

INTÉRÊT DES BIOCÉRAMIQUES EN ALUMINE POREUSE CELLULAIRE EN CHIRURGIE RACHIDIENNE

P.J. FINIELS

Unité de Neurochirurgie et Pathologie Rachidienne, Polyclinique Chirurgicale Kennedy, avenue Kennedy, 30900 Nîmes.

SUMMARY: Interest of porous biomaterials in spinal surgery

P.J. FINIELS (*Neurochirurgie*, 2004, 50, 630-638)

Purpose of the study: *The aim of this work was to study the behavior of porous alumina ceramic cages in spinal cervical surgery, with or without plate fixation as needed.*

Material and methods: *The population included 61 patients who underwent spinal surgery between May 1999 and October 2003. There were 48 women and 13 men, mean age 49 years at surgery. 74 implants were used, among them 71 were interbody cages. Ten patients were operated at two levels; C5-C6 and C6-C7 were most frequently instrumented. Patients were reviewed at 1 month, 3 months and 6 months, and, whenever possible more after. Clinical and radiological data were available for all patients.*

Results: *Mean follow-up was 7.2 months. Postoperative clinical data included assessment of neck and arm pain, using a visual analogic scale and fusion status determined by the presence of trabecular bridging bone and the disappearance of lucent lines around the implant on plain anteroposterior and lateral cervical radiographs. Two patients required another intervention, allowing intra-operative assessment of the quality of fusion. Clinical results were in agreement with the usual outcome reported in the literature with 54% of patients free of postoperative neck or arm pain and restriction of function mild or absent in 88%. Bone healing was achieved at 6 months on the average in 58 cases and in all patients at 12 months, including the two patients who required revision.*

Discussion: *The porous alumine cage is a reliable bio-compatible and mechanically stable element helpful for achieving bone healing. Integration into bone tissue was radiographically satisfactory. This kind of implant appears to be an attractive alternative in spinal cervical surgery, avoiding donor graft site complications.*

Key-words: *porous biomaterials, spinal surgery, cervical surgery, interbody cages.*

RÉSUMÉ

But de l'étude. — Étudier le comportement de cages cervicales en alumine poreuse cellulaire (Céramil®), associées ou non selon les cas à la pose d'une plaque d'ostéosynthèse antérieure.

Matériel et méthode. — La population étudiée était composée de 61 patients, opérés entre mai 1999 et octobre 2003 (48 patients de sexe féminin pour 13 de sexe masculin, d'âge moyen 49 ans au moment de la chirurgie). Soixante-quatorze implants ont été posés, dont 71 cages inter-somatiques. Dix patients ont été opérés à deux niveaux ; C5-C6 et C6-C7 ont été les niveaux le plus souvent concernés. Les patients ont été revus à 1 mois, 3 mois et 6 mois et, aussi souvent que possible, au delà.

Résultats. — Le suivi moyen a été de 7,2 mois. Les résultats post-opératoires étaient appréciés sur la diminution des douleurs, en utilisant une échelle visuelle analogique standard, et la qualité de la fusion sur la présence de pont osseux et la disparition du liséré clair, visible autour de l'implant sur les clichés standards du rachis cervical, de face et de profil. Deux patients ont dû être réopérés, permettant d'apprécier « à ciel ouvert » la qualité d'intériorisation des greffons.

L'amélioration symptomatique est conforme aux données de la littérature, avec 54 % des patients indemnes de toute forme de douleur cervicale ou radiculaire résiduelle au moment du suivi, alors qu'une restriction des activités nulle ou très modérée était retrouvée dans 88 % des cas. La fusion osseuse totale était obtenue en moyenne en 6 mois dans 58 cas et dans tous les cas à 12 mois, en incluant les deux patients qui avaient dû être réopérés.

Discussion. — Les cages céramiques en alumine poreuse cellulaire constituent donc un implant parfaitement bio-compatible et mécaniquement stable, permettant une fusion osseuse de qualité. L'intégration osseuse apparaît satisfaisante sur les clichés de contrôle, et ce type d'implants nous semble donc parfaitement adaptés à la chirurgie rachidienne cervicale, évitant le recours à une prise de greffon autologue.

La micro-discectomie cervicale avec greffe inter-somatique est une procédure bien connue des neurochirurgiens dans le traitement des discopathies cervicales, et largement diffusée, depuis sa description originale [3, 5, 8, 9, 16, 21]. L'utilisation d'une greffe inter-somatique ne fait pourtant pas l'unanimité, rencontrant certains opposants partisans d'une discectomie simple, qui a pu faire la preuve de son innocuité, mais pas forcément de ses résultats durables au long cours [19, 22]. Quoi qu'il en soit, en cas d'option de réalisation d'une greffe, le matériel de choix reste le greffon osseux autologue, malgré la morbidité non négligeable en rapport avec la zone de prélèvement [4, 23, 29, 30]. Nous rapportons ici notre expérience dans l'utilisation des céramiques en alumine poreuse cellulaire, en lieu et place des greffons osseux autologues.

