

Le couple Alumine/Alumine en prothèse totale de la hanche

Ceramic on Ceramic Total Hip: a 40 Years History

Laurent Sedel

Hôpital Lariboisière (APHP) et Université Paris 7 (Denis Diderot) et UMR CNRS.

Mots clés

- ◆ Prothèse totale de hanche
- ◆ Céramique sur céramique
- ◆ Résultats à long terme

Résumé

Le couple de frottement céramique d'alumine a été initié en France par Pierre Boutin un chirurgien de Pau. Marquée au début par les problèmes mécaniques de fracture, son utilisation s'est généralisée. Les améliorations successives du produit ont permis progressivement d'en faire un matériel très performant. Caractérisé par une usure très faible, expliquant l'absence de réactions macrophagiques, il est aussi remarquable par la tolérance surtout chez des patients jeunes ou actifs, ce qui évite les réinterventions précoces. De plus la génération d'un tissu fibreux dense explique la remarquable stabilité des prothèses l'utilisant. Actuellement il est reconnu de par le monde comme le couple idéal dans la population la plus active et ceci repose sur les données des registres australiens ou anglais. En France il représente actuellement 40 % des prothèses implantées, c'est aussi le cas en Corée ou en Angleterre, en Allemagne. Aux USA, il a été longtemps supplanté par le couple métal sur métal. A la suite des échecs documentés de ce couple, il reprend actuellement de l'importance et ce malgré les campagnes médiatiques sur la génération de bruits ou le risque de fractures qui sont en fait d'une grande rareté. Les taux de succès sont importants. Nous avons publié des chiffres à 20 ans : 10 % de réintervention. L'avantage principal est d'autoriser la pratique de sports à haut niveau de risque sans problèmes majeurs.

Keywords

- ◆ Total hip
- ◆ Ceramic on ceramic
- ◆ Long term results

Abstract

Ceramic on ceramic couple in total hip was introduced in France by Pierre Boutin in the early seventies. Initial problems related to fractures or difficulties in setting ceramic onto metal were documented. Quickly it appeared many advantages of this material, resuming in absence of foreign body reaction, excellent longevity, and ability to practice sports without any problems. At the moment it is recognised to provide long term results without osteolysis. Moreover some recent data's insisted on the absence of long term dislocation. This could be related to the strong fibrous tissue generated by this material. Also, some papers do insist on the reduction in infection burden with this material. Nowadays, it represents about 40% of couple implanted worldwide including France, Italy, UK, Germany and South Korea. It is recommended to be applied in younger and more active patients. In the United States, it was preferred during years to utilise metal on metal. But due to many problems of this material including pseudotumors, pain, revision burden, ceramic on ceramic use is increasing. We have published data's showing about 10% revision at 20 years. Considering a good material quality, an excellent design of the construct and awareness of the surgeon, this material could be recommended for very long term implantation in the more active population. Problems of fracture or noise even of concern are very anecdotal and must be balanced with the documented advantages of this material.

Historique

Durant les années 70, la prothèse de hanche est devenue une intervention classique. Les matériaux étaient alors représentés par le couple métal sur métal : prothèse de Mac Kee Farrar avec une grosse tête. A partir de 1963, la prothèse de Charnley comportait des pièces cimentées avec un couple métal polyéthylène haute densité et du ciment pour fixer les composants.

Dès cette époque, la prothèse métal sur métal faisait la preuve de sa mauvaise tolérance : réactions de type allergique aux produits, descellement sans doute liés à un frottement trop important entre les composants.

Correspondance :

Pr Laurent Sedel, Service de chirurgie orthopédique
Hôpital Lariboisière - 2, rue Ambroise Paré - 75010 Paris.
E-mail : laurent.sedel@lrh.aphp.fr

La prothèse de Charnley était une réponse à ces inconvénients. Cependant, John Charnley lui-même travaillant sur un pendule avait anticipé les risques de voir les débris de plastique entrainer localement une réaction à corps étrangers qui pouvait nuire à la bonne tenue de la prothèse à long terme ; c'est dans ce contexte que la prothèse comportant un couple céramique sur céramique est apparue.

