

Prothèse totale de hanche chez le patient jeune

Total hip replacement in young age population

D Pourreyron, F Zadegan, A Raould, R Nizard, L Sedel

Mots clés

- ◆ chirurgie
- ◆ hanche
- ◆ prothèse
- ◆ céramique

Résumé

Les jeunes patients porteurs d'affections articulaires graves (nécrose de hanche, luxation congénitale, séquelles traumatiques, epiphysiolyse, infection de la petite enfance) demandent un soulagement complet et pérenne à leurs problèmes. Par ailleurs, ils souhaitent reprendre des activités complètes. Les prothèses classiques à couple polyéthylène s'usent et doivent donc être réopérées en raison de la réaction à corps étranger due aux débris d'usure. Au contraire, les prothèses à couple céramique d'alumine initiées en France il y a près de 40 ans ne développent pas cet inconvénient et peuvent donc en théorie être tolérées toute la vie. Nous utilisons ces matériaux depuis 30 ans. Les résultats que nous présentons chez les patients jeunes (avant 30 ans) confirment ce choix à ces âges. Une série de 140 prothèses implantées montrent des résultats dont certains se maintiennent après 27 ans d'implantation ; certains échecs sont notés et les causes en sont analysées; Ils relèvent plus de la difficulté technique des cas liés aux étiologies particulières à cet âge, que d'un problème lié à la tolérance des matériaux qui s'avère excellente. L'amélioration des dessins de prothèse permet d'espérer une amélioration encore plus nette des résultats futurs. L'absence de destruction de l'os alentour permet de plus des interventions de reprise dans d'excellentes conditions techniques locales.

Keywords

- ◆ surgery
- ◆ hip replacement
- ◆ young age
- ◆ ceramic

Abstract

Total hip replacement in a young age population is a challenge. Long term implantation and anatomical difficulties related to previous illness or special anatomy are the key limiting factors. We have some experience on this subject since 30 years and will present a series already published in clinical orthopaedics. One hundred and thirty two hips were operated in 101 patients aged less than 30 years at time of operation. Surgical difficulties are described as well as survivorship. Some difficulties were related to anatomical conditions, leg length discrepancies and medullar canal narrowing. Others were related to poor initial design of the ceramic socket. Most of the revisions were related to socket aseptic loosening of the cemented design. In more recent cases, with the use of cementless implants results looked far better. At the moment it seems to us possible to implant a total hip in this young age group avoiding hip fusion. Despite all the problem and also difficulties related to surgery, the absence of osteolysis related to material wear let us expect long lasting implantation.

La prothèse totale chez le sujet jeune est un challenge. Il faut redonner à ce jeune handicapé indolence et mobilité, supprimer sa boiterie et surtout lui permettre d'effectuer toutes les activités de son âge incluant le sport, les activités sexuelles, professionnelles, et ceci pour toute la durée de vie restante.

Ce but est rendu plus difficile à atteindre en raison des pathologies responsables entraînant souvent des conditions anatomiques particulières. Ensuite, le choix des matériaux entrant dans la composition des prothèses doit être mûrement réfléchi de manière à éviter les conséquences délétères de l'usure

qui entraîneront des réactions à corps étrangers et, à terme, le descellement de l'implant. Il faut donc une approche pluridisciplinaire alliant la chirurgie, la science des matériaux et les aspects biologiques de la tolérance des produits.

Circonstances étiologiques

A ces âges précoces, les pathologies responsables du handicap sont particulières. Ce sont des séquelles de maladies de la petite enfance : maladie de Legg Perthes Calvé, luxation

Correspondance :

Hôpital Lariboisière (APHP), Université Paris 7 (Denis Diderot), France

congénitale compliquée après traitement chirurgical, séquelles d'épiphyseolyse, séquelles d'arthrite septique de la petite enfance, nécrose avasculaire de la hanche chez les greffés de moelle, drépanocytose, traitements corticoïdes pour différentes affections comme les néphropathies malignes, conséquences de la réaction du greffon contre l'hôte après greffe de moelle, asthme grave ou autre. Il existe aussi des affections rhumatismales : arthropathie chronique juvénile, spondylarthrite ankylosante, synovite villo-nodulaire, certaines arthroses rapidement évolutives sans étiologies particulières.

