

CeraNews

Des bruits articulaires évitables

Le Professeur Michael M. Morlock dirige l'institut de biomécanique de l'université technique de Hambourg-Harbourg. L'arthroplastie est un des éléments majeurs de son travail. CeraNews s'est entretenu avec lui sur les phénomènes de déformation acétabulaire et de bruit en arthroplastie de la hanche.



Quelle doit être la stabilité primaire d'un cotyle Pressfit ? Avant, on estimait qu'on devait pouvoir soulever le patient de la table d'opération rien qu'en le tenant par le cotyle implanté. Mais pour atteindre un tel degré de stabilité primaire, il faut déformer le cotyle de manière considérable. Cela serait plutôt défavorable dans un couple dur – dur.

Faudrait-il plutôt privilégier un couple dur – mou ?

La tendance va plutôt en direction des têtes de grand diamètre, qui offrent une fonctionnalité bien meilleure, sans aucun doute. Pour éviter une usure excessive avec des têtes de large diamètre, il est préférable d'opter pour des couples dur – dur. Dans les couples dur – dur de large diamètre, la lubrification est supérieure en comparaison avec un couple dur – mou, ce qui permet d'obtenir de très faibles taux d'usure.

Où se situe le problème ? Plus le diamètre de la tête fémorale est grand, plus la paroi acétabulaire se doit d'être fine pour conserver un maximum de capital osseux. Un cotyle Pressfit génère une déformation lors de son impaction dans le bassin. Certes c'est principalement l'os qui subit une déformation lors de l'insertion du cotyle, mais cette dernière n'est pas sans conséquence pour le métal. A cela s'ajoute que l'os du bassin n'est pas un matériau homogène et que la déformation ne survient pas de manière uniforme, en particulier dans la zone des piliers qui ont tendance à donner au cotyle une

forme d'ellipse. Il importe alors de maintenir cette déformation aussi faible que possible, de manière à ne pas avoir d'incidence sur le jeu entre deux pièces. Nous sommes d'avis que la zone optimale de lubrification se situe entre 50 et 100 µm.

Cette tolérance est-elle suffisante en règle générale ? Le design prévoit une légère déformation du cotyle. Ceci n'entrave en rien la fonctionnalité. Tout réside dans la notion de « légère ».

Que faut-il faire pour cela ? En règle générale, les fabricants indiquent dans leurs techniques opératoires un press-fit de 1 mm. Le fraisage d'un cotyle de 59 mm est donc préparé avec une fraise de 58 mm. En pratique, on ne peut pas travailler de manière aussi précise. Le fraisage a en réalité un diamètre de 58,5 mm. Si l'os est de bonne qualité, le demi-millimètre de press-fit restant est amplement suffisant pour la stabilité primaire. Ceci est différent, lorsque l'os est poreux ou lorsque le fraisage n'est pas assez circulaire.

Et lorsque le fraisage est trop petit ? Alors il n'est pas possible d'impacter le cotyle complètement. Le cotyle se bloquera à l'équateur et le pôle n'aura pas de contact avec l'os. Si la congruence était parfaite entre le fraisage et l'implant, il y aurait un contact de 100%, mais pas de press-fit. Là aussi, il est nécessaire de trouver le juste milieu selon la devise : lorsque la stabilité primaire est suffisante, il vaut mieux privilégier le maximum de contact. Technique opératoire et soin apporté sont décisifs lors de l'implantation. Une analyse de nos explants montre que la plupart des cas de défaillances sont liés à la procédure d'implantation. Les défaillances liées à un défaut du produit ou du matériau relèvent de l'exception.

Que pouvez-vous nous dire sur les articulations bruyantes ? Il faut bien distinguer grincement et claquement. Un claquement survient lors d'une subluxation lorsque la tête est ré-impactée dans le cotyle. Il peut s'agir de l'étape

Événements : SOFCOT, COA, S.I.O.T.

4



Matériau : Le meilleur des deux mondes

6



Le monde de la céramique : Lithotripsie

11



précèdent le grincement. Lorsque la tête se remet en place, elle frotte sur le rebord de l'insert et crée une zone d'usure en forme de bande rugueuse appelée « le stripe wear ». Selon l'état des connaissances actuelles, le stripe wear conduit à un fort frottement qui peut déclencher par la suite un grincement. En particulier, lorsque le positionnement du cotyle est trop vertical, le stripe wear peut survenir sans qu'il y ait de sub-luxation pour autant.

Pourquoi ce grincement ? Le grincement est une vibration induite par le frottement. Un frottement élevé signifie qu'à chaque mouvement une partie de l'énergie est transformée en énergie de frottement dans le système. Le système est alors davantage sollicité et peut entrer en vibration. Une porte grince parce que sa charnière est mal lubrifiée créant ainsi une quantité d'énergie élevée qui se transforme en vibrations. Si la vibration déclenchée a une fréquence oscillant entre 20 et 20.000 Hertz et si l'amplitude est suffisamment élevée, on peut percevoir alors un bruit de grincement. Cela peut arriver avec n'importe quel couple de frottement.

Même sur un couple dur – mou ? Un couple dur – mou peut être amené à grincer si le col de la tige frotte sur le cotyle. Dans les couples dur – dur, l'énergie de transfert dans l'articulation est suffisante pour produire un bruit.

Comment peut-on éviter cela ? Le jeu entre les pièces, la sphéricité et la rugosité des parties en friction sont des facteurs décisifs. C'est la raison pour laquelle il faut veiller à éviter toute déformation exagérée du cotyle lors de l'impaction étant donné que cette déformation peut réduire la surface de contact à l'intérieur du couple de frottement.

Quelles sont les données disponibles à ce sujet ? Pour l'heure, nous ne disposons pas encore d'une vue globale bien claire. Mais les recherches sur ce domaine s'intensifient. Dans PubMed, on pouvait trouver en 2006 deux travaux. En 2007, quatre travaux se sont rajoutés. Toutes les études confirment que le grincement est lié au frottement et à un positionnement incorrect des implants. Il semblerait que certains aspects spécifiques du design de l'implant puissent renforcer la propension à grincer.

Lesquels ? Dans la construction automobile, s'il y a grincement, on construira des composants plus rigides et plus lourds. Inversement : un cotyle à paroi fine est davantage susceptible de vibrer. Il existe des modèles de cotyles épais et massifs qu'on ne parviendra pas à déformer même en appliquant des contraintes extrêmes. Il faudrait donc apporter tellement d'énergie pour qu'un tel modèle entre en vibration que la probabilité de grincer est très faible.

Il faut donc évaluer le risque de grincement et l'ampleur de la perte osseuse ? Exactement. Par ailleurs, il faut prendre aussi en considération la déformation.



Pr Michael Morlock :
Un positionnement correct du cotyle et une mise sous tensions correcte des tissus mous empêchent les grincements.

Ya-t-il des différences régionales dans l'apparition de bruits dans les articulations de la hanche ? Le grincement semble apparaître différemment selon les pays. En Allemagne et en Corée, par exemple, des phénomènes de bruit ont été rapportés à titre anecdotique de l'ordre de un pour mille. Aux Etats-Unis, des taux oscillant entre trois et sept pour cent sont rapportés.

Que recommandez-vous ? Un positionnement correct du cotyle et une mise sous tension correcte des tissus mous. Si ces facteurs sont corrects, on peut partir du principe que la prothèse ne grincera pas.



