

Risultati a medio termine delle componenti acetabolari con rivestimento in idrossiapatite

Midterm results of hydroxyapatite-coated cups

A. Capone
D. Podda
F. Ennas
M. Barbarino¹
R. Civinini²
M.I. Gusso²

RIASSUNTO

I risultati dei cotili emisferici con rivestimento in idrossiapatite non risultano uniformemente favorevoli come quelli riportati con gli steli femorali rivestiti d'idrossiapatite e pertanto abbiamo condotto uno studio retrospettivo per valutare la validità di una componente acetabolare in titanio che presenta un doppio diametro ed un rivestimento in idrossiapatite eseguito con tecnica plasma-spray su una superficie rugosa. 67 componenti impiantate consecutivamente in 57 pazienti con tecnica *press-fit* senza utilizzo di viti accessorie sono stati valutati ad una distanza media di 5,2 anni dall'intervento. L'*Harris hip score* è passato da un valore medio pre-operatorio di 35,2 punti ad un valore medio di 94,5 punti al follow-up. Non abbiamo eseguito nessun intervento di revisione per mobilizzazione delle componenti. Linee di radiotrasparenza incomplete sono state riscontrate solo nell'immediato post-operatorio. Al follow-up tutte le componenti sono state considerate stabili con una fissazione ossea e non abbiamo riscontrato in alcun caso lesioni osteolitiche periacetabolari o femorali per riassorbimento osseo conseguente a detriti da usura. I risultati di questo nostro studio a medio-termine sono incoraggianti ed evidenziano la validità di questo tipo di componente acetabolare in cui la geometria a maggior diametro equatoriale ed il rivestimento in idrossiapatite su superficie rugosa consentono di realizzare una valida osteointegrazione senza comparsa a distanza di segni di osteolisi per usura dei materiali.

Parole chiave: artroprotesi totale d'anca, componente acetabolare, idrossiapatite

SUMMARY

Outcome of hydroxyapatite-coated cups have not been as consistently successful as outcomes of hydroxyapatite-coated stems and, therefore, we studied a newer generation acetabular design with dual-radius geometry and with a plasma-sprayed hydroxyapatite coating on an arc-deposited rough titanium substrate. 67 consecutive hips in 57 patients implanted with this acetabular component without screw fixation were followed up for average 5.2 years after surgery. Hip scores improved from a preoperative mean of 35.2 points to final follow-up mean of 94.5. No hips were revised for asepting loosening. Incomplete lucent lines were noted on early postoperative radiographs. With follow-up, all acetabular components were evaluated as bone fixation and there are no cases of acetabular and/or femoral osteolysis. Our study presents encouraging mid-term results. Improvement in bone fixation and absence of wear's osteolysis suggests a beneficial effect of hydroxyapatite coating on osseointegration of the cup.

Key words: total hip arthroplasty, acetabular component, hydroxyapatite

Clinica Ortopedica e
Traumatologica, Università di
Cagliari;

¹ U.O.C. Ortopedia e
Traumatologia, Azienda
Ospedaliera "S. Andrea",
Roma;

² II Clinica Ortopedica,
Università di Firenze

Indirizzo per la corrispondenza:

Prof. Antonio Capone
Clinica Ortopedica
Ospedale Marino
Lung. Poetto
09126 Cagliari, Italy
Tel. +39 070 6094370 /
372377
E-mail: anto.capone@tiscali.it

*Ricevuto il 30 maggio 2006
Accettato il 18 gennaio 2007*

La fissazione ottimale della componente acetabolare è una questione tuttora controversa. I cotili cementati hanno evidenziato ottimi risultati entro i 10 anni ma un progressivo incremento tra 10-20 anni dei segni radiografici di mobilizzazione e della percentuale di revisione compresa tra 9 e 17%¹⁻³.