MATÉRIEL ET MÉTHODE

Entre mai 1999 et octobre 2003, 61 patients ont été opérés dans la même institution et par le même chirurgien utilisant des implants en céramique d'alumine (cages inter-somatiques ou blocs de reconstruction), commercialisés par la Société Céramil® (figure 1). Ces biocéramiques sont de composition strictement minérale, destinées à l'utilisation en médecine, conformément à la norme NF S 90-408, et sont disponibles en plusieurs tailles, variant de 12 à 16 mm en longueur, de 11 à 16 mm en profondeur et avec des hauteurs variables, toujours asymétriques (cf. *infra*), allant de 4/2 à 6/4 mm.

Ont bénéficié de ce type de procédure des patients porteurs d'une pathologie dégénérative cervicale à un ou deux niveaux, constituant une barre disco-ostéophytique prouvée radiologiquement avec concordance radio-clinique, ou des patients porteurs d'une hernie discale symptomatique. L'utilisation d'une ostéosynthèse par plaque vis-sée associée n'était pas systématique, sauf pour les patients porteurs d'une lésion d'origine traumatique ou en cas de corporectomie.

L'âge moyen était de 49 ans (extrêmes : 21-81 ans). Les indications étaient dominées par le traitement de névralgies cervico-brachiales rebelles aux thérapeutiques conservatrices usuelles avec une durée d'évolution minimale de 3 mois et sont résumées dans le *tableau I*. Il s'agissait d'une discectomie-greffe à 1 niveau dans 49 cas, à 2 niveaux dans 10 cas, représentant l'emploi de 71 cages inter-somatiques (deux patients ayant dû être réopérés), permettant d'apprécier l'intégration du matériel « à ciel ouvert ». Le sex-ratio était de 2,7 en faveur du sexe féminin. Tous les patients ont été revus systématiquement à 1 mois

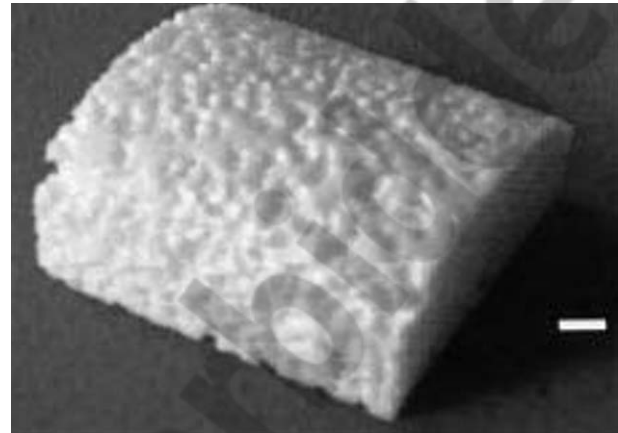


FIG. 1. — Aspect des cages en céramique au déballage (index = 2 mm).

FIG. 1. — *Presentation of the cages (bar = 2 mm).*

et au moins une fois entre 3 et 6 mois post-opératoires, voire plus, aussi souvent que possible, réalisant un suivi moyen de 7,2 mois (3-17 mois). Deux patients ont bénéficié d'une corporectomie avec bloc de reconstruction, à un niveau (C5) dans 1 cas et à 2 niveaux (C5 et C6) dans un autre cas, nécessitant 3 blocs de reconstruction au total. Ainsi, 74 implants ont été posés et représentent la base de cette étude.

Les niveaux opérés et le type d'implant posé sont rapportés sur la *figure 2*. L'appréciation des résultats, tant fonctionnel que radiologique, s'est faite lors de la consultation la plus tardive, au moins 3 mois (3 cas), sinon le plus souvent à

TABLEAU I. — Symptômes et signes neurologiques.