Karl Billau dirige la division médicale de CeramTec AG.

Chère lectrice, cher lecteur,

CeraNews entre dans sa troisième année d'existence. Le magazine, publié d'abord en allemand, en anglais et en français, paraît désormais également en chinois et en italien. Avec une diffusion à 8000 exemplaires, nous atteignons désormais les chirurgiens orthopédistes à travers le monde entier.

Le concept, resté inchangé depuis ses débuts, semble avoir fait ses preuves : Relater des résultats et expériences cliniques, sans tabous, et offrir au lecteur des articles pertinents ainsi que des avis d'experts, sans chercher à faire l'impasse sur les thèmes sensibles et difficiles. Le dernier Symposium BIOLOX® qui a eu lieu à Séoul l'an passé a montré l'importance de la transparence et de l'esprit d'ouverture. Seule une discussion scientifique franche et ouverte à la controverse sur des aspects sensibles de l'utilisation des différents matériaux fait avancer la recherche sur les prothèses. Ce type de discussion est la base de la confiance et de la sécurité.

Au cours de ces dernières années, on a pu observer une augmentation du nombre de combinaisons de matériaux en chirurgie de remplacement. Chaque nouveauté, chaque innovation soulève la question de la nécessité et de l'intérêt pour le patient. Là aussi, nous essayons d'obtenir des contributions scientifiques dans ce domaine. Les propriétés tribologiques de ces nouvelles combinaisons de matériaux doivent faire l'objet d'investigations poussées. La tribologie est notre métier, il nous appartient donc aussi d'apporter notre contribution sur ce point.

Vous trouverez dans ce numéro des informations concises, des avis pertinents et peut-être aussi quelques réponses à des questions restées jusqu'alors en suspens.

Bonne lecture !
Karl Billau

Davantage de possibilités

Aperçu sur la gamme de produits BIOLOX®

Le nouveau matériau BIOLOX®*delta* vient élargir la gamme de produits en céramique. De nouvelles tailles de composants en céramique pour la hanche sont désormais envisageables. De plus, BIOLOX®*OPTION* offre désormais la possibilité de poser une tête fémorale en céramique sur une tige déjà implantée.



Têtes fémorales

BIOLOX®*forte* et BIOLOX®*delta*

Ø Têtes fémorales	S	M	L	XL
28 mm				BIOLOX® <i>OPTION</i>
32 mm				
36 mm				
40 mm				
44 mm				

Inserts acétabulaires standard

BIOLOX®*forte* et BIOLOX®*delta*

Ø Têtes fémorales	28 mm	32 mm	36 mm	40 mm
Ø Inserts				
35 mm				
37 mm				
39 mm				
41 mm				
44 mm				
48 mm				
52 mm				

Combinaisons de matériaux

BIOLOX®*OPTION*

Ø Têtes	28 mm	32 mm	36 mm	40 mm
Inserts				
BIOLOX® <i>delta</i>				
BIOLOX® <i>forte</i>				
PE / XPE				

Combinaisons de matériaux

BIOLOX®*forte* et BIOLOX®*delta*

Têtes fémorales : BIOLOX® <i>forte</i> BIOLOX® <i>delta</i>				
Inserts: BIOLOX® <i>forte</i> BIOLOX® <i>delta</i>				

SOFCOT

Société Française de Chirurgie Orthopédique et Traumatologique, Paris, 5–8 Novembre 2007

Au cours de la conférence consensus tenue durant le congrès, le débat a tourné autour de la question suivante : Quelle prothèse pour les sujets de plus de 75 ans ? Selon leur niveau respectif d'activité, le jury a établi une classification des patients en trois catégories : 1. Haut degré d'activité, 2. Degré moyen d'activité, 3. Pas d'activité (handicap). Pour les catégories 1 et 2, il a été recommandé d'utiliser un couple céramique – PE ou une double mobilité s'il y a un risque de luxation.



Le Dr Patrick Boyer (Paris) a présenté ses résultats avec le couple céramique – céramique en PTH avec des sujets de moins de soixante ans. Avec un recul de 8 ans, l'étude a montré d'excellents résultats pour les 60 sujets jeunes et actifs. Avec un taux de survie de 99%, aucun cas d'ostéolyse ou de descellement ne s'est produit.

La prothèse à double mobilité a suscité un grand intérêt au cours de ce congrès. Dans la session hanche du lundi, cinq des huit présentations prévues portaient sur ce sujet. En France, une double mo-

bilité est posée dans une PTH sur trois. La SOFCOT a développé un registre national de la hanche en collaboration avec le centre de recherche de la chirurgie orthopédie MEM (Berne, Suisse). La phase préliminaire a commencé au premier janvier 2006 avec la participation de 20 cliniques. Depuis septembre 2006, le registre est ouvert à toutes les cliniques françaises. A Paris, les données relatives à 2332 PTH posées en France entre le 1^{er} janvier 2006 et le 30 juin 2007 ont été présentées. Les résultats préliminaires montrent qu'en France 30% des couples de frottement posés sont des couples céramique – céramique.

COA

Chinese Orthopaedic Association, Zhengzhou, 8–11 Novembre 2007

Plus de 5000 participants, dont 200 visiteurs étrangers, se sont réunis cette année lors du deuxième congrès de la COA à Zhengzhou dans la province du Henan, sous la présidence du Pr Guixing Qiu (Pékin). Avec 824 communications tenues par 212 intervenants de renom, 929 posters exposés et 20 symposiums satellites, sans oublier les 110 entreprises représentées dans le hall d'exposition, le congrès a été de loin le plus grand rassemblement de l'orthopédie chinoise. L'arthroplastie de la hanche a été l'objet de près de 667 contributions scientifiques. Selon le Pr Fuxin Pei (Changdu), le directeur du comité d'arthroplastie de la COA, quatre tendances majeures semblent se dessiner : On pose de plus en plus de couples de frottement alternatifs en Chine (Me – Me, Ce – Ce, et Ce – PE). On accorde davantage d'attention aux résultats cliniques à moyen et long terme. L'amélioration des techniques opératoires lors des interventions de reprises gagne également en importance. L'utilisation de techniques mini-invasives



Pr Fuxin Pei (Chengdu), directeur du comité d'arthroplastie de la COA

ainsi que de la navigation font avancer le développement de techniques opératoires de plus en plus pointues.

Avec une population de 1,3 milliards d'habitants et une croissance annuelle de plus de 15% du marché médical, la Chine représente un des plus grands débouchés potentiels dans le monde entier. On y compte environ 13.000 spécialistes de l'orthopédie. Pour faire face à la demande grandissante et intensifier l'échange entre les orthopédistes, la COA se tiendra désormais tous les ans. En 2008, le congrès aura lieu à Suzhou.

S.I.O.T.

Società Italiana di ortopedia e traumatologia, Bologna, 11–15 Novembre 2007

Pour sa dernière édition, le 92^{ème} congrès de la société italienne d'orthopédie et de traumatologie est retourné comme dix-sept ans plus tôt dans le ber-



Un emblème de la ville de Bologne: les célèbres tours médiévales

ceau de l'une des plus anciennes facultés de médecine de l'ouest de l'Italie, Bologne. Avec plus de 3500 participants, les présidents Pr Sandro Giannini (Bologne) et Dr Aldo Toni (Bologne) peuvent se féliciter d'un beau succès. Le programme scientifique avait mis l'accent sur la chirurgie articulaire de reconstruction et sur les résultats en arthroplastie. Le congrès fut également étayé par un grand nombre de symposiums, une grande exposition de posters ainsi que de nombreux cours.