Negli anni '80 l'identificazione del cemento come causa principale di fallimento a lungo termine degli impianti protesici ha spinto gli ortopedici ad utilizzare componenti acetabolari non cementate che presentavano una filettatura esterna che garantiva una valida stabilità primaria. I risultati a medio termine (3,5-4,5 anni) hanno evidenziato percentuali di revisione tra il 4 ed il 29% per la mancata apposizione ossea⁴⁻⁶.

Sulla base di questa esperienza sono stati utilizzati cotili filettati di seconda generazione che presentavano una superficie porosa i cui risultati a lungo termine hanno evidenziato una maggiore sopravvivenza (cotile Zweymuller 94,6% a 10 anni, cotile Omnifit 99% a 7,9 anni) legata all'efficacia della superficie esterna rugosa per ottenere un'apposizione ossea che garantisce una valida stabilità secondaria^{7,8}.

In base ai dati sperimentali ed ai risultati clinici a distanza attualmente i cotili emisferici con rivestimento poroso rappresentano il golden standard nella fissazione della componente acetabolare con una percentuale di revisione dopo 10 anni del 2-5%⁹⁻¹⁷. Una revisione della casistica di 4.289 cotili emisferici, eseguita da Engh et al. nel 2004, ha evidenziato che la sopravvivenza a 15 anni era del 100% nel cotile con fissazione a *press-fit* e polietilene sterilizzato a raggi gamma¹⁸.

In questa continua ricerca di migliorare la fissazione della componente acetabolare già negli anni '90, sulla base degli entusiasmi suscitati dai risultati riportati dall'impiego degli steli femorali, è stata utilizzata l'idrossiapatite (I.A.) come materiale osteoconduttivo per migliorare la stabilità ossea. I risultati a medio termine sono molto variabili.

I cotili avvitati Omnifit con rivestimento in I.A. (Osteonics) presentavano a 5 anni nessun caso di revisione¹⁹. Reikeras e Gunderson, utilizzando il cotile Atoll (Landos, De Puy), hanno riscontrato ad un follow-up di 7 anni il 19,9% di revisioni (38/191) con evidenza negli impianti rimossi di un'estesa delaminazione e riassorbimento del rivestimento in idrossiapatite²⁰. Per valutare i reali vantaggi dell'impiego del rivestimento in I.A. in cotili emisferici con rivestimento poroso abbiamo condotto questo studio retrospettivo che ha preso in esame i risultati clinici e radiografici a medio termine in gruppo di 57 pazienti.

MATERIALI E METODI

Nel periodo 1998-2003 sono stati impiantati 105 cotili

Securfit (Osteonics, Stryker Orthopaedics, Mahwah, N.J., USA) presso la Clinica Ortopedica di Cagliari e la II Clinica Ortopedica di Firenze.

Il cotile Securfit è di forma emisferica in lega di titanio, presenta dei fori per il posizionamento delle viti ed un maggior diametro equatoriale di 1,8 mm (*peripheral self locking*). I diametri disponibili sono compresi tra 46 e 70 mm. La superficie esterna presenta una geometria a terrazze con superficie microporosa (200 micron) per migliorare la stabilità primaria (Fig. 1). Il rivestimento in idrossiapatite è realizzato con la tecnica del plasma-spray sulla superficie di titanio rugoso. Le caratteristiche del rivestimento in idrossiapatite sono: spessore 50 micron, purezza 95%, cristallinità 70%, carico di rottura > 65 Mpa. L'inserto in polietilene utilizzato presenta una spalletta di 10° e risultava sterilizzato con raggi gamma.

Abbiamo valutato clinicamente e radiograficamente, con follow-up minimo di 3 anni, i primi 67 cotili impiantati consecutivamente negli anni 1998-2002 con la tecnica di *press-fit* senza utilizzo di viti accessorie. I 57 pazienti (10 impianti bilaterali) (uomini 24, donne 33) avevano un'età media di 65,5 aa (min. 23, max. 70) e la patologia primaria dell'anca risultava così suddivisa:

- coxartrosi primaria: 33;
- osteonecrosi: 16;
- malattie reumatiche: 10;
- coxartrosi secondaria a displasia: 8.

