

Le couple de frottement dans les arthroplasties totales de hanche

Weight bearing surfaces in total hip arthroplasty

JP Levai, S Descamps, S Boisgard

CHU de Clermont-Ferrand, Service de chirurgie orthopédique et traumatologique, Hôpital Gabriel Montpied, F-63003 Clermont-Ferrand, France.

Université Clermont 1, Faculté de Médecine, F-63001 Clermont-Ferrand, France.

Mots clés

- ◆ Prothèse totale de hanche
- ◆ Couple de frottement

Résumé

L'échec des prothèses totales de hanche est en rapport essentiellement avec l'usure du couple de frottement. Le couple le plus utilisé est le couple associant une tête en métal et une cupule acétabulaire en Polyéthylène. Pour améliorer la longévité des prothèses, il est proposé soit d'améliorer la qualité du Polyéthylène et de la tête prothétique soit d'utiliser les couples sans Polyéthylène avec une usure minimale que sont les couples dits dur/dur : métal/métal ou céramique/céramique. Chacun de ces couples présentent des avantages et des inconvénients exposés dans ce texte.

Keywords

- ◆ Total hip arthroplasty
- ◆ Weight bearing surfaces

Abstract

The failure of total hip replacement is related mainly with the wear of the weight bearing surfaces. The pairing of materials which is mainly used, consists in a combination of a metal head and a polyethylene acetabular cup. To improve the survival rate of prostheses, it is proposed either improving the quality of the polyethylene and also the prosthetic head, either to use a combination without polyethylene having therefore a minimal wear. In the last case, those pairing are called hard / hard: metal/metal or ceramic/ceramic. The benefits and inconvenients resulting from these pairings will be exposed.

Jusqu'au milieu des années 1990, la majorité des prothèses de hanche comportait un couple de frottement avec une tête métallique et une prothèse acétabulaire en polyéthylène. Différentes études ont conclu que l'usure du polyéthylène était la principale cause d'échec. Pour améliorer les résultats, c'est-à-dire la durée de ces arthroplasties, deux grandes voies ont été proposées : améliorer les couples utilisant du polyéthylène ou changer de couple en utilisant les couples dits dur/dur : métal/métal ou céramique/céramique.

Couples utilisant du polyéthylène

Les prothèses de hanche avec tête métallique et cupule en polyéthylène donnent de bons résultats comme l'ont rapportés Kerboul (1) en France, Gallagher (2) aux États-Unis et Wroblewski (3) en Angleterre (fig. 1). Avec un recul de 20 ans, ces auteurs rapportent 85 % de résultats satisfaisants en prenant comme critère la révision pour descellement. Actuellement, il existe un consensus pour admettre que les échecs sont en rapport avec l'usure du polyéthylène qui entraîne une ostéolyse, puis le descellement.

Il est possible de diminuer ces risques d'usure par le choix de l'implant et en optimisant sa fabrication. Les dimensions de la tête sont essentielles concernant l'usure (4). Les têtes de diamètre de 22,2 sont celles qui entraînent le moins d'usure,



Figure 1. Couple de frottement Métal/Polyéthylène.

Correspondance :

Jean Paul Levai MD, PhD - Chirurgie Orthopédique - CHU Hôpital Gabriel Montpied - 30 place Henri Dunant - BP 69, 63001 Clermont-Ferrand Cedex 1

E-mail : jplevai@chu-clermontferrand.fr

les têtes de diamètre 28 sont les plus utilisées et les têtes de diamètre 32 sont actuellement abandonnées si celles-ci sont utilisées avec le polyéthylène standard. L'usure est également fonction des contraintes de surface qui dépendent elles-mêmes de l'épaisseur du polyéthylène et de la rigidité de l'interface os/implant (5). Ainsi, l'usure sera moins importante avec un implant cimenté qu'avec un implant inclus dans une cupule métallique rigide. Différents essais sur simulateur ont montré que l'épaisseur minimale de polyéthylène devait être de 8 mm pour un implant cimenté et de 10 mm pour un implant inclus dans une cupule métallique rigide. Une solution satisfaisante pour une fixation sans ciment semble être un implant en polyéthylène avec une cupule métallique, monobloc souple.