Fabrizio Macchi, notre consultant scientifique italien, présent lors du congrès, a pu noter un grand intérêt sur les derniers produits de CeramTec, en particulier le système de reprise, BIOLOX[®]OPTION, ainsi que le nouveau couple de frottement de 40 mm en BIOLOX[®]delta. La version 0.1 du DVD « BIOLOX[®] Ceramics in Hip Arthroplasty » a également fait l'objet d'une large demande. De nombreux participants ont déjà demandé à recevoir la version finale du DVD, disponible courant du second trimestre 2008. Le projet de registre de la hanche italien (Italian Hip Registry Project) présenté par les Dr Marina Torre (Rome) et Dr Susanna Stea (Bologne) a montré une augmentation sensible de l'utilisation des couples céramique – céramique en Italie, ainsi qu'une diminution des implants métal – métal.

BIOLOX® Award France

Le positionnement correct du cotyle est un facteur déterminant dans le bon fonctionnement d'une articulation artificielle de la hanche. C'est ce que souligne le Dr E. Sariali (Hôpital La Pitié Salpêtrière, Paris) dans son travail intitulé « The influence of inclination angle and lateral displacement on edge loading stresses in ceramic on ceramic hip prostheses ». Ses travaux ont été récompensés par le BIOLOX® Award remis au Dr Sariali lors du congrès de la SOFCOT par les représentants de CeramTec, Dominique Metz (à gauche) et Bernard Masson (à droite).



Prix Heinz Mittelmeier de la société allemande d'orthopédie, DGOOC

Le Dr Nicole Wollmerstedt de la clinique orthopédique de l'université de Würzburg a reçu le prix Heinz Mittelmeier 2007 de la société allemande d'orthopédie et de chirurgie orthopédique (DGOOC). Le prix doté de 5000 Euros est sponsorisé par CeramTec. Le Dr Wollmerstedt a été récompensé pour ses travaux sur le niveau d'activité réel des patients prothésés. Son groupe de travail a découvert que les patients porteurs d'une prothèse sont nettement plus mobiles, et par conséquent les couples de frottement parcourent davantage de cycles de charge que ce qui avait pu être supposé précédemment. Sur la photo, le Pr Heinz Mittelmeier et le Dr Nicole Wollmerstedt.

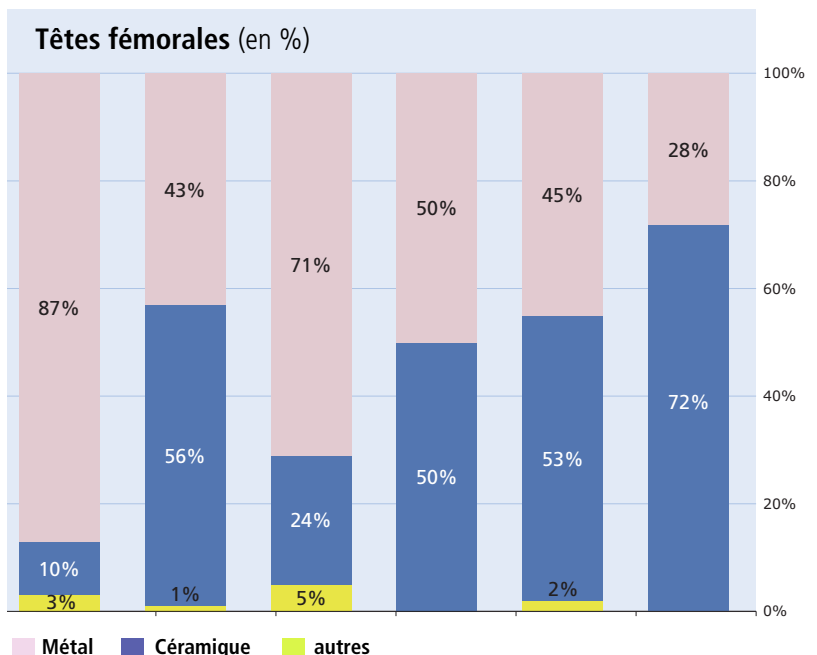
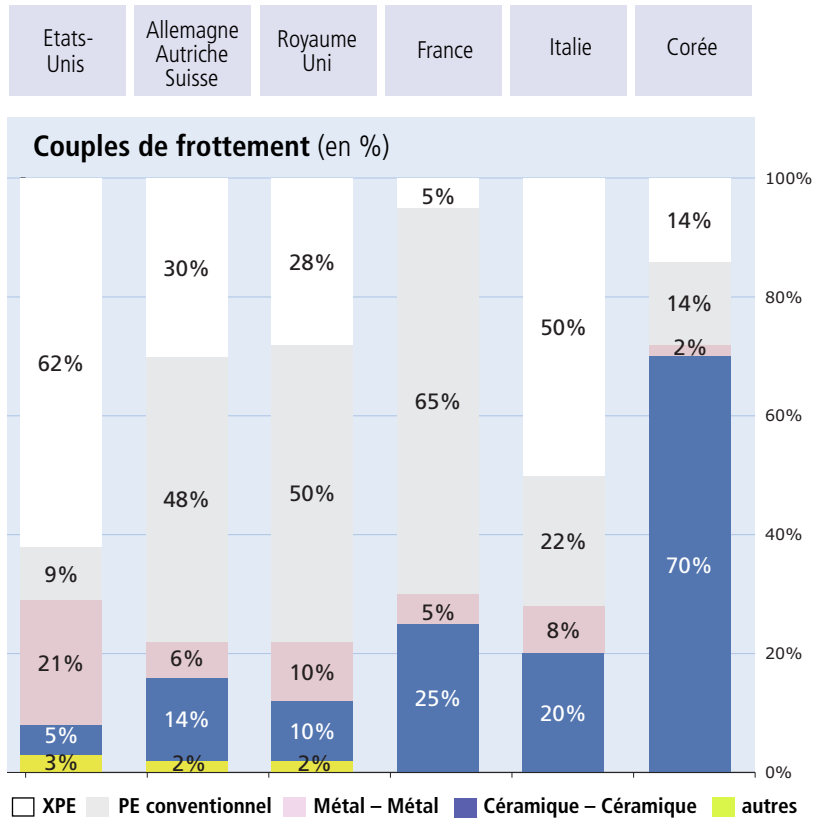


1. Wollmerstedt N: The daily activity Questionnaire (DAQ) – A novel questionnaire to assess patient activity after total hip arthroplasty. (Le travail n'a pas encore été publié. Il vous sera envoyé sur simple demande.)

2. Wollmerstedt N, Nöth U, Mahlmeister F, Lotze A, Finn A, Eulert J, Hendrich C.: Aktivitätsmessung von Patienten mit Hüfttotalendoprothesen. Orthopäde 2006, 35:1237–1245

Le monde des couples de frottement

Chaque pays a ses préférences en matière de couples de frottement en chirurgie de la hanche. Le graphique ci-dessous livre un aperçu des préférences tribologiques aux Etats-Unis, en Corée du Sud et dans divers pays européens. Les données disponibles ne permettent pas de détailler la répartition de manière précise mais indiquent les plus grandes tendances.