La via d'accesso eseguita è stata in tutti i casi la laterale diretta secondo Hardinge.

Le componenti acetabolari impiantate presentano fori polari ed un diametro esterno compreso tra 46 e 60 mm. Lo stelo protesico utilizzato è stato in 55 casi non cementato (stelo

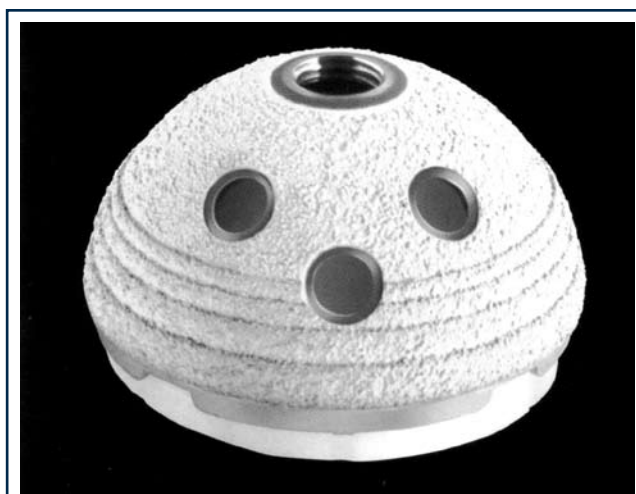


Fig. 1. Cotile Securfit con geometria esterna a terrazze, maggiore diametro equatoriale e rivestimento con idrossiapatite su superficie rugosa.

Omnifit con I.A. Osteonics, Stryker) ed in 12 casi cementato (PFC, De Puy, o Reliance, Howmedica Stryker). La testina protesica utilizzata è in cromo-cobalto con diametro 28 mm.

I pazienti hanno eseguito una profilassi anti-tromboembolica con eparine a basso peso molecolare con inizio 12 ore prima dell'intervento e proseguita per 4 settimane dopo l'intervento. La profilassi antibiotica è stata eseguita con cefalosporine di II o III generazione con la prima somministrazione 1 ora prima dell'intervento e continuata in media per 4,3 giorni.

Il protocollo riabilitativo post-operatorio ha previsto una deambulazione con appoggi e carico progressivo sull'arto operato per 6 settimane.

La valutazione clinica post-operatoria dei pazienti è stata eseguita a distanza di 3 mesi, 6 mesi, 1 anno e successivamente annualmente.

I risultati clinici sono stati valutati secondo la scheda a punteggio di Harris²¹ e l'indice WOMAC per l'arto inferiore²². La valutazione radiografica è stata eseguita convertendo in immagini digitali le radiografie in proiezione antero-posteriore e laterale del pre-operatorio e dei controlli dopo l'intervento a 3 mesi, 6 mesi, 1 anno e in seguito annualmente.

La posizione dell'acetabolo è stata valutata prendendo in considerazione la linea che congiunge i *tear drop* e la linea di Kohler. L'orientamento della coppa è stata misurata in base all'angolo dell'intersezione tra la linea che congiunge i *tear drop* e la linea tangente ai margini esterni della componente protesica. La cupola è stata suddivisa in 3 zone secondo lo schema proposto da DeLee e Charnley²³ per confrontare nei vari radiogrammi le modifiche a livello dell'interfaccia osso-protesi: linee di radiotrasparenza, zone di addensamento osseo o di osteolisi.

La fissazione della componente acetabolare è stata giudicata radiograficamente secondo i criteri di Manley et al.⁸:

- stabilità ossea se non ci sono segni di migrazione e le linee di radiotrasparenza interessano meno del 50% in ogni zona di suddivisione;
- stabilità fibrosa se le linee di radiotrasparenza interessano tutte le 3 zone;
- instabile quando è presente una migrazione > 3 mm e le linee di radiotrasparenza interessano tutte le 3 zone.

Per valutare inoltre un riassorbimento osseo periprotetico a distanza causato da detriti legati all'usura dei materiali sono state presi in considerazione la presenza d'aree di osteolisi a livello del fondo acetabolare e di osteolisi e/o erosione corticale a livello della metafisi e diafisi femorale secondo la suddivisione in zone di Gruen⁹.

