pm 21,1$  (range 54-95). L'unico caso di anca dolorosa seguente Girdlestone resezione ha registrato un HHS di 72 punti.

Per quanto riguarda la valutazione radiografica abbiamo trovato soddisfatti tutti i criteri di Moore dell'osteointegrazione acetabolare, senza alcun ulteriore stress shielding oltre quanto previsto dai criteri suddetti. Non sono stati osservati altri reperti patologici nella regione retroacetabolare in base alle zone di Charnley-De Lee. Abbiamo riscontrato calcificazioni eterotopiche nel 55% dei casi, in maggioranza di basso grado (tipo I e II ciascuna il 20%, di tipo III del 15%). La presenza di calcificazioni eterotopiche non ha influenzato negativamente i punteggi clinici.

Abbiamo riportato 2 casi di lussazioni e un caso di mobilizzazione asettica della coppa entro 5 mesi dopo l'intervento (tutti a causa di malposizionamento delle componenti), trattati con revisione della componente acetabolare. Non si sono verificate ulteriori complicanze a questi pazienti. Un altro caso ha avuto una frattura periprotetica femorale a 4 anni dopo l'intervento chirurgico, trattato con la revisione stelo e cerchiaggi, senza complicanze a carico della coppa. Non sono state riscontrate complicanze iatrogene a strutture neuro-vascolari, né casi di *squeaking* o di rottura della ceramica.

## Discussione

Gli accoppiamenti ceramica-ceramica sono stati introdotti per prevenire l'osteolisi acetabolare e conseguentemente di ritardare la revisione del cotile<sup>16</sup>. Grazie alle sue caratteristiche di materiale inerte, la ceramica è anallergica e minimizza l'usura, per questo è indicata nei pazienti più giovani o *high demanding* come alternativa alle protesi metallo-metallo<sup>17,18</sup>. Inoltre le nuove ceramiche composite di terza generazione (Bilox Delta) hanno caratteristiche specifiche e innovative<sup>19</sup>. Prima di tutto l'elevata durezza permette di resistere a particelle estranee presenti in articolazione, successivamente, l'affinità nel legame superficiale con atomi di idrogeno consente una lubrificazione eccellente, e infine i legami chimici dei materiali ceramici sono più forti dei legami metallici rendendo le molecole più

stabili. La resistenza all'usura è garantita anche dall'elevata resistenza combinata alla tenacità alla frattura. Questo è possibile con due meccanismi di rinforzo: la prima usa la dispersione (fase di trasformazione) di particelle tetragonali di Zircona che sono distribuite nella matrice di ossido di alluminio; il secondo è ottenuto con formazione in situ di cristalli di aggregati piastrinici, che sono distribuiti nella miscela di ossido di alluminio. Questi cristalli piastrinici bloccano l'inizio e la propagazione di cricche, neutralizzando l'energia traumatica<sup>20-22</sup>.

Dall'altra parte, l'osteointegrazione della componente acetabolare negli impianti protesici rimane una grande sfida. Diversi studi hanno evidenziato che un elemento rilevante sono le dimensioni dei pori di titanio trabecolare. In particolare Frosch et al. ha dimostrato che la migliore osteointegrazione si realizza in pori di circa  $600 \mu\text{m}$ <sup>23</sup>. Il titanio trabecolare utilizzato nei cotili DeltaTT® ha una elevata porosità data dal diametro dei pori di  $640 \mu\text{m}$  e la geometria delle trabecolature è esattamente ripetuto in tutte le parti che lo compongono, per migliorare la crescita d'osso al suo interno. Infatti, le analisi in vitro ha dimostrato che il titanio trabecolare è in grado di stimolare la proliferazione e la differenziazione degli osteoblasti e limitare l'osteoclastogenesi<sup>24,25</sup>. È stato dimostrato che le cellule staminali adipose umane coltivate sulla superficie porosa del titanio trabecolare sono in grado di aderire, proliferare e differenziarsi in cellule osteoblasto-simili, producendo così una matrice ossea extracellulare mineralizzata<sup>26,27</sup>. Infine se confrontato con altri scaffold biocompatibili, il titanio trabecolare ha una quantità di proteine della matrice ossea significativamente più alto<sup>28</sup>. Per questi motivi sia la dimensione sia la geometria dei pori sono determinanti per osteointegrazione. Queste caratteristiche associate con le proprietà di base ben noti del titanio (biocompatibilità, favorevole modulo elastico e resistenza meccanica) rendono il cotile Delta TT® (Lima Corporate, San Daniele, Italia) una valida e affidabile soluzione per la sostituzione protesica sul versante acetabolare<sup>29,31</sup>. La nostra esperienza conferma i vantaggi indicati dalle analisi in vitro, e correlare con l'esito clinico ottimale.