Sources bibliographiques : Avicenne, BVMed, EUCOMed, Global Markets Direct, CeramTec

Le meilleur des deux mondes

BIOLOX®*delta* remplit un cahier des charges jusqu'alors inconcevable.

L'arthroplastie de la hanche est une histoire couronnée de succès. Grâce à cette chirurgie, des millions de personnes ont pu reconquérir leur mobilité et s'affranchir de la douleur, et la liste augmente chaque jour. Néanmoins, certaines questions restent encore en suspens, notamment le choix du couple de frottement. La céramique BIOLOX®*delta* semble vouloir ouvrir de nouvelles perspectives. Ce nano-matériau composite allie dureté, solidité et résistance à l'usure. Cette union réussie en fait un matériau plus résistant à la fracture et lui confère ainsi une grande fiabilité.

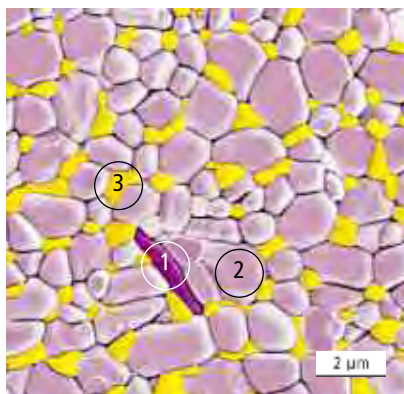
Éviter les reprises

L'ostéolyse et le descellement aseptique restent selon le registre suédois à l'origine de plus de 75% des cas de reprise. Les nouveaux polyéthylènes hautement réticulés ne sont pas non plus à l'abri de l'usure. Leur comportement in vivo à long terme n'est pas encore connu. Les couples de frottement métal – métal libèrent inévitablement des ions métalliques, les risques encourus sont encore mal connus.

De nos jours, la tendance est aux grands diamètres. Ces questions tribologiques encore sans réponse gagnent en importance. En l'espace de quelques décennies, les composants en céramique haute performance ont su faire leur preuve en chirurgie de la hanche. Les surfaces extrêmement lisses et résistantes aux rayures des têtes fémorales en céramique frottant contre des inserts en polyéthylène génèrent nettement moins d'usure que des têtes fémorales en métal. Leurs propriétés hydrophiles favorisent bien plus la lubrification synoviale que d'autres matériaux. D'autre part, les composants en céramique ne relarguent pas d'ions. La céramique a un comportement biologique neutre. Du fait de sa fragilité relative, certains chirurgiens avaient jusqu'alors certaines réticences à utiliser ce matériau, et ce en dépit de la très haute résistance à la fracture affichée par les céramiques jusqu'alors utilisées, comme BIOLOX®*forte* par exemple.

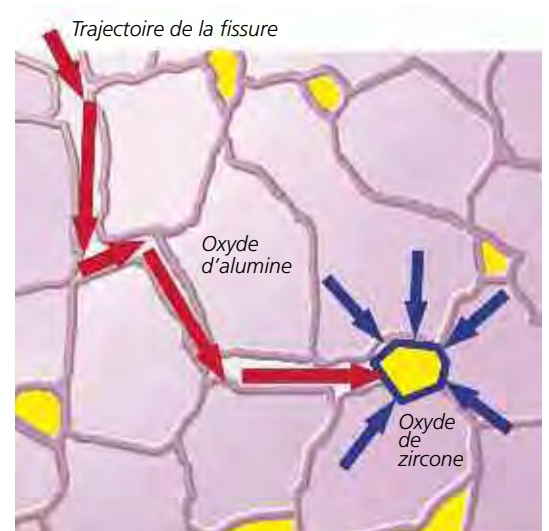
Une céramique équipée d'un airbag, capable de bloquer les fissures.

La notion de « résistance à la fracture » définit la contrainte mécanique maximale qu'un matériau peut endurer sans rompre. La nouvelle céramique BIOLOX®*delta* est non seulement extrêmement résistante à la rupture, elle est en plus dotée d'une haute ténacité. Les spécialistes en matériau entendent par là la résistance d'un matériau face à la propagation d'une fissure. Comparée à d'autres matériaux, BIOLOX®*delta* peut nettement mieux résister à la progression d'une fissure, allant même jusqu'à l'interrompre. Cette faculté repose essentiellement sur deux mécanismes de renforcement.

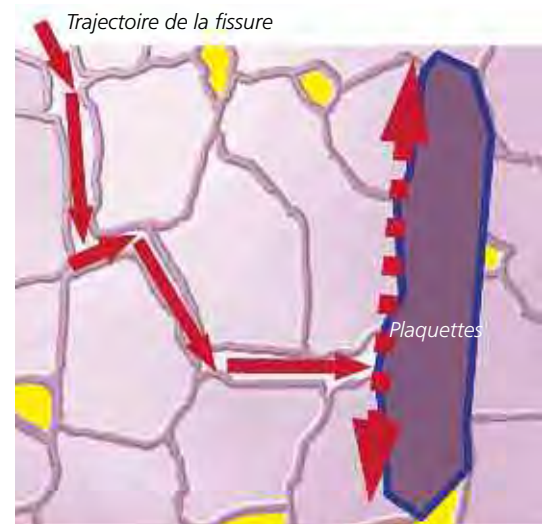


La structure de BIOLOX®*delta* en détail :
Plaquettes aptes à dévier les fissures (1)
Particules d'alumine (2), particules de zirconium (3)

D'une part, les nano-particules d'oxyde de zirconium en phase tétragonale réparties dans la matrice alumine stable ont une fonction d'airbag. Soumises à un fort pic



Le principe de renforcement par transformation :
Les particules d'oxyde de zirconium agissent comme des airbags et absorbent les forces liées à la propagation de la fissure.



Le principe de renforcement par plaquettes :
Des cristaux en forme de plaquettes bloquent la propagation des fissures et multiplient ainsi l'effet de renforcement.

de contrainte généré par l'amorce d'une fissure, leur structure cristalline se modifie pour augmenter leur volume. Du fait de leur élargissement, ces nano-particules génèrent localement des pics de contraintes, stoppant ainsi la propagation de la fissure.

L'autre mécanisme de renforcement est obtenu par la présence de cristaux en forme de plaquettes qui se constituent dans le mélange d'oxyde. Ces plaquettes dévient les fissures potentielles, divisent l'énergie de fissure pour finalement l'éliminer. Ces propriétés font de BIOLOX®*delta* une céramique plus résistante à la fracture et plus tenace offrant ainsi une fiabilité accrue.

Résistance au stripe-wear

Le stripe wear est un phénomène connu commun à tous les couples de frottement dur – dur. Lorsqu'un cotyle ne peut pas être implanté dans une position

BIOLOX®delta affiche sa supériorité dans tous les paramètres clé : Taille de grain, résistance à la flexion, ténacité.