Complicazioni

Abbiamo riscontrato le seguenti complicanze:

- 3 lussazioni, trattate con successo tramite riduzione ed immobilizzazione (4,4%);
- 2 fratture femorali prossimali in steli Omnifit non cementati trattate con cerchiaggi (2,9%);
- 5 ossificazioni periarticolari di classe 1-2 secondo Brooker (7,4%).

RISULTATI

Abbiamo valutato i risultati clinici in 57 pazienti per 67 impianti ad un follow-up medio di 5,2 anni (min. 3, max. 8 aa).

Il punteggio medio di Harris pre-operatorio era 35,2 (min. 20, max. 65), quello medio postoperatorio è stato 94,5 (min. 85, max. 100). Secondo il punteggio complessivo i risultati sono stati valutati ottimi (90-100 p.) nel 86% dei casi e buoni (89-80 p.) nel 14%⁶.

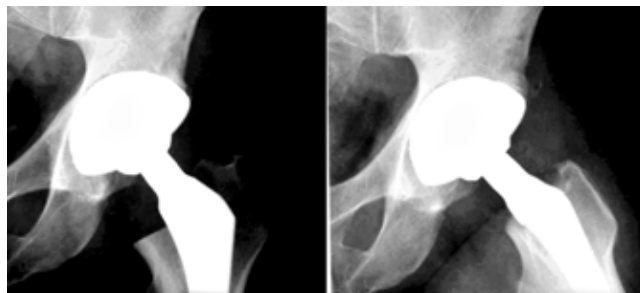
Il punteggio medio post-operatorio secondo l'indice WOMAC è stato 88,5 punti (min. 70, max. 98). Il sintomo dolore era presente nel camminare in pianura solo nel 5% dei pazienti, a salire e scendere le scale nel 10%, ad alzarsi dalla sedia nel 3%. Per quanto riguarda il dominio rigidità, questa era presente nel 5% la mattina al risveglio e nel 10% dopo essere stati seduti. La limitazione della funzione fisica nelle comuni attività quotidiane era assente nel 80% dei pazienti operati, lieve nel 10% e media nel 10%.

I risultati radiografici comprendono l'analisi di 67 componenti Securfit ad un follow-up medio di 5,2 anni. L'inclinazione media della coppa acetabolare post-operatoria era di 44,7° (min. 40, max. 52). L'esame delle linee di radiotrasparenza al follow-up ha evidenziato che queste erano assenti in 58 componenti (86,5%) ed erano presenti con estensione < 50% in zona 2 o 3 in 9 componenti (13,5%) con una valutazione quindi di stabilità ossea in tutti i casi. L'esame radiografico sequenziale ha dimostrato che già dopo 6 mesi dall'intervento compaiono ponti ossei ma la completa osteointegrazione si realizza dopo circa 1 anno con il riempimento di eventuali gap ossei post-operatori ed una ridistribuzione omogenea della densità ossea periacetabolare (Fig. 2).

Non sono state riscontrate aree di osteolisi a livello dell'osso periacetabolare ed erosioni corticali a livello della metafisi femorale. Nei casi con steli non cementati (Omnifit) la valutazione al follow-up della densità ossea periprotetica a livello femorale ha evidenziato un rimodellamento con riduzione progressiva della densità in zona 1 e 7 di Gruen ed aumento nelle zone 3 e 5 causato dal fisiologico *stress-shielding* che si realizza in questo stelo che ha una fissazione anche diafisaria.