TABLE I. — *Neurological signs and symptoms.*

Symptômes	Nombre de patients (%)
– Cervicalgies	61 (100)
– Radiculalgie unilatérale systématisée	
C5	2 (3)
C6	25 (41)
C7	20 (33)
C8	3 (5)
– Radiculalgie non systématisée, uni ou bilatérale	9 (15)
Signes neurologiques	
– Déficit moteur	10 (16)
– Hypoesthésie	27 (44)
– Modification des réflexes ostéotendineux	11 (18)

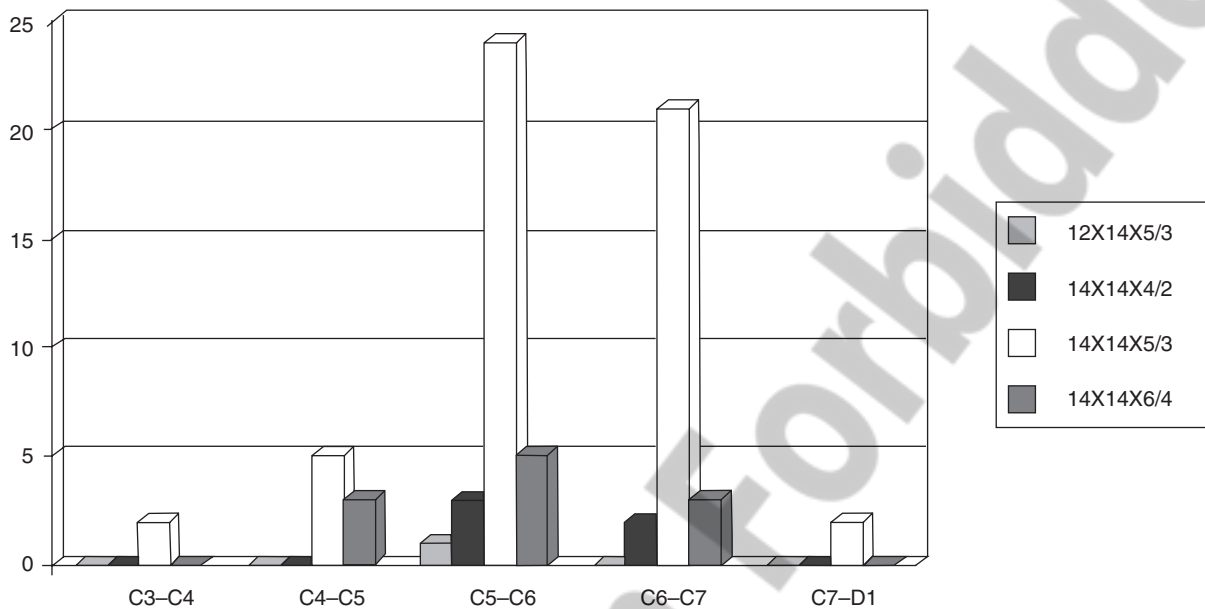


FIG. 2. — Type d'implants posés et niveaux opérés.
 FIG. 2. — Type of implants used and operated levels.

6 mois post-opératoires et repose sur les items suivants :

— *soulagement sur le plan algique* : les douleurs ont été appréciées, tant sur le plan des cervicalgies que sur l'existence éventuelle d'une douleur radiculaire systématisée, lorsqu'elle existait, en utilisant une échelle visuelle analogique standard (EVA), graduée de 0 à 10, les plus faibles valeurs représentant les douleurs les plus modérées : de 0 = douleur insignifiante ou absente, à 10 = pire douleur imaginable [13] ;

— *résultat fonctionnel* : il a été apprécié selon le score de Prolo [20] (*tableau II*) avec un bon résultat assigné à un score entre 8 et 10 et un mauvais résultat pour un score inférieur à 8 ;

— *résultat radiologique* : la fusion a été appréciée sur la présence de ponts inter-osseux et/ou de la disparition complète du liséré radio-transparent (*figures 3 et 4*) entourant l'implant à au moins 3 mois de sa pose sur les clichés standards de face et de profil (éventuellement confirmé au scanner en cas de doute ou de clichés de mauvaise qualité), réalisés systématiquement avant la dernière consultation de contrôle.

RÉSULTATS

Aucune complication de type infectieux n'a été à déplorer. Deux patients ont dû être réopérés : l'un, très à distance de l'intervention, pour une rupture de vis survenue 15 mois après l'opération, alors que la fusion apparaissait correcte

sur les clichés de contrôle ; l'autre (cas n° 2), précocement, en rapport avec une luxation partielle de l'implant. Lors de cette ré-intervention, faite sous la pression de la patiente et de son médecin traitant, une ossification parfaite avec absence de mobilité résiduelle au niveau du segment instrumenté fut constaté, une nouvelle plaque étant mise en lieu et place de la précédente, avec des vis de longueur plus importante réalisant un vissage bi-cortical ; le résultat spectaculaire sur la dysphagie résiduelle alléguée fait planer un doute plus que sérieux sur un probable problème psychologique sous-jacent, non élucidé à ce jour, la patiente ayant été régulièrement suivie depuis pour d'autres problèmes sans aucune plainte résiduelle à ce niveau...