Valeur étalon	Mesure unité	BIOLOX® (depuis 1974)		BIOLOX®forte (depuis 1995)		BIOLOX®delta (depuis 2004)	
		Valeur moyenne	Ecart type	Valeur moyenne	Ecart type	Valeur moyenne	Ecart type
Al ₂ O ₃	Vol.-%	99,7	0,15	> 99,8	0,14	81,6	0,17
ZrO ₂	Vol.-%	n.a.	–	n.a.	–	17	0,1
Autres oxydes	Vol.-%	Reste	–	Reste	n.a.	1,4	0,01
Densité	g/cm ³	3,95	0,01	3,97	0,00	4,37	0,01
Taille de grain Al ₂ O ₃	µm	4	0,23	1,750	0,076	0,560	0,036
Flexion 4 Points ¹⁾	MPa	500	45	631	38	1384	67
Module d'élasticité	GPa	410	1	407	1	358	1
Ténacité K _{IC} ²⁾	MPa m ^{1/2}	3,0	0,45	3,2	0,4	6,5	0,3
Dureté HV1	GPa	20	–	20	–	19	–

¹⁾ Pour BIOLOX®delta : mesures moyennes mesurées à partir de 2006

²⁾ On entend par ténacité la résistance d'un matériau à l'amorce de la propagation de fissure ; K_{IC} est la valeur caractéristique correspondante

physiologiquement correcte, un phénomène de micro-séparation des composants du couple de frottement peut apparaître dans le cycle de mouvement. Il en résulte une forte contrainte sur les bords (edge loading) de la tête et du cotyle. Dans les couples dur – dur, on voit alors apparaître une bande d'usure. Des essais sur simulateur dans lesquels on a reproduit une micro-séparation au cours du cycle de mouvement, ont révélé des différences notables entre BIOLOX®forte et BIOLOX®delta. L'usure en bandes était la moindre sur le couple BIOLOX®delta – BIOLOX®delta. Rappelons que du fait de sa neutralité biologique, le couple de frottement céramique ne présente aucun risque pour le patient.

Moins d'usure pour plus de stabilité

Avec une taille de grain de l'ordre du nanomètre, BIOLOX®delta offre une homogénéité de structure encore inégalée parmi les matériaux céramiques. Les surfaces sont encore plus lisses, l'usure est encore diminuée. La charge d'éclatement de BIOLOX®delta est par ailleurs encore plus élevée que celle des céramiques d'alumine conventionnelles. Des essais menés sur des échantillons standards du matériau montrent par ailleurs que la résistance à la flexion de BIOLOX®delta ne subit aucune incidence négative après des cycles de stérilisation répétés en autoclave.

Les forces de BIOLOX®delta

- Ténacité plus élevée
- Résistance à la fracture plus élevée
- Propension à bloquer la formation de fissure
- Biocompatibilité sans restriction

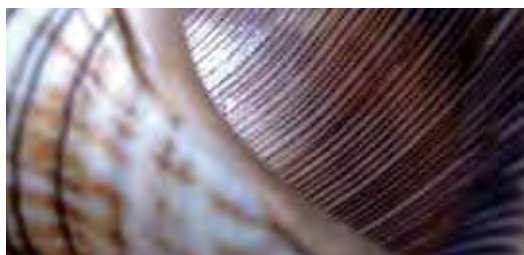
De nouvelles possibilités

Les propriétés supérieures de BIOLOX®delta permettent de réaliser des géométries de composants jusqu'alors inconcevables en céramique. Avec une épaisseur de paroi plus fine pour les inserts sans sacrifier à la stabilité et à la fiabilité, le chirurgien a désormais à sa disposition un couple de frottement céramique – céramique de grand diamètre. Les géométries complexes requises notamment en chirurgie du genou sont désormais envisageables avec BIOLOX®delta. De nouveaux domaines d'application en arthroplastie s'ouvrent ainsi à la céramique.

Dr Thomas Pandorf



Thomas Pandorf,
Directeur Scientifique
Division médicale de
CeramTec



La nature donne l'exemple :
La dureté des cristaux
d'aragonite et la ductilité
de la conchyoline rendent
la nacre des coquillages à
la fois dure et tenace.

Céramique : Test de vibrations réussi

Le Pr Harry A. McKellop est vice-président du centre de recherche de l'Hôpital Orthopédique de Los Angeles et directeur du centre de recherches orthopédiques J. Vernon Luck. Il enseigne également au département de chirurgie orthopédique du département orthopédique UCLA. Parmi ses activités de recherche, on compte la biomécanique et l'appareil locomoteur ainsi que la conception de matériaux et designs performants pour les implants en orthopédie. L'un des aspects centraux de sa recherche est la réduction de l'usure et de l'ostéolyse induite par particules en chirurgie de remplacement.



Harry A. McKellop, Ph.D.: Une Diminution de l'usure jusqu'à 90% avec des têtes fémorales en céramique offre au patient un gain de sécurité considérable

Quelle place occupe la céramique dans vos recherches ?

Notre laboratoire de tribologie coopère avec de nombreux fabricants d'implants dans l'évaluation de la friction et de l'usure des matériaux actuellement disponibles pour les prothèses articulaires. Nous avons pour ainsi dire testé quasiment tous les couples de frottement actuellement disponibles pour la chirurgie de la hanche, du couple métal – métal, en passant par le couple céramique – céramique et tout particulièrement métal ou céramique contre du polyéthylène hautement réticulé développé au centre J. Vernon Luck. Dans ce dernier cas, nous avons effectué une analyse poussée de la résistance à l'usure du polyéthylène hautement réticulé en conditions « propres » et dans le cadre de tests visant à simuler l'usure à trois corps qui survient généralement in vivo. Par exemple dans une première étude sur un simulateur de hanche de première génération¹, les cupules acétabulaires d'un PE modérément réticulé (GUR 1050 réticulé avec 5 Mrads de rayons gamma et refondu) s'usaient à un taux de 85% inférieur à celui des cupules non réticulées testées avec des têtes fémorales polies. Si les têtes étaient rendues rugueuses avec du papier carbone silicone (une méthode simple pour simuler l'usure à trois corps in vivo), l'usure augmentait de manière substantielle pour toutes les cupules, mais les cupules en polyéthylène réticulé affichaient une usure inférieure de 28% à celle mesurée sur du polyéthylène conventionnel.

Dans une seconde étude plus récente², nous avons eu recours à une méthode plus sophistiquée pour modéliser l'usure à trois corps et ajouté une comparaison entre les couples métal – PE et les couples céramique – PE.

Zhen Lu, PhD, directeur du laboratoire de Tribologie du centre J. Vernon Luck, a supervisé les tests sur simulateur comparant des têtes fémorales en CoCr et des têtes fémorales en BIOLOX[®] delta.



Comment avez-vous simulé l'usure à trois corps ?

Dans une étude préliminaire, nous avons soumis les têtes fémorales à divers tests de vibration avec différents granulats sur des durées différentes, une approche déjà utilisée dans d'autres laboratoires. Pour l'étude complète, nous avons sélectionné le granulat (bauxite / alumine) et la durée du test (30 minutes) à même de produire une rugosité comparable à celle observée sur les pièces explantées. Sous l'effet des vibrations, des éraflures se forment sur la totalité de la tête, alors qu'in vivo la surface est partiellement rayée. Il faut donc considérer ce modèle d'usure à trois corps comme particulièrement sévère.

Quels sont les résultats ?