Cette innovation qui s'est avérée majeure a été initialement le fruit de la rencontre d'un industriel : le patron de la société Ceraver et d'un chirurgien orthopédiste de Pau, ancien collègue parisien : le Docteur Pierre Boutin. Le fabricant de céramique, en l'occurrence l'alumine : Al₂O₃ était à la pointe de la fabrication de ce produit qui devait être utilisé pour

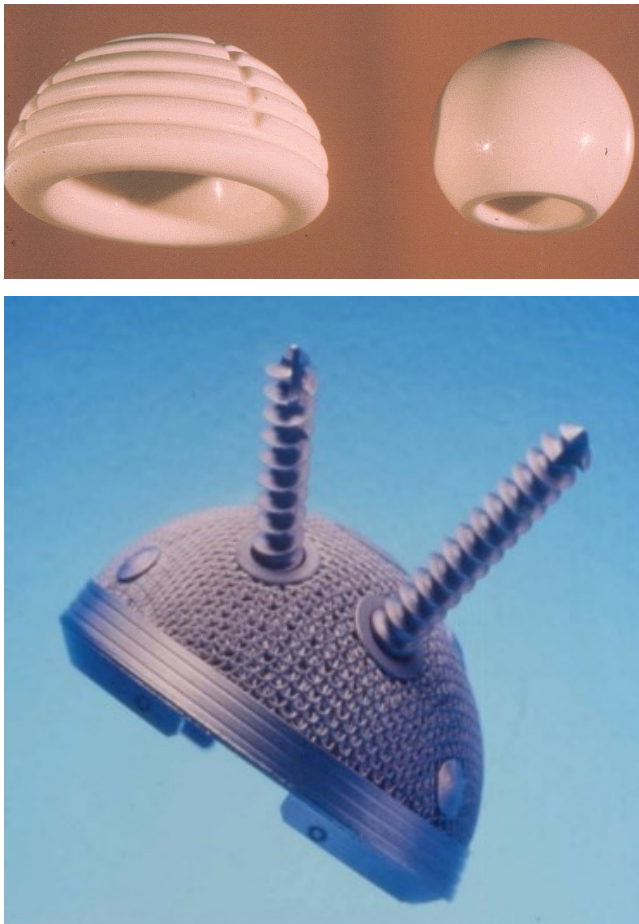


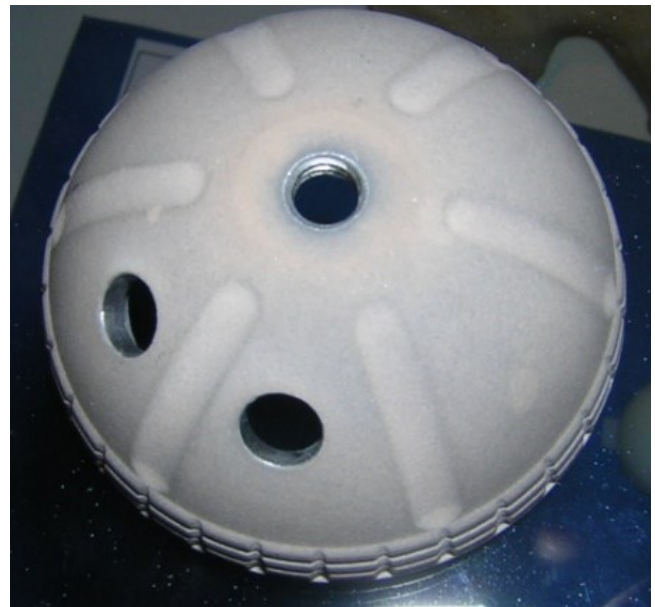
Figure 1. Différentes pièces cotyloïdiennes utilisées à différentes époques

construire des canalisations dans le surgénérateur prévu à cette époque. D'où des recherches sur la résistance mécanique de cette alumine qui devait pouvoir résister à des chocs importants et ne jamais se rompre. Il est rapidement apparu que ce produit avait des caractéristiques très intéressantes : excellente tolérance biologique, capacité de frottement surclassant tous les autres avec un coefficient de frottement très bas et surtout un frottement qui générait beaucoup moins de particules que les autres couples, en particuliers le couple métal/plastique. Les premiers tests étant positifs, la prothèse a été implantée pour la première fois en 1970. Le début a été marqué par différents problèmes liés pour certains à la fragilité du premier produit générant quelques fractures, et surtout à la difficulté de fixer la céramique sur du métal puisqu'il n'était pas envisageable de construire une prothèse tout céramique. Après quelques tâtonnements et des recherches aux laboratoires, il a été décidé de fixer la tête en céramique sur un cône Morse d'une prothèse en alliage de titane. Dans le bassin les premiers dessins comportaient une pièce en céramique massive fixée par du ciment acrylique.