SOULAGEMENT SUR LE PLAN ALGIQUE

La distribution des résultats enregistrés est colligée dans le *tableau III*. Des cervicalgies étaient retrouvées chez tous les patients en pré-opératoire et chez seulement 45 % lors du dernier contact, avec un score moyen à l'EVA, passant de 6,7 à 1,72 en post-opératoire. En pré-opératoire, plus de 9 patients sur 10 présentaient une radiculalgie au niveau du membre supérieur, alors que seuls 41 % se plaignaient encore d'une douleur au membre supérieur en post-opératoire, dont 2 patients seulement allégué à un niveau 7 ou 8 à l'EVA, le score moyen passant de 7,05 à l'EVA en pré-opératoire à 2,1 en post-opératoire. Au total, ce sont 54 % des patients qui ne se plaignaient

TABLEAU II. — Score de Prolo [20].

TABLE II. — Prolo score [20].

<i>Économique</i>	<i>Fonctionnel</i>
E1 : Invalidité complète	F1 : Incapacité totale
E2 : Incapacité au travail	F2 : Cervicalgie, brachialgie ou paresthésies persistantes, déficit moteur pré-opératoire inchangé
E3 : Nécessité de changement d'emploi	F3 : Névralgie cervico-brachiale modérée et/ou paresthésies et/ou déficit moteur minime
E4 : Capable de travailler (même emploi mais à temps partiel)	F4 : Paresthésies persistantes, pas de névralgie cervico-brachiale
E5 : Capable de travailler sans restriction	F5 : Récupération complète



FIG. 3. — Clichés de contrôle post-opératoire précoce d'un patient opéré en C6-C7. Noter le liséré clair entourant l'implant.

FIG. 3. — *Immediate postoperative X-rays (C6-C7 level). Note lucent lines surrounding the implant.*

plus d'aucune douleur post-opératoire au cou ou au membre supérieur.

RÉSULTAT NEUROLOGIQUE

Dix patients présentaient un déficit neurologique modéré à sévère en pré-opératoire, dont 4 en rapport avec une myélopathie cervicarthrosique. Le déficit devait s'améliorer ou disparaître chez deux patients porteurs d'une atteinte médullaire et disparaître totalement chez 4 des patients porteurs d'un déficit radiculaire.

RÉSULTAT FONCTIONNEL

En pré-opératoire, 80 % des patients rapportaient une gêne modérée à majeure, avec interrup-



FIG. 4. — Cas n° 1. Clichés de contrôle, montrant la bonne intégration de l'implant à 3 mois : absence totale de liséré clair résiduel.

FIG. 4. — *Case 1. Postoperative X-rays at 3 months, showing total disappearance of lucent lines around the implant.*

tion de toute activité professionnelle dans 65 % des cas. Corrélés au score de Prolo, l'évolution était marquée par 7 mauvais résultats (E2F2 = 2, E2F3 = 2, E2F4 = 2 et E3F4 = 1) avec absence de reprise des activités professionnelles chez 5 patients travaillant en pré-opératoire, dont 4 en rapport avec les suites d'un accident de travail.

RÉSULTAT RADIOLOGIQUE

Dans 58 cas, la fusion appréciée sur les critères retenus a pu être affirmée dans un délai moyen de 6 mois, et, dans tous les cas à suivi suffisamment long, à 15 mois, y compris chez les patients ayant dû être réopérés. Les deux patients ayant bénéficié d'un geste de corpectomie, avec utilisation

TABLEAU III. — Score algologique à l'EVA*.

TABLE III. — Distribution of pain score.

Score à l'EVA*	Cervicalgies n (%)		Radiculalgie n (%)	
	Pré-op.	Post-op.	Pré-op.	Post-op.
Douleurs				
— majeure (9-10)	12 (20)	0 (0)	14 (23)	0 (0)
— sévère (7-8)	24 (40)	1 (2)	30 (49)	2 (3)
— modérée (5-6)	18 (30)	5 (8)	13 (21)	8 (13)
— faible (2-4)	7 (10)	21 (35)	2 (3,5)	15 (25)
— nulle (0-1)	0 (0)	34 (55)	2 (3,5)	36 (59)
Score				
— moyenne	6,7	1,72	7,05	2,1
— médiane	7	1	7	1
— minimum	2	0	0	0
— maximum	10	7	10	8

*EVA : échelle visuelle analogique.

d'un bloc de reconstruction, ont eu une intériorisation complète de leur greffon : pour l'un, à 7 mois ; pour l'autre, le résultat clinique était satisfaisant lors du dernier contact, même si le suivi a été insuffisant (4 mois) pour affirmer une consolidation complète (patiente perdue de vue).