Avec les têtes en métal poli, le taux d'usure du polyéthylène réticulé (GUR 1050 – 5 Mrad – refondu) était à nouveau inférieur de 85% à celui du polyéthylène non réticulé. Avec les têtes en céramique BIOLOX[®] delta, le taux d'usure du polyéthylène réticulé était inférieur à celui mesuré avec des têtes en métal, à raison de 10% avec les têtes de diamètre 28 mm et de 32% avec les diamètres 36 mm. Les vibrations sur les têtes ont généré de larges rayures sur les têtes en métal. Sur les têtes en céramique nettement plus dures, l'altération de la surface était négligeable. En conséquence, le taux d'usure du polyéthylène réticulé était nettement plus élevé avec les têtes en métal, à tel point que les taux d'usure moyens avec les têtes fémorales en céramique de diamètre 28 mm et 36 mm étaient inférieurs en moyenne de 86% et 84% à ceux mesurés avec des têtes en métal de diamètre respectif².

Une troisième étude³ a été conduite sur simulateur de hanche par l'équipe de tribologues d'un grand fabricant orthopédique qui a effectué une analyse des taux d'usure des implants acétabulaires fabriquée en GUR 1020, avec pour résultat 50% d'usure de moins que le GUR 1050 – polyéthylène 5 Mrad. Encore une fois, le test de vibrations a provoqué une usure considérable sur les têtes en Cobalt Chrome, contre quelques éraflures négligeables sur les têtes

céramique en BIOLOX® *delta*. Avant les vibrations, l'usure du polyéthylène réticulé 7,5 Mrad avec des têtes en céramique était inférieure de 33% à celle mesurée avec des têtes en métal et inférieure d'environ 90% après le test de vibrations.

Quelles conclusions en tirez-vous ?

Ces comparaisons ont montré que les têtes fémorales en céramique offrent davantage de sécurité et de protection in vivo face à l'usure accélérée déclenchée par les particules d'usure à trois corps. Je ne pense pas qu'il existe une articulation de la hanche complètement dépourvue de particules d'usure à trois corps – fragments de revêtement poreux, de ciment acrylique, d'os, voire les trois. Sur la plupart de nos explants, on constate sur les têtes en métal quelques traces d'usure à trois corps.

Que pouvez-vous dire sur la différence entre BIOLOX® *delta* et les autres matériaux céramiques ?

Nous n'avons pas effectué à ce jour de test pour comparer les différents matériaux céramiques. Mais d'après les données publiées, BIOLOX® *delta* semble être une voie idéale à suivre pour améliorer les céramiques dans le remplacement articulaire. Nous savons qu'il y a eu par le passé des problèmes avec certains types de têtes en zircone massive notamment en matière de stabilité à long terme in vivo. Bien que la zircone massive soit plus résistante que l'alumine, la transformation de phases – modification de la structure et de la taille des cristaux – peut conduire à une augmentation de la rugosité et donc augmenter l'usure en combinaison avec le polyéthylène. Au fil du temps, l'alumine a subi une amélioration substantielle, mais conserve une résistance à la fracture plus faible que la zircone.

Selon les données publiées, BIOLOX® *delta* a pu être utilisé dans les deux matériaux pour en garder le meilleur : la stabilité de l'alumine d'un côté, et la résistance à la fracture de la zircone de l'autre. Il s'agit là d'une combinaison très sophistiquée dans les applications orthopédiques. Cliniquement parlant, cela devrait se traduire dans un grand gain en sécurité, notamment en cas d'usure à trois corps, à tel point que les patients obtiendront le plus grand bénéfice de l'usure faible offerte par le polyéthylène réticulé.

Bibliographies :

1. McKellop H, Shen F-W, DiMaio W, Lancaster J. Wear of gamma-crosslinked polyethylene acetabular cups against roughened femoral heads. *Clinical Orthopaedics and Related Research*. 1999; 369: 73–82.
2. McKellop, H, Liao, Y.-S., Shen, F.-W., McGarry, W., *Trans. Orthopaedic Research Society*, 2006
3. Liao, Y.-S., Greer, K., *Effect of head material and roughness on the wear of 7.5 Mrad crosslinked – remelted UHMWPE acetabular inserts. Trans. Orthopaedic Research Society*, 2008



Bienvenue à San Francisco



**Hall D
Stand 5586**

CeramTec aura le plaisir de vous accueillir à San Francisco sur son stand (n° 5586) situé dans le hall d'exposition D de la réunion annuelle de l'AAOS. Cette année, nous vous présenterons nos têtes fémorales de diamètre 40 et 44 mm ainsi que les nouveaux inserts 40/48 et 40/52. Nous vous présenterons également notre système de révision BIOLOX® OPTION ainsi que d'autres produits innovants. Nous serons par ailleurs ravis de vous remettre notre nouvelle brochure sur la céramique BIOLOX® *delta* ainsi que notre DVD éducatif contenant des informations complètes sur l'usage de la céramique BIOLOX®. Nos business managers et nos conseillers scientifiques se tiendront à votre disposition pendant toute la durée du congrès accompagné de notre directeur, Karl Billau, pour s'entretenir avec vous sur nos produits et perspectives d'avenir. Nous espérons vous voir bientôt sur notre stand !

Prix Heinz-Mittelmeier 2008

La Société allemande d'orthopédie et de chirurgie orthopédique (DGOOC) décerne chaque année avec la société CeramTec le prix Heinz Mittelmeier. Ce prix qui récompense les travaux de recherche sur l'usage de la céramique en orthopédie et l'usure des composants est doté de 5000 Euros. Il est décerné à de jeunes médecins, ingénieurs et scientifiques. Le travail remis peut faire l'objet d'une publication scientifique ou être déjà publié comme ouvrage scientifique. Sont également acceptés les manuscrits sur le point d'être publiés ou remis à la publication. Les travaux de master, de doctorat et d'habilitation sont également acceptés. Le lauréat sera sélectionné par un jury de la DGOOC.

Les travaux sont à remettre en cinq exemplaires en anglais ou en allemand au plus tard le 31 juillet 2008 à: CeramTec AG, Medical Products Division, „Forschungspreis der DGOOC“, à l'attention de Mme. Florence Petkow, Fabrikstr. 23–29, 73207 Plochingen, Allemagne ou www.ceramtec.de → Divisions → Medical Products → Medical Professionals → News & Events → Research Award

Un DVD éducatif

Le nouveau DVD sur la céramique en arthroplastie est disponible et vous sera envoyé gracieusement sur simple demande. Ce DVD s'adresse à tous les chirurgiens qui souhaitent approfondir leurs connaissances dans ce domaine. Ce DVD contient entre autres :

- Séquences opératoires filmées combinées à des animations
- Trucs et astuces
- Conseils d'utilisation de composants céramique
- Aperçu sur les combinaisons de matériaux
- Informations scientifiques sur les matériaux, données bibliographiques etc.



Excellents résultats pour le couple céramique – céramique

Le taux de survie de 99% à sept ans décrit dans cette étude prouve les excellentes performances des couples de frottement céramique – céramique. Les auteurs ont analysé une série de 301 couples alumine-alumine de troisième génération (BIOLOX® forte) associés à des PTH sans ciment chez 283 patients. L'âge moyen au moment de l'implantation était de 58 ans. Les interventions ont été menées dans le même centre. Dans chaque cas, on a eu recours à la même technique chirurgicale et au même implant. 251 patients ont pu faire l'objet d'un suivi clinique et radiographique. L'usure a été analysée dans tous les couples de frottement explantés.