Les séquelles de traumatisme représentent aussi une part importante : fractures du cotyle et du col du fémur. Si la maladie est survenue avant l'adolescence, il existe des troubles de croissance qui aggravent encore le problème. Les chirurgiens orthopédiques infantiles ont habituellement tenté de pallier les conséquences en réalisant des gestes préventifs (ostéotomie du bassin, du col du fémur, butée ostéoplastique) ou gestes d'égalisation de longueur des membres inférieurs (allongement ou épiphysiodèse). C'est parce que ces gestes sont souvent insuffisants, que l'enfant continue de boiter, de souffrir et ne peut mener une existence normale que se pose le problème d'une intervention réparatrice. Actuellement, l'indication d'une arthrodèse de la hanche — blocage définitif de l'articulation — se pose de moins en moins. Cette intervention qui a connu son heure de gloire et reste pratiquée dans certains pays laisse un certain nombre de handicaps : difficultés à la station assise, dégradation du genou sous-jacent ou du rachis lombaire soumis à des contraintes excessives, difficultés pour la femme de mener une vie sexuelle ou obstétricale normale. De plus, la reprise d'arthrodèse par une prothèse totale n'est pas simple : il s'agit d'une intervention difficile et surtout qui sera grevée de séquelles liées à l'atteinte musculaire toujours présente et que la prothèse ne permettra pas de remplacer. Il nous paraît actuellement stratégiquement plus simple et moins risqué de réintervenir sur une prothèse totale, surtout lorsque la raison de l'échec est un dessellement simple, ou une fracture de matériel, les muscles étant présents et le support osseux étant resté de bonne qualité. La littérature comporte peu de séries de prothèses à un âge jeune avec des résultats satisfaisants sur le long terme.

Nous avons maintenant une expérience ancienne due à l'utilisation depuis plus de 30 ans d'une prothèse plus adaptée aux sujets jeunes, faite de matériaux modernes : elle comporte une tige en titane et un couple de frottement en céramique d'alumine qui a la particularité de présenter une usure beaucoup plus faible que les prothèses à couple métal/

polyéthylène classiques. C'est cette expérience que nous rapporterons ici.

Matériels et méthodes

Les patients

Dans un travail récemment publié (1), nous avons rapporté une série rétrospective et consécutive de 132 hanches opérées chez 101 patients entre septembre 1979 et novembre 2004. Ils étaient tous âgés de moins de 30 ans le jour de l'opération. Il s'agissait de 64 côtés droits et 68 côtés gauches. Cinquante-neuf étaient des hommes et 42 des femmes. La moyenne d'âge était de $23,4 \pm 5$ ans. Sept sont décédés dans les suites, en moyenne 2 ans après l'opération (4 mois à 5 ans), sans relation avec l'intervention elle-même. Ceci laisse 94 patients (108 hanches) avec un recul minimum de 1 an (moyenne $6,9$ ans $\pm 4,7$) allant de 1 à 26 ans. La taille moyenne était de 169 cm.

L'étiologie responsable était une nécrose de hanche pour 64 hanches, une arthrose post-traumatique pour 18, une épiphysiolysse pour 12, une infection de la petite enfance chez 10, une dysplasie majeure chez 4 et une tumeur chez 2. Pour 4 hanches, l'étiologie était inconnue. Parmi les nécroses de hanches : 51 étaient secondaires à une greffe de moelle, 10 à une drépanocytose. Vingt-quatre hanches avaient déjà été opérées et avaient eu 31 interventions : une arthroplastie par cupule de Vernon Luck, une prothèse bipolaire, 4 prothèses totales de hanche, 10 vissages du col après épiphysiolysse ou fracture, 5 ostéotomies pelviennes, 5 ostéosynthèses d'une fracture du cotyle et 5 ostéotomies fémorales.