Il est possible d'optimiser les qualités du polyéthylène en exigeant des fabricants un polyéthylène avec haut poids moléculaire, une mise en forme par compression, une fabrication par moulage et, enfin et surtout, une stérilisation et un stockage sous vide. En effet, le polyéthylène est très sensible à l'oxydation qui diminue ses propriétés mécaniques, et donc favorise l'usure (6).

La régularité de la tête fémorale, c'est-à-dire un indice de rugosité faible, permet de limiter l'usure par abrasion. Certains auteurs ont ainsi proposé des têtes avec des qualités tribologiques maximales et en particulier, les têtes céramiques qui ont un meilleur état de surface. L'usure avec une tête de 28 mm en céramique est équivalente à celle d'une tête en métal de 22,2 mm (7). Les céramiques proposées sont la zircone et l'alumine. Le défaut de la zircone est d'être métastable, et les évènements thermiques même modérés modifieraient les qualités tribologiques entraînant ainsi au bout d'une dizaine d'années une usure importante. La zircone a été abandonnée (8). Les têtes en alumine sont maintenant largement utilisées. Le risque de fracture est faible (3/10 000) ; ce risque serait encore diminué en utilisation des têtes céramiques de 28 avec un cône morse en configuration col court ou moyen. De nouvelles céramiques (céramique Delta) sont actuellement proposées. Il s'agit de céramique composite associant l'alumine à la zircone. Ces nouvelles alumines sont en cours d'évaluation.

Figure 2. Couple de frottement Céramique/Céramique.



Amélioration du polyéthylène par réticulation

La réticulation du polyéthylène augmente la cohésion des chaînes qui constituent le matériau, et donc une augmentation de la résistance à l'usure. La réticulation est obtenue par irradiation Gamma. Le polyéthylène est appelé hautement réticulé si la dose d'irradiation est supérieure à 5 MGRad (9). L'irradiation entraîne la libération de radicaux libres et une modification des propriétés mécaniques du polyéthylène, en particulier une augmentation de la rigidité. Il existe donc deux risques : un risque de fracture du fait de l'augmentation de la rigidité et un risque de dégradation secondaire du polyéthylène par oxydation. Pour limiter ces inconvénients, il a été proposé un traitement thermique : la refonte ou le recuit (10). La refonte au-dessus du point de fusion de 150° permet d'éliminer les radicaux libres, et donc le risque de dégradation secondaire mais les propriétés mécaniques ne sont pas modifiées. Le recuit au-dessous du point de fusion permet de retrouver les propriétés mécaniques du polyéthylène standard mais n'élimine pas les radicaux libres. Ces polyéthylènes réticulés sont donc tous différents selon le mode de préparation, l'intensité de l'irradiation, du traitement thermique et de la stérilisation finale.

Il est enfin proposé un traitement thermique par une température inférieure au point de fusion, ce qui permet de conserver les qualités mécaniques, associé à un antioxydant puissant comme la vitamine E qui permet d'éliminer les radicaux libres.

Si les débris d'usure avec le polyéthylène réticulé ont l'avantage d'être en moins grande quantité, il faut noter que leur taille est plus petite avec un potentiel ostéolytique plus important.

Les différentes études cliniques montrent une diminution de l'usure sans ostéolyse avec un recul de 7 à 10 ans. Ces implants sont encore en cours d'évaluation.

Couple céramique/céramique

Le couple céramique/céramique est constitué d'une tête et d'un insert en céramique massive. L'insert est fixé dans une cupule acétabulaire métallique. La céramique la plus utilisée est l'alumine. Ce couple est utilisé depuis 30 ans (11) (fig. 2). La tolérance est excellente avec une usure pratiquement

Figure 3. Couple de frottement Métal/Métal.



nulle : inférieure à 0,0015 mm/an. Il existe un risque de fracture qui est évalué à 3/10 000 et survient essentiellement sur les têtes de diamètre 28 mises sur le cône morse en configuration col long. Les fractures de l'insert sont rares et généralement en rapport avec un conflit entre le col de la prothèse fémorale et l'insert en alumine ou un défaut de position de l'insert céramique dans la cupule métallique.