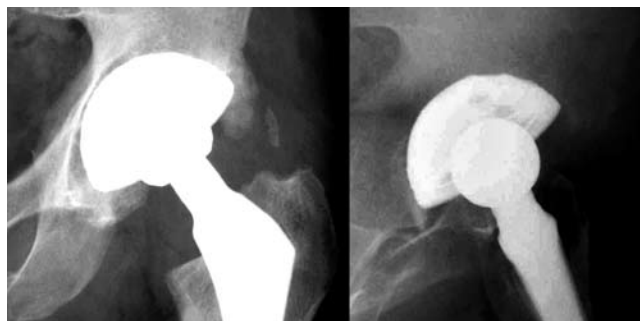
A



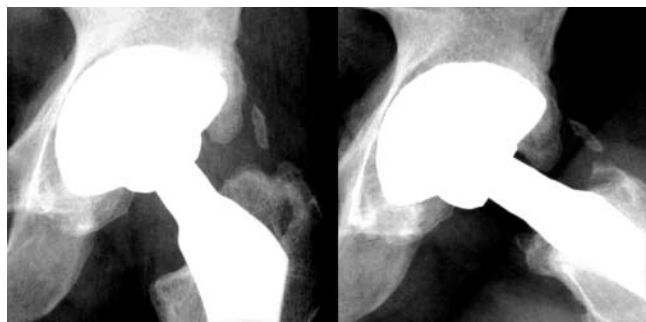
B



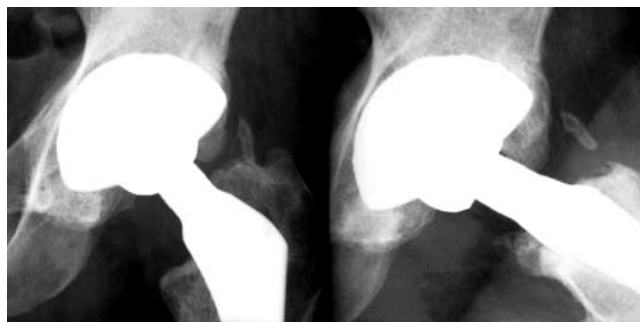
C



D



E



F

Fig. 2. Paziente di 50 anni affetto da coxartrosi sinistra (A), operato di artroprotesi d'anca con cotile Securfit e stelo Omnifit. L'esame radiografico post-operatorio evidenzia linea di radiotrasparenza periacetabolare in zona 1 e 2 per mancato contatto osso-protesi (B). L'esame radiografico a 6 mesi evidenzia una riduzione dell'estensione delle linee di radiotrasparenza (C) ed il controllo ad 1 anno dimostra la scomparsa delle linee con il ripristino di un'omogenea distribuzione della densità ossea periacetabolare indice di una valida stabilità dell'impianto (D). Gli esami radiografici a 2 anni (E) ed a 7 anni (F) dimostrano la fissazione ossea della componente acetabolare senza segni di osteolisi e la presenza di calcificazioni periarticolari della classe II di Brooker.

DISCUSSIONE

La fissazione dell'impianto e l'usura dei materiali sono i principali fattori che influenzano la sopravvivenza delle componenti cotiloidee non cementate.

I requisiti per ottenere una valida fissazione dell'impianto acetabolare emisferico sono la biocompatibilità del materiale (titanio, cromo-cobalto, tantalio), una superficie esterna adeguata per dimensione dei pori (100-400 micron) e per geometria (maggior diametro equatoriale), una tecnica chirurgica adeguata per ottenere uno stretto contatto con l'osso ospite ed una valida stabilità iniziale (micromovimenti < 40 micron) che favorisce l'apposizione ossea. I risultati riportati in letteratura con l'impiego dei cotili con rivestimento in idrossiapatite risultano molto variabili. In primo luogo è necessario distinguere la morfologia della componente protesica, le caratteristiche della superficie esterna ed il tipo di rivestimento in idrossiapatite.

Manley e Capello hanno riscontrato con un follow-up medio di 7,9 anni in 428 componenti acetabolari i seguenti risultati⁸:

- 131 cotili emisferici avvitati con rivestimento in idrossiapatite: allentamento asettico 1%, stabilità ossea 99%;
- 109 cotili emisferici con superficie rugosa press-fit (dual geometry): allentamento asettico 2%, stabilità ossea 98%;
- 188 cotili emisferici press-fit a superficie liscia rivestiti di idrossiapatite (*dual geometry* e *dual radius*): allentamento settico 11%, stabilità ossea 89%.