La possibilità della coppa acetabolare Delta TT® (Lima Corporate, San Daniele, Italia) di utilizzare testa grande diametro su un piccolo metallo-back può migliorare la funzione e la stabilità dell'anca, anche in situazioni di piccoli diametri acetabolari. Non è certamente trascurabile l'importanza di un'adeguata tecnica chirurgica nel posizionamento della coppa. Nella nostra casistica abbiamo riscontrato un globale miglioramento statisticamente significativo negli score clinici ( $p < 0,001$ ) e nella valutazione VAS ( $p < 0,001$ ). Stratificando invece per diagnosi preoperatoria, è presente una distribuzione statisticamente significativa solo con l'artrosi primaria rispetto alle altre diagnosi ( $p < 0,05$ ). Que-

sto dato può essere spiegato poiché il risultato funzionale postoperatorio è positivamente correlato alla condizione preoperatoria, migliore è la condizione clinica e migliore è il recupero funzionale. I casi di primo impianto difficile (displasia, esiti di osteotomie, esiti traumatici) comportano difficoltà tecniche durante l'atto chirurgico, ma sono gravate anche da condizioni preoperatorie spesso gravi. I limiti di questo studio sono sicuramente la mancanza di un gruppo di controllo, e la tipologia (monocentrico e retrospettivo), a fronte della lunghezza del follow-up e del numero di pazienti arruolati. La standardizzazione della tecnica chirurgica e delle valutazioni ai follow-up ha facilitato sia la raccolta dei dati sia la loro interpretazione. Sono comunque necessari ulteriori studi al fine di verificare la sopravvivenza della coppa, ma la nostra valutazione ha portato a risultati fiduciosi e benauguranti.

## Conclusioni

Il titanio trabecolare è un materiale affidabile nelle artroprotesi totale di anca di primo impianto per la sua osteoconduttiva e le proprietà osteoinduttive. Questo materiale associato a un accoppiamento ceramica-ceramica è in grado di fornire una buona opzione per i pazienti giovani e più esigenti. Il tasso di usura è sicuramente più basso negli impianti in ceramica che in altri accoppiamenti tribologici, ciononostante i chirurghi devono prestare grande attenzione alle complicanze legate a questo materiale (rottura, *squeacking*, *edge loading*), poco frequenti ma pericolose. I buoni risultati clinici e radiologici a medio termine di follow-up ci incoraggiano a impiantare una coppa con queste caratteristiche.

## Bibliografia

- 1 Ravi B, Croxford R, Reichmann WM, et al. *The changing demographics of total joint arthroplasty recipients in the United States and Ontario from 2001 to 2007*. Best Pract Res Clin Rheumatol 2012;26:637-47.
- 2 Garellick G, Kärrholm J, Lindhal H, et al. *Annual report from The Swedish Hip Arthroplasty Register 2014 2015*. Available on: [http://www.shpr.se/Libraries/Documents/Annual\\_Report\\_2014\\_Eng.sflb.ashx](http://www.shpr.se/Libraries/Documents/Annual_Report_2014_Eng.sflb.ashx).
- 3 Australian Orthopaedic Association National Joint Replacement Registry Annual Report Adelaide: AOA; 2015 Annual Report – Australian Registry. 2016; available on: <https://aoanjrr.sahmri.com/annual-reports-2015>.
- 4 Thanner J. *The acetabular component in total hip arthroplasty. Evaluation of different fixation principles*. Acta Orthop Scand Suppl 1999;286:1-41.
- 5 Boby J, Stackpool G, Hacking S, et al. *Characteristics of bone in-growth and interface mechanics of a new porous tantalum biomaterial*. J Bone Joint Surg 1999;81-B:907-14.
- 6 Massari L, Causero A, Rossi P, et al. *Multicentre prospective densitometric study on Trabecular Titanium™ osseointegration*. Bone Joint J 2013;95-B:416.
- 7 Daras M, Macaulay W. *Total hip arthroplasty in young patients with osteoarthritis*. Am J Orthop (Belle Mead NJ) 2009;38:125-9.
- 8 Haidukewych GJ, Petrie J. *Bearing surface considerations for total hip arthroplasty in young patients*. Orthop Clin North Am 2012;43:395-402.
- 9 Maurer-Ertle W, Friesenbichler J, Liegl-Atzwanger B, et al. *Non-inflammatory pseudotumor simulating venous thrombosis after metal-on-metal hip resurfacing*. Orthopedics 2011;34:678.
- 10 Whittingham-Jones P, Mann B, Coward P, et al. *Fracture of a ceramic component in total hip replacement*. J Bone Joint Surg Br 2012;94-B:570-3.
- 11 Hamilton WG, McAuley JP, Dennis DA, et al. *THA with Delta ceramic on ceramic: results of a multicenter investigational device exemption trial*. Clin Orthop Relat Res 2010;468:358-66.
- 12 Mehlman CT, Meiss L, DiPasquale TG. *Hyphenated-history: the Kocher-Langenbeck surgical approach*. J Orthop Trauma 2000;14:60-4.
- 13 Gibson A. *Posterior exposure of the hip joint*. J Bone Joint Surg Br 1950;32:183-6.
- 14 Harris WH. *Traumatic arthritis of the hip after dislocation and acetabular fractures: treatment by mold arthroplasty. An end-result study using a new method of result evaluation*. J Bone Joint Surg Am 1969;51:737-55.
- 15 Moore MS, McAuley JP, Young AM, et al. *Radiographic signs of osseointegration in porous-coated acetabular components*. Clin Orthop Relat Res 2006;444:176-83.
- 16 Lombardi AV Jr, Berend KR, Seng BE, et al. *Delta ceramic-on-alumina ceramic articulation in primary THA: prospective, randomized FDA-IDE study and retrieval analysis*. Clin Orthop Relat Res 2010;468:367-74.
- 17 Meftah M, Ebrahimpour PB, He C, et al. *Preliminary clinical and radiographic results of large ceramic heads on highly cross-linked polyethylene*. Orthopedics 2011;34:e133-e37.
- 18 Shah RP, Scolaro JA, Componovo R, et al. *Ceramic-on-ceramic total hip arthroplasty in patients younger than 55 years*. J Orthop Surg (Hong Kong) 2014;22:338-41.
- 19 Affatato S, Modena E, Toni A, et al. *Retrieval analysis of three generations of BioloX® femoral head: Spectroscopic and SEM characterisation*. J Mech Behav Biomed Mater 2012;13C:118-28.
- 20 Cai P, Hu Y, Xie J. *Large-diameter delta ceramic-on-ceramic versus common-sized ceramic-on-polyethylene bearings in THA*. Orthopedics 2012;35:e1307-e13.
- 21 Stafford GH, Islam SU, Witt JD. *Early to mid-term results of ceramic-on-ceramic total hip replacement: analysis of bearing-surface-related complications*. J Bone Joint Surg Br 2011;93-B:1017-20.
- 22 Gallo J, Goodman SB, Lostak J, et al. *Advantages and dis-*