Le point faible de ce couple est, d'une part, sa fixation osseuse et, d'autre part, le peu de tolérance à l'erreur de pose. La fixation acétabulaire pose le problème de la différence de module d'élasticité entre ce matériau et l'os. Actuellement, la fixation de l'insert en alumine se fait par l'intermédiaire d'une cupule titane fixée sans ciment.

Il existe chez les sujets âgés avec une aggravation de l'ostéoporose un risque de descellement par fatigue. Des échecs ont également été rappelés sur des erreurs de pose, en particulier des implants trop verticalisés ou trop antéversés avec risque d'usure localisée et de bruit : grincement à chaque mouvement (12).

Ces implants sont réservés aux patients jeunes (13).

Couple métal/métal

C'est le premier couple utilisé dans une arthroplastie totale de hanche : prothèse de Mac Kee Farrar. Ce couple a été abandonné du fait de la fréquence des complications, et surtout des descellements précoces par grippage.

Le renouveau du couple métal/métal revient à l'école suisse et en particulier à Weber (14) qui constata avec plus de 20 ans de recul que certains patients avaient conservé leur prothèse à couple métal/métal. Cette observation fut la principale motivation pour le développement d'une articulation métal/métal de deuxième génération appelée METASUL. Le programme de recherche comprenait l'optimisation du matériau et de la géométrie pour une articulation de 28 mm avec l'insert métallique serti dans du polyéthylène (fig. 3).

Différents couples métal/métal ont été proposés par différents industriels. Ils se différencient par leur teneur en carbone et leur technique de fabrication (15).

Les études *in vitro* et *in vivo* confirment que l'usure du couple métal/métal est de 60 à 100 fois inférieure à celle du couple métal/polyéthylène mais les particules de chrome et de cobalt libérées par le frottement métal/métal sont plus nombreuses et surtout plus petites, ce qui explique leur dissémination, en particulier dans le sang. Il n'existe pas de publication rapportant un risque tératogène ou de néoplasie. Les dosages sanguins montrent des taux faibles et sont le témoin du fonctionnement du couple (16). Les risques locaux sont représentés par l'hypersensibilité retardée (17) et les pseudo-tumeurs. L'hypersensibilité retardée se traduit par des douleurs, un épanchement et, souvent à la radiologie, une ostéolyse péri-prothétique. Lors de la reprise, l'examen histologique retrouve une infiltration lymphocytaire périvasculaire. Cette complication est rare (3/10 000) et imprévisible même en réalisant des tests allergiques avant l'intervention. Les pseudo-tumeurs sont également une complication rare et elles ont été décrites uniquement chez la femme avec des implants resurfaçage. Les complications locales imposent une reprise avec changement du couple (15).

Le couple métal/métal peut être utilisé avec des grands diamètres de tête, ce qui permettrait une augmentation de la stabilité de l'articulation, et donc de réduire la fréquence des luxations.

Comme le couple céramique/céramique, le couple métal/métal est peu tolérant aux erreurs de pose : risque d'effet came et de métallose conduisant à l'échec.

Les contre-indications sont les patients ayant une allergie au chrome cobalt, les insuffisants rénaux et les femmes en âge de procréer.

Les résultats cliniques avec un recul de 10 ans sont satisfai-

sants avec une tête de 28 mm et un couple à forte teneur en carbone (18).

Conclusion

Les couples de frottement des arthroplasties sont en constante évolution. Le choix est important pour les sujets jeunes dans le but de diminuer les échecs. La surveillance est capitale après la 10^{ème} année, c'est le temps nécessaire pour que les éventuels problèmes apparaissent. Les couples dur/dur sont peu tolérants aux défauts de fabrication et aux erreurs de pose.

Conflits d'intérêts : Aucun

Questions

Question du Professeur Jacques Caton

Qu'en est-il des phénomènes de conflit ou *impigement* des anglo-saxons, car dans une prothèse il n'y a pas que le frottement pour générer des débris ?

Réponse

Le conflit, c'est-à-dire le contact entre le col de la prothèse fémorale et la prothèse acétabulaire, entraîne des débris si la prothèse acétabulaire est en métal. Cette complication est en rapport avec une erreur technique.

Question du Professeur Laurent Sedel

Les couples comportant du polyéthylène amélioré laissent présager des complications futures liées à la faible résistance de ce produit : fracture et usure tardive par fatigue.