ILLUSTRATIONS CLINIQUES

CAS N° 1

Patient de 47 ans, exploitant agricole, victime en février 1999 d'une chute de cheval avec traumatisme cervical en flexion. Installation rapide d'une névralgie cervicobrachiale gauche, de topographie C6, non déficitaire, associée à des cervicalgies modérées. Traitement conservateur inefficace, y compris le recours aux morphiniques. L'intensité des douleurs radiculaires est cotée à 7 à l'EVA. Le bilan radiologique met en évidence une discopathie C5-C6 évoluée sur les clichés radiologiques standards, alors que la tomographie met en évidence une hernie discale C5-C6 gauche partiellement calcifiée, sur une barre ostéophytique ancienne. Intervention le 10.11.1999 avec réalisation d'une discectomie greffe, utilisant un implant de taille moyenne (14 x 14 x 5/3). Soulagement post-opératoire immédiat avec douleurs résiduelles cotées à 0 à l'EVA lors de la dernière consultation. Les clichés de contrôle post-opératoire à 3 mois (*figure 4*) montrent une parfaite in-

tériorisation de l'implant, confirmée par l'IRM réalisée à 10 mois post-opératoires (*figure 5*).

CAS N° 2

Patiente de 73 ans présentant une névralgie cervicobrachiale invalidante droite, mal systématisée depuis plusieurs mois, rebelle aux thérapeutiques usuelles. L'IRM montre une volumineuse hernie discale C3-C4 droite, partiellement migrée vers le bas. Intervention le 21.07.2003 avec mise en place d'un greffon de taille 14 x 14 x 5/3. Soulagement immédiat avec interruption de la prise d'antalgiques. Reprise secondaire des douleurs après une violente crise d'éternuements survenue une dizaine de jours après l'intervention. Les clichés radiologiques de contrôle montrent une luxation partielle de l'implant, associée à une fracture en coin de la corticale antérieure de la vertèbre C3 (*figure 6*). La ré-intervention permet le repositionnement de l'implant, siège déjà d'une ossification partielle. Persistance de cervicalgies modérées, cotées à 3 à l'EVA après la seconde intervention.

DISCUSSION

La procédure classique de greffe inter-osseuse sans ostéosynthèse associée est bien connue et bien acceptée, donnant des résultats satisfaisants en pathologie dégénérative [5, 8-10, 16, 21, 23]. Une cyphose cervicale, ou du moins une perte de la lordose physiologique, peut être la conséquence



FIG. 5. — Cas n° 1. IRM de contrôle à 10 mois post-opératoire.

FIG. 5. — Case 1. Ten month postoperative MRI.

d'une pseudarthrose en cas de pose d'un greffon et, si elle semble plus fréquente en cas de discectomie simple, son incidence réelle reste inconnue, bien que l'association à une ostéosynthèse semble en diminuer le risque de survenue [14, 30]. En cas de pose d'un greffon, l'utilisation d'un greffon osseux autologue reste la référence, bien que la morbidité intrinsèque au niveau de la zone de prise du greffon ne soit pas négligeable et ait fait rechercher d'autres solutions [4, 11, 18, 23, 27, 29], les plus répandues reposant sur des substituts micro- ou macro-poreux, sensés reproduire au plus près la trabéculatation osseuse. Le mécanisme d'intériorisation de ce type d'implant a été étudié au niveau ultra-structural en microscopie électronique par l'équipe universitaire de Annaz [2] : le mécanisme de colonisation par les ostéoblastes se fait au moyens d'émission de pseudopodes au niveau des micropores des substances étudiées, l'adhésion progressive permettant la constitution secondaires de véritables ponts cellulaires, prémisses à l'ostéogenèse secondaire. Ce mécanisme semble pouvoir être retenu pour tous les types d'implants poreux étudiés.

L'utilisation d'implants en corail, initialement encensés pour leur excellent taux d'intégration, a rapidement fait la preuve de son manque de tenue au



FIG. 6. — Cas n° 2. Luxation partielle de l'implant à 6 semaines post-opératoire.