Résultats cliniques

Les premières expériences cliniques ont été favorables avec effectivement l'absence d'ostéolyse, des résultats qui pouvaient se révéler excellents et surtout durables chez les patients les plus jeunes et les plus actifs.

Cependant chez les patients plus âgés, on observait des descellements de la pièce cotyloïdienne sans doute liés à la mauvaise qualité de l'os receveur. D'autre part la partie fragile du montage était le ciment.



C'est pourquoi à partir des années 80, ce produit a été réservé aux patients les plus jeunes et actifs, laissant aux autres le couple métal polyéthylène ou alumine polyéthylène.

Au niveau du cotyle des formes successives ont été préférées comportant un métal back en titane ; le premier modèle était vissé, puis à partir de 1989 un métal back en titane impacté a été choisi (Fig.1a,b,c,d) ; L'insert en céramique venant se loger dans le métal back selon le principe mécanique du cône Morse. Ceci en fait un matériel de choix pour l'utilisation chez des patients jeunes et actifs, ceux qui justement souhaitent mener une vie normale. Plusieurs séries publiées ont fait état de résultats au moins équivalents aux meilleures séries de la littérature avec des prothèses classiques. Depuis une dizaine d'année, l'amélioration des dessins, des matériaux nous permettent de présenter des résultats qui paraissent supérieurs aux autres produits, ceci est une tendance nette si l'on regarde les résultats sur les systèmes impactés en force dans le cotyle avec 97 % de prothèses en place à 14 ans de recul, chiffre sur une population de patients sélectionnés : inférieurs à 50 ans, actifs et class A ou B de Charnley (Fig.2,3,4).

Figure 2a. Tige sans ciment de forme tronconique entièrement recouverte d'hydroxyapatite

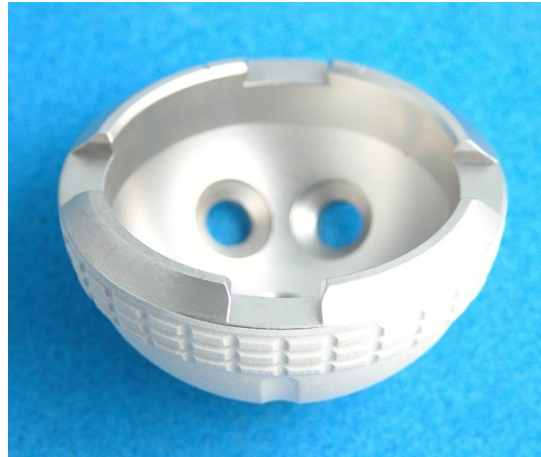


Figure 2b. Prothèse cotyloïdienne actuelle : metal back alumine. Cotyle press fit recouvert d'hydroxyapatite

Il n'en reste pas moins que certaines interrogations perdurent. Celles-ci concernent la résistance de ce matériau, sa tenue dans l'os et certains phénomènes récemment décrits à propos du bruit, des éclats.

Résistance du matériau : risque de fracture

En ce qui concerne la résistance des matériaux en céramiques, il faut d'abord distinguer l'alumine : matériau monophasique, polycristallin dont toute la résistance est liée à la finesse des grains (autour de 2μ), la densité et donc l'absence de porosité, et les autres céramiques (en particulier la zircone) a priori instable, biphasique et susceptible d'évoluer dans le temps ou sous charge, ou en atmosphère hydratée. De plus, la résistance de la pièce en alumine est entièrement sous la dépendance de la surface d'appui de la céramique avec la partie métallique, généralement de type cône Morse ; si la surface est suffisante, il n'y aura pas de concentrations de contraintes, si par contre le dessin crée ce type de problème il y aura un risque de fracture. De même tout produit interposé pendant l'acte chirurgical, toute rayure sur la partie métallique peut se comporter comme une zone de concentration de contrainte ; d'autre part, comme toute activité humaine, il peut toujours y avoir un défaut. Ceux-ci sont ré-



Figure 3. Aspect radiologique après 7 ans d'une prothèse implantée chez une femme de 42 ans : hanche oubliée



Figure 4. Autre aspect chez un homme de 54 ans après 71 mois

gulièrement éliminés grâce aux contrôles beaucoup plus sévères depuis quelques années. Sur l'ensemble des têtes en alumine que nous avons posées, aucune fracture n'a été relevée après l'année 1993.