Cent dix-neuf hanches ont eu une voie d'abord postérieure, 5 un abord de type Hardinge (antéro-latéral), 8 une trochantérotomie. Quatorze ont eu une reconstruction du cotyle par une greffe osseuse autologue et par une allogreffe chez 2 patients.

Le matériel

Tous les patients ont reçu un couple alumine (Ceraver-Osteal®). Sur cette période de 25 ans, 5 types de cotyles différents ont été utilisés. Les cotyles de première génération étaient en alumine massive cimentée et ont été implantés chez 10 patients. Secondairement, le même implant a été utilisé sans ciment chez 22 patient (Cotyle Cerapress®). Puis

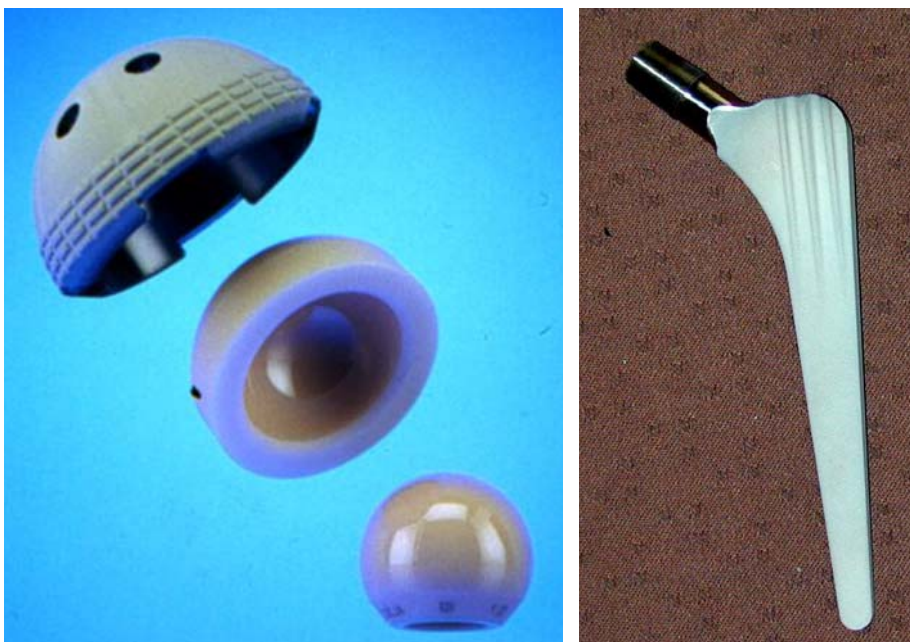


Figure 1. Aspect des prothèses modernes adaptées aux jeunes : couple de frottement en céramique d'alumine. Tige et cotyle en alliage de titane, recouverts d'une couche ostéoconductive d'hydroxyapatite.

sont apparus les cotyles composés de deux éléments : une coque en alliage de titane (métal back) qui est au contact de l'os et un insert en alumine. Les premiers cotyles « métal-back » étaient vissés ; ils ont été utilisés sur 6 hanches. En 1990, les cotyles impactés métal-back ont commencé à être utilisés : d'abord recouverts d'un grillage de titane pure (Cerafit®) utilisés sur 14 hanches puis le modèle actuellement utilisé qui est recouvert d'hydroxyapatite, composant ostéo-conducteur s'intégrant plus facilement à l'os (Cerafit-HA®), utilisé sur 80 hanches. Ces cotyles de dernière génération offrent la possibilité d'augmenter la tenue de l'implant par la pose de 1 ou 2 vis ancrées dans l'os iliaque. La tige fémorale utilisée avant 1997, était une tige en alliage de titane anodisé lisse avec une collerette (Cera-ver-Osteal®), implantée sur les 62 premières hanches fixées avec du ciment en faible épaisseur. Puis à partir de 1997, une tige sans ciment en alliage de titane corronnée en forme de coin et recouverte sur toute sa hauteur d'une couche d'hydroxyapatite (Cerafit Multicône®) a été utilisée chez 70 patients et reste la tige actuellement posé dans le service pour le sujets jeunes (fig. 1). Dans tous les cas, une tête en céramique d'alumine de qualité médicale de 32 mm de diamètre était fixée sur le cône morse.