FIG. 6. — Case 2. Partial luxation of the cage 6 weeks after surgery.

long cours. Si Thalgott *et al.* [27] rapportent un taux d'intériorisation de 100 % sur 26 patients instrumentés en 1999 et un « contrôle de la douleur » estimé à 75,8 %, les faisant recommander l'emploi du corail comme substitut osseux, McConnell *et al.* [17], dans une étude prospective comparant les résultats du corail à celui des implants autologues, rapportait au contraire un taux de fragmentation des implants dans 89 % des cas (contre 11 % pour les greffons autologues), avec des déplacements secondaires dans 50 % des cas. Plus récemment, Agrillo *et al.* ont montré que l'utilisation commune du corail et de cage en polymère de carbone pouvait redonner un intérêt à ce type de substitut [1]. Les céramiques d'hydroxyapatite, tant d'origine bovine que synthétique, ont été également largement utilisées [15, 26]. Linhart *et al.* [15] ont récemment attiré l'attention sur la possibilité de dégradation des performances mécaniques de ce type de produit, parfois très à distance de leur pose. Enfin, les dérivés de l'acide lactique, présentant l'intérêt théorique d'une biorésorption plus ou moins totale de l'implant avec le temps [24], ne semblent avoir eu pour l'instant qu'une utilisation restreinte. Les cages en alumine poreuse cellulaire semblent être une solution alternative intéressante. Présentées avec une géométrie adaptée à l'anatomie humaine (figure 1), elles sont

dotées d'une pente antéro-postérieure s'opposant à un déplacement postérieur après leur pose, et respectant la lordose cervicale physiologique, quelle que soit la taille de l'implant choisi. Leur matériau constitutif est fabriqué à partir d'une suspension de particules d'alumine (diamètre moyen : 0,5 μm) dispersées de façon uniforme dans un milieu aqueux contenant des liants organiques. La suspension ainsi obtenue vient ensuite imprégner une structure polymère cellulaire, prédécoupée à la forme désirée. L'ensemble est séché en étuve, puis « délianté » par un traitement technique de pyrolyse adapté, permettant d'éliminer toute forme de substance organique (liants, dispersants, polymère cellulaire). L'implant est enfin densifié par frittage à haute température, ce qui permet d'obtenir les propriétés mécaniques souhaitées [7, 12, 28].

Le matériau fini présente une porosité ouverte et interconnectée de taille comprise entre 200 μm et 600 μm , très proche de la trabéculosité osseuse naturelle, et un volume poreux total de 60 % pour une résistance mécanique moyenne de 20 à 60 MPa, suivant les implants [7]. Il est, d'autre part, parfaitement inerte et exempt de toute forme de cytotoxicité, ce qui a pu être établi sur fibroblastes et macrophages murins [7]. On a ainsi un matériel qui se prête bien à ce que l'on peut attendre d'une alternative fiable à l'os autologue, sans avoir les inconvénients bien connus d'autres substituts, tant produits d'origine animale (corail, nacre, os bovin ou humain de banque) [4, 15, 17, 23, 27] que produits de synthèse (phosphocalciques, hydroxyapatites...) [29]. Il s'agit d'un matériau de pureté adaptée, à haute résistance mécanique, non résorbable et bio-inerte, offrant à l'os une structure favorisant sa repousse grâce à une porosité cellulaire ouverte contrôlée. Les parois des pores servent alors de guide pour les cellules osseuses et fibreuses en orientant leur prolifération : le tissu ne rencontre pas d'obstacle, ce qui favorise la néoformation, l'implant devenant ainsi partie intégrante de l'os [2, 7, 12]. L'excellente qualité d'intégration osseuse a pu être confirmée en vision directe lors des deux ré-interventions, ayant confirmé dans un cas l'intégration totale de l'implant et dans l'autre cas une amorce d'intégration, alors même que l'implant était partiellement luxé en avant et que sa mobilisation s'avérait très difficile, malgré l'utilisation d'un écarteur inter-somatique. La parfaite intégration constatée dans 58 des cas de pose d'implants inter-somatique, même à deux niveaux, plaide également dans ce sens, confirmé à distance par l'imagerie en résonance magnétique nucléaire, lorsqu'elle était réalisée, le plus souvent pour une autre cause qu'un simple suivi évolutif (*figure 7*).

Le taux de pseudarthrose semble augmenter avec le nombre de niveaux greffés [5, 25], et pouvoir être limité par l'adjonction d'une plaque d'os-



FIG. 7. — Contrôle IRM d'un patient, 2 ans après l'intervention.

FIG. 7. — MRI aspect, 2 years after surgery.

téosynthèse, qui a de plus l'intérêt de contribuer à la restitution d'une lordose cervicale correcte [21]. Aucun cas de pseudarthrose ne s'est vérifié dans notre courte série ; il est vrai, néanmoins, qu'aucun patient n'a bénéficié d'un geste à plus de deux étages (*figure 8*) utilisant ce type d'implant, et que ceux-ci étaient trop peu nombreux (10 cas) pour être vraiment démonstratifs.