Il n'en est pas de même pour les inserts. Au début nous n'avions observé que deux fractures de cotyles massifs en céramique dont un post-traumatique à la suite d'une luxation de hanche traumatique. Les premières implantations de liners datent de 1983 avec un anneau vissé en titane (Fig.1b) ; sur 550 prothèses de ce type implantées : aucune fracture de liner n'est à déplorer. Durant l'année 2000, suite à une modification du dessin de la pièce cotyloïdienne, l'insert est plus fin et entre un peu dans la pièce métallique, diminuant ainsi les surfaces d'appui. Sur les petites tailles (uniquement 50mm pour 4 cas et un 52mm) nous avons observé 5 fractures. La correction a été faite en 2002 (Fig.2b) et depuis aucune fracture d'insert n'a été observé dans notre expérience (nous en plaçons environ 300 par an). Ces fractures ont été attribuées à la diminution de l'épaisseur d'une part, d'autre part à la réduction de la surface de contact entre le métal et l'alumine.

Ces deux critères sont essentiels si l'on veut préserver le système d'un risque de fracture.

Par ailleurs, certains ont insisté sur les problèmes techniques de la reprise de telles fractures. Ce n'est pas notre expérience. En ce qui concerne les têtes fracturées (7 dans notre expérience) la reprise a consisté le plus souvent en un échange simple de la tête pour une autre tête en céramique 4 fois et des têtes en métal 3 fois ; il n'y a pas eu de re fracture des têtes en alumine, ni de destruction massive des têtes en métal.

Pour le cotyle, l'histoire est différente : nous avons changé le liner cassé 4 fois et une fois il y a eu une nouvelle fracture. Nous nous sommes rendu compte que la fracture du liner avait été favorisée par des rainures faites à la face interne de la coque métallique par l'instrumentation ancillaire ; depuis nous conseillons de changer aussi la coque metal back.

Génération de bruits

Depuis quelques années, à la suite de l'introduction massive du couple alumine aux USA, certains insistent sur le bruit entendu par le patient ; nous avons étudié ce phénomène chez nos patients ; nous l'avons noté de façon anecdotique et considérons que cela n'avait pas de conséquence ; le plus souvent d'ailleurs, soit le bruit cessait après quelques temps, soit le patient connaissait la position qui le déclenchait et l'évitait. Dans certains cas cependant, il apparaît que ce bruit peut être un signe plus inquiétant : soit de fracture de l'insert, soit de mobilisation de l'insert, soit, et ceci est le cas dans les cotyles avec alumine en retrait, de conflit du col sur le rebord métallique ; C'est surtout le cas lorsque le co-

tyle est trop antéversé ; Nous n'avons jamais eu à réopérer un patient en raison du bruit, mais dans certaines séries (Walter en Australie a du réopérer quelques patients). Ce phénomène paraissant plus lié au dessin (cotyle Trident de Strycker) ou de la tige qui peut vibrer, que la conséquence directe du couple céramique sur céramique.

Connaissances d'acquisition plus récente

Depuis ces dernières années, d'autres phénomènes sont apparus qui pourraient jouer en faveur de ce produit : le premier est la génération de tissu fibreux dense que nous observons lors des réinterventions ; ce tissu fibreux pourrait expliquer la rareté des luxations tardives de prothèses comportant un couple céramique sur céramique. Ce tissu fibreux jouant le rôle d'une neo capsule maintenant les pièces prothétiques en contact. Ceci est différent des autres prothèses comportant du métal ou du plastique qui génèrent des réactions inflammatoires et une capsule plutôt fine avec un liquide d'épanchement intra articulaire Kurtz et Berry ont montré récemment que la luxation tardive de prothèse était une des causes principales de réintervention lorsque les prothèses comportent du polyéthylène. Autre information qui demande à être confirmée : les prothèses comportant ce couple de frottement seraient moins sujettes au développement d'infections post opératoires ; ceci serait lié à la difficulté pour le slim de se fixer durablement sur cette surface si lisse.