Méthode d'évaluation

L'évaluation a été faite selon des critères cliniques, radiologiques et en utilisant les courbes de suivie actuarielle (méthode de Kaplan Meier [2]). Cette évaluation a été établie par un des auteurs indépendant (DP). L'évaluation clinique a utilisé les cotations de Postel Merle D'Aubigné (3). Le résultat était considéré comme excellent avec un score de 18/18, très bon avec un score de 16/18 ou 17/18, moyen pour un score de 14/18 et mauvais en dessous de 13/18. Une radiographie standard du fémur comportait une vue antéropostérieure de la hanche de face et un profil du fémur. Sur la vue de face, les 7 zones classiques de Gruen et Amstutz (4) étaient analysées pour noter tout liseré ainsi que toute ostéolyse. Une mobilisation de la pièce était quantifiée en mesurant tout déplacement inférieur par comparaison avec les radiographies successives, ou tout changement de position en varus ou valgus. Sur le versant cotyloïdien, les liserés ou ostéolyses étaient mesurées selon les critères de De Lee et Charnley (5) en 3 zones. La mobilisation éventuelle était calculée en mesurant l'angle du cotyle sur la vue de face et une éventuelle migration en calculant la hauteur par rapport au seuil du cotyle.

L'analyse de survie selon Kaplan Meier a porté sur l'ensemble des 132 hanches. Une analyse par sous-groupe utilisant le test de log Rank a permis de calculer des différences entre les cohortes par rapport à l'ensemble de façon à identifier des facteurs de risques significatifs (JMP statistical software, SAS institute).

Résultats

Douze complications sont survenues pendant l'opération : 7 fissures limitées à la partie proximale du fémur, 3 perforations fémorales et 2 fractures (sur la diaphyse et à l'extrémité inférieure du fémur [patient trisomique]). Les deux fractures ont été ostéosynthésées par plaque, les autres n'ont pas eu de conséquences notables.

En post-opératoire, 8 paralysies du sciatique ont été observées, le plus souvent lorsque la prothèse avait été accompagnée d'un allongement important. Cinq paralysies ont totalement récupéré, deux partiellement et un cas a été suivi de douleurs importantes après récupération complète de la paralysie. Deux luxations postopératoires ont été réduites et ne se sont pas reproduites.

Sept patients sont décédés après un délai moyen de $2,3 \pm 1,7$ ans. Le décès était en relation avec la maladie originelle (leucémie ayant bénéficié d'une greffe de moelle) et pas en rapport avec l'intervention de prothèse articulaire. Dix-sept réinterventions pour descellement aseptique ont été nécessaires après un délai moyen de $7,6 \pm 5,3$ ans. La cause était dans 12 cas un descellement isolé du cotyle (5 Cerafit-HA®, 1 cotyle vissé, 1 Cerafit®, 2 cotyles en alumine massive cimenté et 3 Cera-press®). De plus, il y a eu 2 descellements aseptiques du fémur (tous cimentés). Un a eu un descellement aseptique des deux composants et deux ont été repris des deux composants pour un sepsis. Cent-huit hanches restaient utilisables pour une évaluation clinique et radiologique avec un recul moyen de $6,9 \pm 4,7$ ans (1 à 26,5 ans). La cotation moyenne Postel-Merle d'Aubigné était de $17,4 \pm 1,70$ hanches cotées excellentes, 33 très bien, 2 bon et 1 mauvais. Beaucoup de patients étaient capables de réaliser des travaux lourds ou des sports comme la course, le tennis ou l'alpinisme.

L'analyse radiologique faisait état de 2 composants à risque, un cotyle avait migré de 4° et un composant fémoral présentait une ostéolyse limitée associée à une décohésion du grillage de titane sur la partie cotyloïdienne. Il n'y avait pas d'au-

Figure 2. Jeune homme de 15 ans souffrant d'une séquelle d'ostéoarthritis de la petite enfance.