La seule autre étude comparable disponible dans la littérature, utilisant le même type d'implant, est celle de Bové [6], portant sur l'évaluation de cales d'ostéotomie fémorale en chirurgie orthopédique. Elle porte sur 50 patients, suivi en moyenne 16 mois, les critères d'appréciation radiologique de fusion étant comparables aux nôtres, se basant essentiellement sur la disparition radiographique du liséré clair entourant l'implant. Radiologiquement, la fusion pouvait être affirmée à 6 mois dans 48 cas, les deux autres obtenant une fusion complète à 8 et 13 mois, ce qui recouvre nos propres résultats.

La forme donnée aux implants nous semble enfin un atout considérable en terme de gain de temps, un greffon osseux autologue nécessitant évidemment un temps de façonnage à la demande, augmentant le temps opératoire. Le temps moyen opératoire à un niveau dans notre série a été de 67 min, y compris dans les cas ayant néces-



FIG. 8. — Clichés de contrôle chez un patient ayant bénéficié d'un montage à 2 niveaux.

FIG. 8. — X-rays of a patient, showing two-levels disc removal and fusion.

sité la pose d'une plaque d'ostéosynthèse associée (55 % des cas). Notre expérience prouve que l'association à une plaque d'ostéosynthèse est loin d'être nécessaire de façon systématique avec l'utilisation de ce type d'implant, mais doit être décidée au cas par cas, notamment en cas de segment particulièrement mobile ou d'un manque de compliance prévisible du patient en post-opératoire : le port d'un collier de contention post-opératoire s'impose donc dans tous les cas, associé à une kinésithérapie adaptée à distance.

CONCLUSION

Un implant censé remplacer un greffon osseux autologue doit pouvoir répondre à un certain nombre d'impératif : il doit s'agir d'un produit inerte, non résorbable, permettant une réhabilitation osseuse de qualité, aboutissant à une consolidation osseuse mécaniquement durable. Ces caractéristiques nous semblent remplies par les implants en biocéramique en alumine poreuse cellulaire, que nous utilisons maintenant depuis plus de 5 ans en pratique quotidienne. Ces résultats recouvrent parfaitement ceux rapportés par d'autres auteurs en chirurgie orthopédique non rachidienne.

RÉFÉRENCES

- [1] AGRILLO U, MASTRONARDI L, PUZZILI F. Anterior cervical fusion with carbon fiber cages containing coralline hydroxyapatite : preliminary observations in 45 consecutive cases of soft-disc herniation. *J Neurosurg Spine* 2002 ; 96 : 273-276.
- [2] ANNAZ B, HING KA, KAYSER M, BUCKLAND T, DI SILVIO L. Porosity variation in hydroxyapatite and osteoblast morphology: a scanning electron microscopy study. *J Microsc* 2004 ; 215 (Pt 1) : 100-110.
- [3] BAILEY RW, BADGLEY CE. Stabilization of the cervical spine by anterior fusion. *J Bone Joint Surg (Am)* 1960 ; 42 : 565-594.
- [4] BANWART JC, ASHER MA, HASSANEIN RS. Iliac crest bone harvest donor site morbidity. A statistical evaluation. *Spine* 1995 ; 20 : 1055-1060.
- [5] BOHLMAN HH, EMERY SE, GOODFELLOW DB, et al. Robinson anterior cervical discectomy and arthrodesis for cervical radiculopathy. Long-term follow-up of one hundred and twenty-two patients. *J Bone Joint Surg (Am)* 1993 ; 75 : 1298-1307.
- [6] BOVE JC. Utilisation d'une cale en céramique d'alumine poreuse dans l'ostéotomie tibiale de valgisation par ouverture interne : 50 cas avec un recul moyen de 16 mois. *Rev Chir Orthop Reparatr Appar Mot* 2002 ; 88 : 480-485.
- [7] CERDAN M, CHARTIER T, DELAGE C, PAEZ C. Nouvelles biocéramiques en orthopédie. *Maîtrise Orthop* 1999 ; 89 : 10-16.
- [8] CLOWARD RB. The anterior approach for removal of ruptured disc. *J Neurosurg* 1958 ; 15 : 602-617.
- [9] DEREYMAEKER A, MULIER J. Nouvelle cure chirurgicale des discopathies cervicales. La ménisectomie par voie ventrale, suivie d'arthrodèse par greffe inter-corporeale. *Neurochirurgie* 1956 ; 2 : 233-234.
- [10] GORE DR, SEPIC SB. Anterior cervical fusion for degenerated or protruded discs. A review of one hundred forty-six patients. *Spine* 1984 ; 9 : 667-671.
- [11] HACKER JH. A randomized prospective study of an anterior cervical interbody fusion device with a minimum of 2 years of follow-up results. *J Neurosurg (Spine)* 2000 ; 93 : 222-226.
- [12] HENCH LL. Bioceramics. *J Am Ceram Soc* 1998 ; 81 : 1705-1728.
- [13] HUSKINSSON EC. Measurement of pain. *Lancet* 1974 ; 9 : 1127-1131.
- [14] KATSURA A, HAKUDA S, IMANAKA T, et al. Anterior cervical plate used in degenerative disease can maintain cervical lordosis. *J Spinal Disord* 1996 ; 9 : 470-476.
- [15] LINHART W, BRIEM D, AMLING M, RUEGER JM, WINDOLF J. [Mechanical failure of porous hydroxyapatite ceramics 7,5 years after implantation in the proximal tibia] (article en allemand). *Unfall Chirug* 2004 ; 107 : 154-157.
- [16] LUNSFORD LD, BISSONETTE DJ, JANETTA PJ, et al. Anterior surgery for cervical disc disease. Part 1- Treatment of lateral cervical disc herniation in 253 cases. *J Neurosurg* 1980 ; 53 : 1-11.
- [17] MCCONNELL JR, FREEMAN BJ, DEBNATH UK, GREVITTM P, PRINCE HG, WEBB JK. A prospective randomized comparison of coralline hydroxyapatite with autograft in cervical interbody fusion. *Spine* 2003 ; 28 : 317-323.
- [18] MUSCHELER GF, LANE JM, DAWSON EG. The biology of spinal fusion. In : COTLER MJ, COTLER HB, eds. Spi-