Conclusion

Avec plus de 40 ans d'expérience de ce couple de frottement et plus de 5000 prothèses à couple alumine/alumine implantées dans le département de Lariboisière, nous insistons sur son extrême fiabilité, sur l'avantage, pour nous évident de l'utiliser chez des patients jeunes et actifs ; Il y a quelques conditions à remplir, mais comme pour toute chirurgie, il faut être précis, dans le positionnement, dans le nettoyage des cônes avant implantation de l'alumine, dans la qualité des produits en céramique mais peut-être plus encore, dans celle des pièces supports : qualités des cônes et des ancillaires. On nous demande souvent pourquoi ce matériau si magique n'a pas été plus répandu. En dehors du coût, élément marginal puisque les produits en céramique ne sont pas plus onéreux que les prothèses modernes, c'est surtout une question de marketing : peu de compagnies fabriquent de bonnes céramiques, les fabricants doivent donc se fournir auprès de ces quelques fournisseurs. De plus, la crainte d'une fracture aux Etats Unis avec la judiciarisation qui caractérise ce pays a retardé son introduction. Ce n'est qu'en 2003 que ce produit été approuvé par la FDA. Il est vraisemblable qu'il soit voué à un grand avenir.

Références bibliographiques

1. Goldring SR, Clark CR, Wright TM. The problem in total joint arthroplasty: aseptic loosening. *J Bone Joint Surg* 1993;75-A:799-801.
2. Boutin P. Arthroplastie totale de la hanche par prothèse en alumine frittée. Etude expérimentale et premières applications cliniques. *Rev Chir Orthop Reparatrice Appar Mot* 1972;58:229-46.
3. Christel P, Derethe P, Sedel L. Mesure par simulation de l'amortissement d'une hanche normale et prothésée. *Acta Orthopaedica Belgica* 1976;42 (suppl.1):183-93.
4. Boutin P, Christel P, Dorlot JM, Meunier A, Witvoet J, Sedel L. The use of dense alumina-alumina ceramic combination in total hip replacement. *J Biomed Mater Res* 1988;22:1203-32.
5. Willmann G. Ceramics for total hip replacement--what a surgeon should know. *Orthopedics* 1998;21:173-7.
6. Willmann G. Ceramic femoral head retrieval data. *Clin Orthop Relat Res.* 2000;(379):22-6.
7. Clarke IC, Good V, Williams P et al. Ultra-low wear rates for rigid-on-rigid bearings in total hip replacements. *Proc Inst Mech Eng* 2000;214:331-47.
8. Lerouge S, Huk O, Yahia L, Witvoet J, Sedel L. Ceramic-ceramic and metal-polyethylene total hip replacements: Comparison of pseudomembranes after loosening. *J Bone Joint Surg* 1997;79B:135-9.
9. Catelas I, Petit A, Zukor DJ, Marchand R, Yahia L, Huk OL. Induction of macrophage apoptosis by ceramic and polyethylene particles in vitro. *Biomaterials* 1999;20:625-30.
10. Prudhommeaux F, Hamadouche M, Nevelos J et al. Wear of alumina-on-alumina total hip arthroplasties at a mean 11-year follow up. *Clin Orthop Rel Res* 2000;379:113-22.
11. Nizard RS, Sedel L, Christel P, Witvoet J, Sedel L. : Ten-year survivorship of cemented ceramic-ceramic total hip prosthesis. *Clin Orthop* 1992;282:53-63.
12. Hannouche D, Nich C, Bizot P, Meunier A, Sedel L : Fractures of ceramic bearings: History and present status. *Clin Orthop* 2003;417:19-26.
13. Mittelmeier H, Heisel J. Sixteen-years' experience with ceramic hip prostheses. *Clin Orthop* 1992;282:64-72.
14. 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* 1990;72B:331-2.
15. Hannouche D, Hamadouche M, Nizard R, Bizot P, Meunier A, Sedel L. Ceramics in total hip replacement. *Clin Orthop Relat Res Number* 2005;430:62-71.