Le score moyen de Harris était de 95 points. Tous les implants ayant survécu présentaient une évidence radiographique d'intégration osseuse stable. Neuf hanches ont dû être reprises pour remplacer l'un ou l'autre des deux composants. A l'origine des reprises, on trouvait des fractures périprothétiques, des psoatendonites, une ostéotomie de raccourcissement fémoral, un cas de descellement aseptique à deux mois, un cas d'impingement et d'ostéolyse. Le taux de survie des deux composants au bout de 7 ans, avec descellement aseptique ou ostéolyse pour origine de la reprise, est de 99%. Les inserts explantés présentaient une usure moyenne de 0,2 mm³ par an. Et les auteurs de conclure : « les PTH primaires non cimentées avec des couples de frottement céramique – céramique de la troisième génération présentaient un très faible taux d'usure et il n'y avait qu'un signe minime d'ostéolyse. »



P.J. Lusty, C.C. Tai, R.P. Sew-Hoy, W.L. Walter, W.K. Walter, B.A. Zicat, *Third-Generation Alumina-on-Alumina Ceramic Bearings in Cementless Total Hip Arthroplasty*, *J Bone Joint Surg Am.* 2007;89:2676–83

Les têtes en métal multiplient l'usure du PE par deux

Selon les auteurs, l'usage de tête en céramique contre du polyéthylène conventionnel (PE) peut contribuer à réduire l'usure de manière significative. Mais cet effet positif n'a pas encore été documenté de manière concluante dans la littérature et fait toujours l'objet de discussion. Cette étude prospective compare les taux d'usure du PE conventionnel frottant avec des têtes fémorales en céramique et des têtes en CoCr. 87 patients ont été opérés de manière consécutive par le même chirurgien selon la même technique. Tous les patients ont reçu un insert polyéthylène cimenté stérilisé par irradiation en atmosphère inerte avec une tige cimentée. Le diamètre des têtes était de 28 mm dans tous les cas. 40 patients ont reçu une tête en CoCr et 47 une tête en alumine. 10 des patients du groupe porteur d'une tête en alumine et 12 du groupe porteur d'une tête en CoCr sont décédés. Les patients ont tous fait l'objet d'une analyse radio-stéréométrique (RSA) post-op avec un recul de deux mois, un an, deux, cinq et dix ans. Les évaluations cliniques ont été effectuées avec le HHS. Usure et stabilité ont été analysées par RSA. Avec une valeur de 0,93 mm, l'usure moyenne linéaire dans le groupe CoCr était deux fois plus élevée que sur le groupe porteur d'une tête fémorale en céramique, groupe dans lequel l'usure moyenne linéaire s'élevait à 0,43 mm (p=0,001).

Les directeurs de l'étude soulignent que « le PE irradié en atmosphère inerte est déjà un processus de stérilisation avancé laissant le matériau partiellement hautement réticulé avec quelques radicaux libres. Nous avons pu constater une différence notable que nous rapportons au haut degré de précision de la méthode RSA. Les résultats d'usure dans le groupe contrôlé corroborent avec les valeurs que l'on peut trouver dans la littérature spécialisée. » Et de conclure que les taux d'usure faibles des têtes céramique en comparaison avec les têtes en CoCr sont bénéfiques pour les patients jeunes ou actifs.

J Dahl, B Nivbrant, P Söderlund, L Nordsletten, S M Röhrli, *Less wear with 28mm Aluminium heads against conventional PE - A 10 year RSA study, 60th annual meeting of the Norwegian Orthopaedic Society, 24.–26. October 2007, Oslo, Norway*

Navigation et position du cotyle

Le positionnement du cotyle est un facteur décisif quel que soit le couple de frottement. A l'université d'Osaka au Japon, les auteurs de cette étude ont implanté entre 1998 et 2001 des prothèses totales de hanche exclusivement en céramique avec et sans l'aide de système de navigation. En moyenne six années après l'opération, les auteurs ont examiné 59 des hanches naviguées, et 111 non naviguées. Alors que dans le groupe des hanches naviguées, tous les cotyles se trouvaient dans la zone de sécurité selon Lewinek, dans l'autre groupe, 31 cotyles se trouvaient hors de la zone de sécurité. Dans le groupe de patients opérés en mode non navigué, on a noté un taux de luxation nettement plus élevé. Dans 7 cas, on a observé un impingement. Deux hanches ont dû être reprises, l'une d'entre elle du fait de la rupture d'un insert en céramique. « Aucun de ces problèmes n'est survenu dans le groupe navigué. »

Sugano N, Nishii T, Miki H, Yoshikawa H, Sato Y, Tamura S, *Mid-term results of cementless total hip replacement using a ceramic-on-ceramic bearing with and without computer navigation*, *J Bone Joint Surg [Br]* 2007;89-B:455–60

Allergie aux implants : recommandations d'experts

Le groupe de travail sur les allergies aux implants de la société allemande d'orthopédie et de chirurgie orthopédique (DGOOC), le groupe allemand d'allergie de contact (DKG) ainsi que la société allemande d'allergologie et d'immunologie clinique (DGAKI) ont présenté au début de cette année une position commune sur le thème de l'allergie aux implants. Selon leurs recommandations, il est souhaitable d'utiliser des matériaux d'ostéosynthèse en titane en cas d'allergie au métal. Si une opération de la hanche est prévue, le groupe de travail préconise la pose d'un couple de frottement céramique – polyéthylène. Les têtes fémorales en céramique affichent une expérience clinique de plus de trente ans.

P. Thomas, A. Schuh, J. Ring, M. Thomsen, *Orthopädisch-chirurgische Implantate und Allergien*, *Der Orthopäde* 1, 2008

Allergie aux implants :

Cercle de travail « Allergie aux implants » (AK20) de la société allemande d'orthopédie et de chirurgie orthopédique (DGOOC) : www.dgooc.de/Verband/Arbeitskreise/ (Arbeitskreis 20, Implantatallergie)

Société Allemande d'allergologie et d'immunologie clinique (DGAKI) : www.dgaki.de

Groupe allemand d'allergie au toucher (DKG) au sein de la société allemande de dermatologie : www.ivdk.gwdg.de/dkg/

Registre d'allergie aux implants et plate-forme d'information sur les allergies aux implants (Groupe de travail sur l'allergie aux implants de l'université Ludwig Maximilian de Munich) : <http://allergomat.klinikum.uni-muenchen.de>

Pouvoir de guérison focalisé

Céramique et ondes de choc

L'introduction de la lithotripsie extracorporelle (LEC) dans les années 80 a constitué un apport considérable pour la médecine. Avec la LEC, il devenait désormais possible d'éliminer les douloureux calculs biliaires ou rénaux sans avoir recours à une intervention chirurgicale et de manière non invasive grâce à des ondes de choc ultrasoniques. Depuis, la thérapie à ondes de choc s'est répandue dans d'autres domaines de la médecine et trouve régulièrement de nouvelles applications. Avec le temps, cette technologie s'est améliorée et affinée, notamment par l'utilisation d'éléments céramiques piezo-électriques.