(a) : boiterie, douleur.

(b) : aspect radiologique 8 ans après la prothèse totale ; il ne souffre plus, peut courir, a encore une discrète boiterie ; il n'a plus de différence de longueur grâce à une épiphysiodèse près du genou pratiquée deux ans avant du côté gauche.



tres signes d'ostéolyses. Dans toute cette série, aucun bruit en rapport avec les couples céramique (*squeaking*) n'avait été noté. Il n'y a pas eu de fracture d'un composant en céramique.

Pour l'ensemble de la série, l'analyse de survie, si l'on prend comme évènement la reprise qu'elle qu'en soit la raison, montre un chiffre de 82,1% à 10 ans (intervalle de confiance à 95% : 72,4% - 91,8%) et 72% à 15 ans (intervalle de confiance à 95% : 57,2% - 87,6%). Le taux de survie était significativement inférieur pour les prothèses faites après épiphysiolyse (64,9 % à 8 ans) ainsi que pour les arthroses post-traumatiques (65,5 % à 14 ans) ou les drépanocytoses. Le taux de survie était de 88,1% à 15 ans pour le composant fémoral (intervalle de confiance à 95% : 75% -100%) et 74,5% pour le cotyle (intervalle de confiance à 95% : 59,1% - 89,9%). En revanche, le taux de survie après infection de la petite enfance (10 cas) était de 100%.

Discussion

De nombreuses études ont démontré que les prothèses de hanche posées chez de très jeunes patients donnaient lieu à des taux d'échecs important avec de multiples révisions lorsqu'on compare avec des séries chez des patients plus âgés (6, 7), atteignant 82% après 16,5 ans pour Dorr et al (8), à comparer à nos 72%. Les résultats de cette série confirment cette différence si on les compare à ceux de nos séries publiées de patients qui avaient moins de 50 ans lors de l'intervention (9). Cependant, si l'on tient compte des difficultés techniques plus importantes, des facilités habituelles des réinterventions qui se sont le plus souvent résumées à une reprise isolée du cotyle, l'indication de prothèse totale de la hanche reste valide (fig. 2). On ne perturbe pas l'avenir à long terme des patients, sauf bien sûr lorsque la complication est une infection, même si les possibilités de traitement de ces infections sur prothèses s'améliorent.

La discussion habituelle est celle de l'indication d'arthrodèse de la hanche (10). Ayant l'expérience des interventions de désarthrodèse, nous connaissons les difficultés liées à cette intervention pour lesquelles les patients viennent régulièrement consulter après 50 ans. La désarthrodèse avec pose de prothèse donne toujours un résultat insuffisant avec une instabilité fréquente, un retentissement sur le genou ou le rachis (11, 12) qui se sont souvent gravement détériorés et représentent d'ailleurs souvent la raison pour laquelle les patients arthrodésés consultent. À ce stade, certaines de ces lésions sont irréversibles.

La raison principale des échecs dans notre série est liée à la fixation du cotyle. Ceci a déjà été rapporté (13-15). Avec l'amélioration apportée par la fixation sans ciment de pièces métal back, il semble que ce problème soit réglé ou en tout cas nettement amélioré dans nos récentes expériences (16); ce qui nous laisse espérer que la tenue des cotyles pour le long terme est meilleure et que les résultats s'en trouveront significativement améliorés (14, 15).

Il est clair que les difficultés techniques liées aux défauts anatomiques ou au raccourcissement eux-mêmes liés à la maladie initiale souvent survenue dans la petite enfance compliquent singulièrement la chirurgie. Ceci se retrouve dans la plupart des séries. En revanche, on ne retrouve pas dans notre série le caractère péjoratif lié à l'usure accélérée des composants de prothèses induisant de nombreux descellements aseptiques (17).