Lai et al. hanno valutato, con un follow-up medio di 10 anni, 85 cotili emisferici con superficie liscia modello Atoll (Landos, De Puy) e rivestiti in I.A. che presentava uno spessore di 155 micron, purezza del 98% e cristallinità del 50-70%. La percentuale di revisioni per allentamento asettico è stata del 16,4% con una sopravvivenza media del 70,7% a 8 anni e 67,9% a 10 anni. Nelle componenti revisionate il residuo rivestimento in I.A. riscontrato era presente solo nel 20% della superficie²⁴.

Rogers et al. in 100 cotili ABG (superficie sabbiata e fissazione con 2 spikes) hanno riscontrato, con un follow-up medio di 6 anni, 4 casi di revisioni ed un caso con linee di radiotrasparenza in zona 3. Il 95% delle componenti risultavano stabili con fissazione ossea²⁵.

Epinette et al. hanno valutato, con un follow-up minimo di 10 anni, 305 componenti acetabolari emisferiche avvitate con rivestimento in idrossiapatite e fissate con viti. La percentuale di revisione è stata 0,65% (2 casi), negli altri impianti la fissazione è stata giudicata ottima e le aree di osteolisi erano presenti nel 4,5% (8 casi)²⁶.

Tonino et al., valutando l'interfaccia tra componente pro-

tesica ed osso in 6 componenti acetabolari espantate in cadaveri, hanno evidenziato che il contatto osso-protesi era in media del 36,5% ($\pm 13,5$). Dopo un periodo medio di 5,4 anni il rivestimento in idrossiapatite è andato incontro ad un lento processo di degradazione ma i suoi detriti non hanno determinato una reazione infiammatoria²⁷.

Questi dati ci portano a concludere che l'idrossiapatite può svolgere un suo ruolo solo nella fissazione secondaria delle componenti mentre la stabilità primaria deve essere garantita dalla geometria e dalla superficie porosa e/o o da sistemi accessori come viti, *spikes*, filetti. La morfologia emisferica con maggior diametro equatoriale consente di realizzare la stabilità del cotile senza la necessità di sottofresare o sovra-dimensionare l'impianto rispetto alla fresa (tecnica *line-to-line*) diminuendo il rischio di una frattura acetabolare intraoperatoria o di un mancato contatto sul fondo acetabolare²⁸.

Van Flandern et al. hanno valutato 72 anche trattate con il cotile Dual Radius (PSL) in titanio con superficie rugosa microstrutturata di cui l'83% impiantati senza viti. Ad un follow-up medio di 4,5 anni non è stata revisionata alcuna componente, nel 90% dei casi non erano presenti linee di radiotrasparenza e nel 4% era presente una stabilità fibrosa²⁹.

Hermida et al. hanno condotto uno studio prospettico su 90 cotili Securfit³⁰. La valutazione dei risultati a distanza compresa tra 2 e 5 anni non ha evidenziato alcun caso di mobilitazione dell'impianto o di presenza di linee radiotrasparenti continue. L'analisi dell'evoluzione della densità ossea periprotetica ha dimostrato al follow-up una progressiva riduzione delle linee di radiotrasparenza con un incremento complessivo della densità determinato da un valido effetto osteoconduttivo dell'idrossiapatite.

Lo studio retrospettivo da noi eseguito ha evidenziato che il cotile Securfit, caratterizzato da un doppio diametro ed una superficie esterna microporosa con rivestimento in I.A., realizza una valida stabilità primaria, infatti, su 105 cotili impiantati solo in 12 casi (11,4%) è stato giudicato intraoperatoriamente utile impiegare delle viti di stabilizzazione.