16. Hamadouche M, Boutin P, Daussange J, Bolander M, Sedel L. Alumina-on-alumina total hip arthroplasty. A minimum 18.5-year follow-up study. *J Bone Joint Surg* 2002;84A:69-77.
17. Witvoet J, Darman Z, Christel P, Fumery F. Arthroplastie totale de hanche avec anneau cotyloïdien en titane vissé. Devenir de 446 prothèses avec un recul moyen de 4 ans. *Rev Chir Orthop Reparatrice Appar Mot* 1993;79:542-52.
18. Bizot P, Larrouy M, Witvoet J, Sedel L, Nizard R. Press-fit metal-backed alumina sockets. A minimum 5-year follow-up study. *Clin Orthop Rel Res* 2000;379:134-42.
19. Petsatodis GE, Papadopoulos PP, Papavasiliou KA, Hatzokos IG, Agathangelidis FG, Christodoulou AG. Primary cementless total hip arthroplasty with an alumina ceramic-on-ceramic bearing: results after a minimum of twenty years of follow-up. *J Bone Joint Surg Am* 2010;92:639-44.
20. Garcia-Rey E, Cruz-Pardos A, Garcia-Cimbrelo E. Alumina-on-alumina total hip arthroplasty in young patients: diagnosis is more important than age. *Clin Orthop Relat Res* 2009;467:2281-9.
21. Hernigou P, Zilber S, Filippini P, Poignard A. Ceramic-ceramic bearing decreases osteolysis: a 20-year study versus ceramic-polyethylene on the contralateral hip. *Clin Orthop Relat Res* 2009;467:2274-80.
22. Hannouche D, Delambre J, Zadegan F, Sedel L, Nizard R. Is there a risk in placing a ceramic head on a previously implanted trunion? *Clin Orthop Relat Res* 2010;468:3322-7.
23. Keurentjes JC, Kuipers RM, Wever DJ, Schreurs BW. High incidence of squeaking in THAs with alumina ceramic-on-ceramic bearings. *Clin Orthop Relat Res* 2008;466:1438-43.
24. Chevillotte C, Trousdale RT, Chen Q, Guyen O, An KN. The 2009 Frank Stinchfield Award: "Hip squeaking": a biomechanical study of ceramic-on-ceramic bearing surfaces. *Clin Orthop Relat Res* 2010;468:345-50.
25. Restrepo C, Matar WY, Parvizi J, Rothman RH, Hozack WJ. Natural history of Squeaking after total hip arthroplasty. *Clin Orthop Rel Res.* 2010;468:2340-5.
26. Restrepo C, Post ZD, Kai B, Hozack WJ. The effect of stem design on the prevalence of squeaking following ceramic-on-ceramic bearing total hip arthroplasty. *J Bone Joint Surg Am* 2010;92:550-7.
27. Esposito C, Walter WL, Campbell P, Roques A. Squeaking in Metal-on-Metal hip resurfacing arthroplasties. *Clin Orthop Relat Res* 2010;468:2333-9.
28. Nevelos J, Ingham E, Doyle C, Streicher R, Nevelos A, Walter W, Fisher J. Microseparation of the centers of alumina-alumina artificial hip joints during simulator testing produces clinically relevant wear rates and patterns. *J Arthroplasty* 2000;15:793-5.
29. Dorlot JM. Long-term effects of alumina components in total hip prostheses. *Clin Orthop* 1992;282:47-52.
30. Bozic KJ, Ongk K, Lau E, Kurtz S, Vail T, Rubash HE, Berry DJ. Risk of complication and revision total hip arthroplasty among Medicare patients and different bearing surfaces *Clin orthop Rel Res.* 2010;468:2357-62.
31. Hernigou P, Homma Y, Pidet O, Guissou I, Hernigou J. Ceramic-on-ceramic Bearing Decreases the Cumulative Long-term Risk of

- Dislocation. Clin Orthop Relat Res 2013;471:3875-82.
32. Sexton SA, Walter WL, Jackson MP, De Steiger R, Stanford. Ceramic-on-ceramic bearing surface and risk of revision due to dislocation after primary total hip replacement. J Bone Joint Surg Br. 2009;91:1448-53.
 33. Vendittoli PA, Rivière C, la Vigne M, La Voie P, Alghamdi A, Duval N. Alumina on alumina versus metal on conventional polyethylene: A randomized clinical trial with 9 to 15 years follow-up. Acta Orthop. 2013;79:181-90.