- advantages of ceramic on ceramic total hip arthroplasty: a review.* Biomed Pap Med Fac Univ Palacky Olomouc Czech Repub 2012;156:204-12.
- <sup>23</sup> Frosch KH, Sondergeld I, Dresing K, et al. *Autologous osteoblasts enhance osseointegration of porous titanium implants.* J Orthop Res 2003;21:213-23.
- <sup>24</sup> Sollazzo V, Massari L, Pezzetti F, et al. *Genetic effects of Trabecular Titanium™ on human osteoblast-like cells (MG-63): an in vitro study.* J Biomim Biomater Tissue Eng 2011;9:1-16.
- <sup>25</sup> Arens D, Devine DM, Burelli S, et al. *In vivo evaluation of the osteointegration of new porous Trabecular Titanium™.* In: *EFORT 12th Congress of the European Federation on National Association on Orthopaedics and Traumatology.* Jun 1-4, 2011, Copenhagen, Denmark.
- <sup>26</sup> Gastaldi G, Asti A, Scaffino MF, et al. *Human adipose-derived stem cells (hASCs) proliferate and differentiate in osteoblast-like cells on trabecular titanium scaffolds.* J Biomed Mater Res A 2010;94:790-9.
- <sup>27</sup> Asti A, Gastaldi G, Dorati R, et al. *Stem cells grown in osteogenic medium on PLGA, PLGA/HA, and Titanium scaffolds for surgical applications.* Bioinorg Chem Appl 2010;831031.
- <sup>28</sup> Massari L, Bistolfi A, Grillo PP, et al. *Multicenter longitudinal densitometric clinical study on periprosthetic osteointegration and bone remodeling of Trabecular Titanium™.* In: *23rd Annual Congress of the International Society for Technology in Arthroplasty (ISTA).* 2010 Oct 6-9; Dubai, United Arab Emirates.
- <sup>29</sup> Marin E, Fusi S, Pressacco M, et al. *Characterization of cellular solids in Ti6Al4V for orthopaedic implant applications: Trabecular Titanium.* J Mech Behav Biomed Mater 2010;3:373-81.
- <sup>30</sup> Regis M, Marin E, Fedrizzi L, et al. *Additive manufacturing of Trabecular Titanium orthopaedic implants.* MRS Bulletin 2015;40:137-44.
- <sup>31</sup> Benazzo F, Rossi SMP, Piovani L, et al. *Our experience with the use of TT (Trabecular Titanium) in hip arthroplasty surgery.* J Orthopaed Traumatol 2010;11:S53-S62.

*Gli Autori dichiarano di non avere alcun conflitto di interesse con l'argomento trattato nell'articolo.*