- nal fusion. Science and technique. New York : Springer Verlag, 1990 : 9-21.
- [19] NOHRA G, ABI LAHOUD G, JABBOUR P, SALLOUM C, RIZK T, SAMAHA E, *et al.* Discectomie cervicale antérieure avec ou sans greffe dans les conflits radiculaires. Résultats à long terme. *Neurochirurgie* 2003 ; 49 : 571-578.
- [20] PROLO DJ, OKLUND SA, BUTCHER M. Toward uniformity in evaluating results of lumbar spine operations: a paradigm applied to interbody fusions. *Spine* 1986 ; 11 : 601-606.
- [21] ROBINSON RA, SMITH GW. Anterolateral cervical disc removal and interbody fusion for cervical disc syndrome. *Bull Johns Hopkins Hosp* 1955 ; 96 : 223-224.
- [22] SAVOLAINEN S, RINNE J, HERNESNIEMI J. A prospective randomized study of anterior single-level cervical disc operation with long-term follow-up: surgical fusion is unnecessary. *Neurosurgery* 1998 ; 43 : 51-55.
- [23] SAWIN PD, TRAYNELIS VC, MENEZES AH. A comparative analysis of fusion rates and donor-site morbidity for autogeneic rib and iliac crest bone grafts in posterior cervical fusions. *J Neurosurg* 1998 ; 88 : 255-265.
- [24] SHIKINAMI Y, OKUNO M. Mechanical evaluation of novel spinal interbody fusion cages made of bioactive, resorbable composites. *Biomaterials* 2003 ; 24 : 3161-3170.
- [25] STAUFFER ES, KELLY EG. Fracture-dislocations of the cervical spine. Instability and recurrent deformity following treatment by anterior interbody fusion. *J Bone Joint Surg (Am)* 1977 ; 59 : 45-48.
- [26] SUETSUNA F, YOKOYAMA T, KENUKA E, HARATA S. Anterior cervical fusion using porous hydroxyapatite ceramics for cervical disc herniation. A two-year follow-up. *Spine J* 2001 ; 1 : 348-357.
- [27] THALGOTT JS, FRITTS K, GIUFFRE JM. Anterior interbody fusion of the cervical spine with coralline hydroxyapatite. *Spine* 1999 ; 24 : 1295-1299.
- [28] WHITE EW, WEBBER JN, ROY DM, OWEN EL, CHIROFF RT, WHITE RA. Replamineform porous biomaterials for hard tissue implants applications. *J Biomed Mater Res Symp* 1975 ; 6 : 23-27.
- [29] WHITEHILL R, BARRY JC. The evolution of stability in cervical spine constructs using either autogenous bone graft or methylmethacrylate cement. A follow-up report on a canine model. *Spine* 1985 ; 10 : 32-41.
- [30] ZDEBLICK TA, BOHLMAN HH. Cervical kyphosis and myelopathy. Treatment by anterior corpectomy and strut-grafting. *J Bone Joint Surg (Am)* 1989 ; 71 : 170-182.