Il n'y a pas non plus d'ostéolyse à terme, en contradiction encore avec les autres matériels. Ceci s'explique par le choix du couple de frottement en céramique d'alumine qui génère un nombre de débris très nettement inférieur à celui produit par les couples de frottement classiques (métal/polyéthylène). Ceci devient très sensible si l'on a affaire à des patients plus jeunes et actifs. Il faut comparer nos chiffres de

survie de 82% à 10 ans aux 30 à 50 % de survie avec les autres types de prothèses (6, 7, 18).

La limitation de l'ostéolyse et la préservation du stock osseux sont essentielles si l'on souhaite implanter une prothèse totale de la hanche chez un jeune individu. Il est donc préférable d'éviter les couples comportant du polyéthylène. Quand au polyéthylène irradié, il n'a pas encore fait ses preuves en terme de recul en clinique.

Le couple métal/métal réintroduit depuis peu comporte du chrome et du cobalt. Il produit significativement moins de débris que les couples comportant du polyéthylène; cependant, l'existence de chrome et de cobalt peut entraîner des réactions allergiques, des réactions locales de type lymphoplasmocytaires. L'introduction dans l'organisme de taux élevés de cobalt et de chrome(19) pour toute la vie pose aussi question, surtout chez l'insuffisant rénal (8) même si aucun élément négatif n'a pu être mis en évidence à ce jour (20). L'introduction chez la femme en âge de procréer, pose aussi le problème du passage des ions chez l'embryon avec des risques de malformations ou de complications mal connues (21, 22). Les possibles carcinogénicité et mutagénicité sont à prendre en considération (23-25).

Conclusion

La prothèse totale chez le patient jeune comporte un certain nombre de difficultés. La première tient aux diagnostics responsables qui entraînent des anomalies architecturales majeures, des risques infectieux, qui poseront surtout des problèmes de technique et de tactique chirurgicales. La deuxième concerne le choix des matériels implantés sachant qu'à ce jour, seul le couple alumine/alumine dans des configurations correctes permet d'espérer une implantation prolongée et donc une stratégie à long terme sans conséquence sur le résultat fonctionnel.

La maîtrise actuelle des techniques opératoires et la qualité des matériaux de prothèses nous permettent d'être sereins lorsqu'une prothèse de hanche doit être implantée chez un sujet jeune; on doit cependant rester maître de sa technique, de son environnement professionnel et du choix de la prothèse que nous souhaitons implanter. Il est préférable d'avoir une bonne expérience de ces cas complexes, de sélectionner les matériaux en possédant des connaissances suffisantes sur leur qualité et leur possibilité de dégradation ultérieure. Munis de tous ces garde-fous, il est possible de proposer cette intervention même à des sujets extrêmement jeunes (plusieurs adolescents dans notre expérience) sans avoir l'impression de les entraîner dans un futur fait de catastrophes; il sera aussi important qu'ils parviennent psychologiquement à oublier qu'ils sont porteurs d'un matériel prothétique; ils auront ainsi le résultat idéal que nous qualifions de « hanche oubliée ».