I risultati radiografici a distanza media di 5,2 anni (min. 3, max. 8 anni) delle prime consecutive 67 coppe acetabolari impiantate dimostrano la validità del rivestimento microporoso ed idrossiapatite, in quanto in tutte le componenti si è realizzata una stabilità ossea. Per quanto riguarda l'usura dei materiali non abbiamo riscontrato al follow-up segni radiografici di osteolisi periprotetica a livello dell'acetabolo e del femore prossimale. Possiamo pertanto confermare i dati riportati da altre ricerche sperimentali e cliniche³¹ che evidenziano che l'idrossiapatite non aumenta il numero dei detriti ma, al contrario, favorendo una maggiore osteointegrazione della componente cotiloidea, svolge un effetto "sigillo" per evitare la penetrazione dei detriti nell'interfaccia osso-protesi (Tab. I).

Tab. I. Risultati cotili emisferici con maggior diametro equatoriale e rivestimento in idrossiapatite.

Autori	N. cotili	Accoppiamento articolare	Follow-up Medio	Stabilità ossea	Revisioni	Osteolisi
Hermida ³⁰	90	Polietilene-metallo	3,5 aa	100%	0%	—
Capello ³²	109	Ceramica-ceramica	5 aa	100%	0%	0%
D'antonio ³³	209	Ceramica-ceramica	4,2 aa	100%	0,5%	0%
Studio corrente	67	Polietilene-metallo	5,2 aa	100%	0%	0%

BIBLIOGRAFIA

- 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 1993;75A:961-75.
- Smith SW, Estok DM II, Harris WH. *Total hip arthroplasty with use of second-generation cementing techniques: an eighteen-year-average follow-up study.* J Bone Joint Surg 1998;80A:1632-40.
- Wroblewski BM. *15-21-year results of the Charnley low-friction arthroplasty.* Clin Orthop 1986;211:30-5.
- Bruijn JD, Seelen JL, Feenstra RM, Hansen BE, Bernoski FP. *Failure of the Mecring screw-ring acetabular component in total hip arthroplasty: a three to seven-year follow-up study.* J Bone Joint Surg 1995;77A:760-6.
- Capello WN, Colyer RA, Kernek CB, Carnahan JV, Hess JJ. *Failure of the Mecron screw-in ring.* J Bone Joint Surg 1993;75B:835-6.
- Pupparo F, Engh CA. *Comparison of porous-threaded and smooth-threaded acetabular components of identical design: two- to four-year results.* Clin Orthop 1991;271:201-6.
- Aigner C. *10 years results with the corund-blasted Zweymuller titanium alloy threaded acetabular cup.* Z Orthop Ihre Grenzgeb 1998;36:110-4.
- Manley MT, Capello WN, D'Antonio JA, Edidin AA, Geesink RG. *Fixation of acetabular cup without cement in total hip arthroplasty. A comparison of three different implant surfaces at a minimum duration of follow-up of five years.* J Bone Joint Surg 1998;80A:1175-84.
- Gruen TA, McNeice GM, Amstutz HC. *Model of failures of cemented stem type femoral components: a radiographic analysis of loosening.* Clin Orthop 1977;141:17-24.
- Clohisey JC, Harris WH. *The Harris-Galante porous-coated acetabular component with screw fixation: an average ten-year follow-up study.* J Bone Joint Surg 1999;81A:66-73.
- Engh CA, Griffin WL, Marx CL. *Cementless acetabular components.* J Bone Joint Surg 1990;72B:53-9.
- Engh CA, Hooten JP Jr, Zettl-Schaffer KF, Ghaffarpour M, McGovern TF, Macalino GE, et al. *Porous-coated total hip replacement.* Clin Orthop 1994;298:89-96.
- Kim Y-H, Kim J-S, Cho S-H. *Primary total hip arthroplasty with a cementless porous-coated anatomic total hip prosthesis: 10- to 12-year results of prospective and consecutive series.* J Arthroplasty 1999;14:538-48.
- Kim Y-H, Kim J-S, Cho S-H. *Primary total hip arthroplasty with the AML total hip prosthesis.* Clin Orthop 1999;360:147-58.
- Maloney WJ, Galante JO, Anderson M, Goldberg V, Harris WH, Jacobs J, et al. *Fixation, polyethylene wear, and pelvic osteolysis in primary total hip replacement.* Clin Orthop 1999;369:157-64.
- Schmalzried TP, Harris WH. *The Harris-Galante porous-coated acetabular component with screw fixation: radiographic analysis of eighty-three primary hip replacement at a minimum of five years.* J Bone Joint Surg 1992;74A:1130-9.
- Smith SE, Estok DM II, Harris WH. *Average 12-year outcome of a chrome-cobalt, beaded, bony ingrowth acetabular component.* J Arthroplasty 1998;13:50-60.
- Engh CA, Hopper RH, Engh A Jr. *Long-term porous-coated cup survivorship using spikes, screws, and press-fitting for initial fixation.* J Arthroplasty 2004;19:54-60.
- Geesink RGT. *Hydroxylapatite-Coated total hip replacement: five year clinical and radiological results.* In: Geesink R, Manley M, eds. *Hydroxylapatite coatings in orthopaedics surgery.* New York: Raven Press 1993, p. 171-208.
- Reikeras O, Gunderson RB. *Failure of HA coating on a grit-blasted acetabular cup. 155 patients followed for 7-10 years.* Acta Orthop Scand 2002;73:104-8.
- Harris WH. *Traumatic arthritis of the hip after dislocation and acetabular fracture: treatment by mold arthroplasty. An end-result study using a new method of result evaluation.* J Bone Joint Surg 1969;51A:737-47.
- Villani C, Romanini E, Giordano MC, Persiani P, Casella F. *Artroprotesi totale d'anca non cementata: valutazione orientata dal paziente a medio termine.* Giornale Italiano di Ortopedia e Traumatologia 2000;16:67-72.
- DeLee JG, Charnley J. *Radiological demarcation of cemented sockets in total hip replacement.* Clin Orthop 1976;121:20-5.
- Lai K, Shen W, Chen C, Yang C, Hu W, Chang G. *Failure of hydroxyapatite-coated acetabular cups.* J Bone Joint Surg 2002;84B:641-6.
- Rogers A, Kulkarni R, Downes EM. *The ABG hydroxyapatite coated hip prosthesis. One hundred consecutive operations with average 6-year follow-up.* J Arthroplasty 2003;18:619-25.