Les couples métal/métal font actuellement l'objet d'une mise en garde (*warning*) en Angleterre et aux États-Unis en raison des complications de pseudo-tumeurs.

Enfin, le couple céramique/céramique, invention française (P Boutin de Pau) est actuellement reconnu mondialement pour être préféré chez des patients jeunes.

La survenue de bruits gênants est anecdotique et liée surtout à un dessin particulier d'une société américaine.

Réponse

Le couple céramique/céramique est excellent chez les sujets jeunes. Comme tout couple dur/dur, il n'est pas tolérant à l'erreur de pose. Le problème est la fixation à long terme de la prothèse acétabulaire.

Références

1. Kerboul L, Hamadouche M, Courpied JP, Kerboul M. Long-term results of Charnley-Kerboul hip arthroplasty in patients younger than 50 years. *Clin Orthop Relat Res* 2004 ; (418) : 112-8.
2. Callaghan JJ, Albright JC, Goetz DD, Olejniczak JP, Johnston RC. Charnley total hip arthroplasty with cement. Minimum twenty-five-year follow-up. *J Bone Joint Surg Am* 2000 ; 82 : 487-97.
3. Wroblewski BM, Siney PD, Fleming PA. Wear of the cup in the Charnley LFA in the young patient. *J Bone Joint Surg Br* 2004 ; 86 : 498-503.
4. Langlais F, Babinchevaye J, Ruelle J. Devenir du couple métal polyéthylène. Le diamètre de la tête joue-t-il un rôle ? *Ann Orthop* 1983 ; 15 : 200.
5. Bartel DL, Bicknell VL, Wright TM. The effect of conformity, thickness, and material on stresses in ultra-high molecular weight components for total joint replacement. *J Bone Joint Surg Am* 1986 ; 68 : 1041-51.
6. Langlais F. Couples de frottement dans les prothèses totales de hanche : comment choisir. In : *Cahiers d'enseignement de la Société*. Paris : Elsevier ; 2005 : 132-45.
7. Derbyshire B, Fisher J, Dowson D, Hardaker C, Brummitt K. Comparative study of the wear of UHMWPE with zirconia ceramic and stainless steel femoral heads in artificial hip joints. *Med Eng Phys* 1994 ; 16 : 229-36.
8. Hernigou P, Bahrami T. Zirconia and alumina ceramics in comparison with stainless-steel heads. Polyethylene wear after a minimum ten-year follow-up. *J Bone Joint Surg Br* 2003 ; 85 : 504-

- 9.
9. Harris WH, Muratoglu OK. A review of current cross-linked polyethylenes used in total joint arthroplasty. *Clin Orthop Relat Res* 2005 ; (430) :46-52.
10. Hammadouche M. Les polyéthylènes hautement réticulés. In : Conférence d'enseignement de la Sofcot. Paris : Elsevier ; 2008. p. 161.
11. Boutin P. Total hip arthroplasty using a ceramic prosthesis. Pierre Boutin (1924-1989). *Clin Orthop Relat Res* 2000 ; (379) : 3-11.
12. Walter WL, O'toole GC, Walter WK, Ellis A, Zicat BA. Squeaking in ceramic-on-ceramic hips: the importance of acetabular component orientation. *J Arthroplasty* 2007 ; 22 : 496-503.
13. 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.
14. Weber BG. Experience with the Metasul total hip bearing system. *Clin Orthop Relat Res* 1996 ; (329 Suppl) : S69-77.
15. Levai J-P. Les prothèses totales métal-métal de hanche. In : Conférence d'enseignement de la Sofcot. Paris : 2008. p. 85.
16. Delaunay C, Petit I, Learmonth ID, Oger P, Vendittoli P-A. Couple de frottement métal-métal des prothèses totales de hanches: surveillance du relargage des ions métalliques cobalt et chrome. *OTSR* 2010 ; 96 : 990-1001.
17. Willert H-G, Buchhorn GH, Fayyazi A, Flury R, Windler M, et al. 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.
18. Triclot P, Grosjean G, El Masri F, Courpied JP, Hamadouche M. A comparison of the penetration rate of two polyethylene acetabular liners of different levels of cross-linking. A prospective randomised trial. *J Bone Joint Surg Br* 2007 ; 89 : 1439-45.