Références

1. Nizard, R, Pourreyron, D, Raould, A, Hannouche, D, Sedel, L. Alumina-on-alumina hip arthroplasty in patients younger than 30 years old. Clin Orthop Relat Res 2008;466:317-23.
2. Sedel L, Kerboull L, Christel P, Meunier A, Witvoet J. Alumina-on-alumina hip replacement: results and survivorship in young patients. J Bone Joint Surg Br 1990;72:658-63.
3. D'Aubigne RM, Postel M. Functional results of hip arthroplasty with acrylic prosthesis. J Bone Joint Surg Am 1954;36:451-75.
4. Gruen TA, McNeice GM, Amstutz HC. "Modes of failure" of cemented stem-type femoral components: a radiographic analysis of loosening. Clin Orthop Relat Res 1979;141:17-27.
5. DeLee JG, Charnley J. Radiological demarcation of cemented sockets in total hip replacement. Clin Orthop Relat Res 1976;121:20-32.
6. 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;63:1426-34.
7. Halley DK, Wroblewski BM. Long-term results of low-friction arthroplasty in patients 30 years of age or younger. *Clin Orthop Relat Res* 1986;211:43-50.
 8. Dorr LD, Long WT. Metal-on-metal: articulations for the new millennium. *Instr Course Lect* 2005;54:177-82.
 9. Sedel L, Nizard RS, Kerboull L, Witvoet J. Alumina-alumina hip replacement in patients younger than 50 years old. *Clin Orthop Relat Res* 1994;298:175-83.
 10. Stover MD, Beaulé PE, Matta JM, Mast JW. Hip arthrodesis: a procedure for the new millennium? *Clin Orthop Relat Res* 2004;418:126-33.
 11. Karol LA, Halliday SE, Gourineni P. Gait and function after intra-articular arthrodesis of the hip in adolescents. *J Bone Joint Surg Am* 2000;82:561-9.
 12. Roberts CS, Fetto JF. Functional outcome of hip fusion in the young patient. Follow-up study of 10 patients. *J Arthroplasty* 1990;5:89-96.
 13. Nizard RS, Sedel L, Christel P, Meunier A, Soudry M, Witvoet J. Ten-year survivorship of cemented ceramic-ceramic total hip prosthesis. *Clin Orthop Relat Res* 1992;282:53-63.
 14. Hamadouche M, Nizard RS, Meunier A, Bizot P, Sedel L. Cementless bulk alumina socket: preliminary results at 6 years. *J Arthroplasty* 1999;14:701-7.
 15. Witvoet J, Darman Z, Christel P, Fumery F. [Total arthroplasty of the hip with a screwed titanium ring cup. Follow-up of 446 prostheses over four years]. *Rev Chir Orthop Reparatrice Appar Mot* 1993;79:542-52.
 16. Bizot P, Hannouche D, Nizard R, Witvoet J, Sedel L. Hybrid alumina total hip arthroplasty using a press-fit metal-backed socket in patients younger than 55 years. A six- to 11-year evaluation. *J Bone Joint Surg Br* 2004;86:190-4.
 17. Holt G, Murnaghan C, Reilly J, Meek RM. The biology of aseptic osteolysis. *Clin Orthop Relat Res* 2007;460:240-52.
 18. Dudkiewicz I, Salai M, Israeli A, Amit Y, Chechick A. Total hip arthroplasty in patients younger than 30 years of age. *Isr Med Assoc J* 2003;5:709-12.
 19. Dumbleton JH, Manley MT. Metal-on-Metal total hip replacement: what does the literature say? *J Arthroplasty* 2005;20:174-88.
 20. Rieker CB, Schon R, Kottig P. Development and validation of a second-generation metal-on-metal bearing: laboratory studies and analysis of retrievals. *J Arthroplasty* 2004;19 Suppl 3:5-11.
 21. Brodner W, Grohs JG, Bancher-Todesca D, et al. Does the placenta inhibit the passage of chromium and cobalt after metal-on-metal total hip arthroplasty? *J Arthroplasty* 2004;19 Suppl 3:102-6.
 22. Ziaee H, Daniel J, Datta AK, Blunt S, McMinn DJ. Transplacental transfer of cobalt and chromium in patients with metal-on-metal hip arthroplasty: a controlled study. *J Bone Joint Surg Br* 2007;89:301-5.
 23. Devitt A, O'Sullivan T, Quinlan W. 16- to 25-year follow-up study of cemented arthroplasty of the hip in patients aged 50 years or younger. *J Arthroplasty* 1997;12:479-89.
 24. Visuri TI, Pukkala E, Pulkkinen P, Paavolainen P. Cancer incidence and causes of death among total hip replacement patients: a review based on Nordic cohorts with a special emphasis on metal-on-metal bearings. *Proc Inst Mech Eng [H]* 2006;220:399-407.
 25. Willert HG, Buchhorn GH, Fayyazi A, Flury R, Windler M, Koster G, Lohmann CH. Metal-on-metal bearings and hypersensitivity in patients with artificial hip joints. A clinical and histomorphological study. *J Bone Joint Surg Am* 2005;87:28-36.