- ²⁶ Epinette JA, Manley MT, D'Antonio JA, Edidin AA, Capello WN. *A 10-year follow-up of hydroxyapatite-coated threaded cups*. J Arthroplasty 2003;18:140-8.
- ²⁷ Tonino A, Oosterbos C, Rahmy A, Therin M, Doyle C. *Hydroxyapatite-coated acetabular components*. J Bone Joint Surg 2001;83A:817-25.
- ²⁸ Overgaard S, Lind M, Rahbek O, Bunger C, Soballe K. *Improved fixation of porous coated vs. grit-blasted surface texture of hydroxyapatite-coated implants in dogs*. Acta Orthop Scand 1997;14:337-43.
- ²⁹ Van Flandern GJ, Bierbaum BE, Newberg AH, Gomes SL, Mattingly DA, Karpos PA. *Intermediate clinical follow-up of dual radius acetabular component*. J Arthroplasty 1998;13:804-11.
- ³⁰ Hermida JC, D'Lima DD, Steklov N, Colwell CW Jr. *Outcome of an acetabular design with hydroxyapatite coating on a rough substrate*. Clin Orthop 2005;441:298-304.
- ³¹ Moilanen T, Stocks GW, Freeman MAR. *Hydroxyapatite coating of an acetabular prosthesis: effect on stability*. J Bone Joint Surg 1996;78B:2000-5.
- ³² Capello WN, D'Antonio JA, Manley MT, Feinberg JR. *Arc-deposited hydroxyapatite – coated cups*. Clin Orthop 2005;441:305-12.
- ³³ D'Antonio JA, Capello WN, Manley MT, Naughton M, Sutton K. *A titanium-encased alumina ceramic bearing for total hip arthroplasty*. Clin Orthop 2005;441:151-8.