Le principe de fonctionnement des dispositifs à onde de choc piezo-électriques est tout simple : 2000 cylindres piezo-électriques sont ordonnés en mosaïque dans une coquille. Une impulsion de haute tension pouvant aller jusqu'à 10000 volts déclenche une extension des éléments. Une onde ultrasonique chargée en énergie est alors générée. Cette pulsation est transportée au corps sur un coussin d'eau ou par un gel, dans le cas du lithotriporteur cette onde est transportée jusqu'au calcul rénal ou biliaire. Pour obtenir un effet maximal tout en minimisant les effets secondaires, l'impulsion doit être forte et ciblée de manière précise, même après utilisation prolongée de l'appareil



Appareil manuel LEC pour utilisation en orthopédie



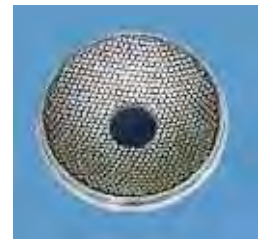
Le lithotriporteur WOLF PiezoLith 3000 en fonction

Le procédé piezo-électrique est supérieur aux technologies concurrentes. Ainsi, dans des appareils fonctionnant comme des bougies d'allumage, il est nécessaire de remplacer l'électrode au bout de 20.000 pulsations. Or, la désintégration d'un calcul nécessitant 3000 pulsations, un appareil conventionnel peut assurer jusqu'à maximum sept traitements. Les procédés électro-magnétiques peuvent générer, selon le dispositif, un à deux millions de pulsations sans avoir à remplacer la pièce. Le procédé à onde de choc piezo-électrique peut réaliser de meilleures performances.

Le fabricant de lithotripteurs, Richard Wolf, garantit grâce à cette technologie jusqu'à cinq millions d'onde de choc, ou encore deux années d'utilisation. Grâce aux pièces en céramique, l'intensité des pulsations reste constante durant toute sa durée de vie et le point de cible est maintenu de manière constante. Compte tenu du fait que les ondes de choc peuvent atteindre des amplitudes allant jusqu'à 1500 bars, on comprendra aisément l'importance de cet aspect.

La précision du point de cible du transformateur piezo laisse les tissus environnants intacts. La thérapie d'onde de choc extracorporelle a progressivement fait des émules en orthopédie. Dans les cas de pseudo-arthroses, les ondes de choc génèrent des microfractures qui accélèrent la régénération osseuse. Dans les cas d'épines calcanéennes, la LEC semble également vouloir s'imposer comme thérapie non invasive de premier choix. La LEC est aussi utilisée dans le traitement des douleurs articulaires chroniques. Dans ce domaine, l'impact et les facteurs déterminants font toujours l'objet de recherche. L'efficacité clinique de ce procédé fait actuellement l'objet de diverses études. Une chose est sûre : La céramique piezo-électrique des appareils manuels des orthopédistes est fabriquée au même endroit que celle qui équipe les lithotripteurs : au sein de la division multifonctions de CeramTec AG.

Photo : Richard Wolf GmbH



Transformateur piezo avec des éléments piezo ordonnés de manière concave



Fonctionnement de la céramique piezo

Perspective Historique

Promouvoir la céramique en France

Avant de rejoindre CeramTec en 1999 en qualité de consultant scientifique, **Bernard Masson** a travaillé pendant huit ans dans le milieu médical. « Informer près de 3000 chirurgiens orthopédistes sur l'évolution de la céramique en arthroplastie relève du défi », rappelle-t-il. Participer à des congrès médicaux, faire des communications et des présentations en congrès ou dans les hôpitaux restent les vecteurs essentiels pour faire passer son message aux chirurgiens. Bernard Masson est également l'auteur de nombreuses publications scientifiques sur la céramique en arthroplastie. « Mon travail consiste à faire l'interface entre l'industrie et la communauté orthopédique. J'essaie de trouver un terrain d'entente entre les besoins des chirurgiens et les possibilités de l'industrie », souligne-t-il. Du fait du rôle pionnier de la France dans le développement des applications céramiques en orthopédie, les évolutions dans ce domaine suscitent un grand intérêt chez les chirurgiens français. « Cela me donne également la chance de replacer les améliorations permanentes de notre technologie dans une perspective historique et d'en discuter avec des chirurgiens extrêmement bien informés et expérimentés. »



Bernard Masson

Nouveaux arrivés chez CeramTec

Dieter Burkhardt a rejoint CeramTec en tant que Business Manager pour le marché américain. Ingénieur biomédical de formation, il travaille depuis plus de vingt ans dans le secteur de l'industrie médicale dans laquelle il a exercé divers postes de responsable commercial et marketing. Avant de rejoindre CeramTec, Dieter Burkhardt a travaillé pour de grands groupes internationaux, parmi eux un grand fabricant d'implants orthopédiques.



Justin Waugh représente CeramTec en tant que Product Manager pour le marché américain. Il est titulaire d'un diplôme d'ingénieur en mécanique. Auparavant, il a travaillé pendant quatre ans en qualité d'ingénieur développement produit dans une grande entreprise d'implants orthopédiques.



Peng Zeng vient d'achever sa thèse à l'université de Sheffield, Royaume Uni. Sujet de sa thèse : les mécanismes d'usure sur les prothèse de hanche alumine-alumine. Depuis janvier 2008, elle travaille pour CeramTec en qualité de consultant scientifique au Royaume Uni et répond aux questions des chirurgiens sur la céramique.

■ **5-9 Mars**
AAOS
San Francisco, États-Unis

■ **17-21 Mars**
Journées d'Orthopédie de Fort de France,
France

■ **3-5 Avril**
Bernier Hüftsymposium
Berne, Suisse

■ **22-26 Avril**
11^{ème} congrès de l'AOLF 2008
Marrakesch, Maroc

■ **1-4 Mai**
56. Süddeutscher Orthopädenkongress
Baden-Baden, Allemagne

■ **8-9 Mai**
V. Convegno Internazionale
Rome, Italie

■ **18-21 Mai**
Current Concepts Spring
Las Vegas, États-Unis

■ **22-25 Mai**
81st Annual Meeting of the Japanese
Orthopedic Association
Sapporo, Japon

■ **29 Mai-1 Juin**
EFORT
Nice, France

■ **5-7 Juin**
101° S.O.T.I.M.I.
Naples, Italie

■ **11-13 Juin**
European Hip Society
Madrid, Espagne

■ **12-14 Juin**
57. Norddeutscher Orthopädenkongress
Hambourg, Allemagne

■ **12-14 Juin**
SOO 2008
Le Havre, France

■ **12-14 Juin**
39° O.T.O.D.I.
Monastier, Italie

■ **20-22 Juin**
2nd Shanghai International Congress
on Orthopedics
Shanghai, Chine

Mentions légales

Publication :

CeramTec AG
Medical Products Division
Fabrikstr. 23-29
D-73207 Plochingen, Allemagne
Téléphone : +49 / 7153 / 6 11-828
Fax : +49 / 7153 / 6 11-838
medical_products@ceramtec.de
www.ceramtec.com

Contact :

Dominique Metz
Téléphone : +49 / 7153 / 61 18 63
d.metz@ceramtec.de

Planning et coordination :

Sylvia Usbeck
Heinrich Wecker

Rédaction et conception :

LoopKomm Infomarketing
Terlaner Str. 8
D-79111 Freiburg i. Brsg., Allemagne
Téléphone : +49 / 7634 / 55 19 46
Fax : +49 / 7634 / 55 19 47
mail@loopkomm.de
www.loopkomm.de