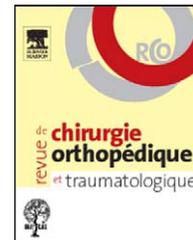




Disponible en ligne sur  
 ScienceDirect  
www.sciencedirect.com

Elsevier Masson France  
  
www.em-consulte.com



## NOTE DE TECHNIQUE

# Cal vicieux post-traumatique du radius distal traité par autogreffe cartilagineuse : note technique à propos de sept cas<sup>☆</sup>

*Post-traumatic malunion of the distal radius treated with autologous costal cartilage graft: A technical note on seven cases*

L. Obert\*, D. Lepage, P. Sergent,  
S. Rochet, D. Gallinet, Y. Tropet, P. Garbuio

EA 4268, IFR 133 Inserm, service d'orthopédie, de traumatologie, de chirurgie plastique et reconstructrice et assistance main, CHU Jean-Minjoz, université de Franche-Comté, boulevard Fleming, 25000 Besançon, France

Acceptation définitive le : 24 février 2011

### MOTS CLÉS

Cal vicieux  
articulaire ;  
Fracture du radius  
distal ;  
Greffe cartilagineuse  
costale

**Résumé** Les auteurs rapportent sept cas de cals vicieux articulaires du radius distal traités par greffe ostéocartilagineuse costale et revus avec un recul minimum de deux ans. Le défaut ostéocartilagineux post-traumatique était dorsal dans trois cas et palmaire dans les autres cas. La voie d'abord dépendait de la localisation principale du défaut. Un greffon ostéocartilagineux prélevé aux dépens de la huitième côte était positionné au niveau d'une tranchée épiphysio-métaphysaire emportant la zone de destruction articulaire du radius. Le greffon était fixé par broche et/ou plaque. La récupération fonctionnelle et l'antalgie procurée permettent de proposer cette technique évitant l'arthrodèse partielle ou totale. Un cas est considéré comme un échec. Aucune complication n'a été notée. La consolidation et la viabilité du greffon ont été analysées grâce à l'IRM et des biopsies. Au plus grand recul, les résultats sont excellents chez le premier patient le plus jeune, où la mobilité et la fonction sont similaires au côté controlatéral. Dans les autres cas, il existe une absence de douleurs dans les activités de la vie quotidienne avec un score fonctionnel du poignet égal à 72/100 (54–82) et un score de DASH

DOI de l'article original : [10.1016/j.otsr.2011.02.010](https://doi.org/10.1016/j.otsr.2011.02.010).

<sup>☆</sup> Ne pas utiliser, pour citation, la référence française de cet article, mais celle de l'article original paru dans *Orthopaedics & Traumatology: Surgery & Research*, en utilisant le DOI ci-dessus.

\* Auteur correspondant.

Adresse e-mail : [lobert@chu-besancon.fr](mailto:lobert@chu-besancon.fr) (L. Obert).

égal à 38,3 (22,5–51,7). Seul le cas de greffe pour reprise septique présente un mauvais résultat. La reconstruction d'une partie de la surface articulaire par un greffon cartilagineux costal est possible et permet une resurfaçage en comblant un défaut ostéocartilagineux. Si le greffon cartilagineux est couramment utilisé en chirurgie maxillofaciale, nous rapportons la première série l'utilisant dans l'arthrose post-traumatique du radius distal.

*Niveau de preuve.* – Niveau IV.

© 2011 Elsevier Masson SAS. Tous droits réservés.

## Introduction

En cas de fracture du radius distal, la réduction et la fixation anatomique permettent une reconstruction optimale de l'épiphyse radiale corrélée à la fonction chez les patients à haute demande. En cas de cals vicieux extra-articulaires, la prise en charge est bien codifiée (analyse et traitement des déformations dans les trois plans) même si l'atteinte de l'articulation radio-ulnaire distale fixe le pronostic [1–4]. En revanche, en cas de cals vicieux intra-articulaires, plus rares, les solutions restent caricaturales et consistent le plus souvent en une arthrodèse partielle ou totale. En effet en cas de plaintes fonctionnelles (douleur, raideur), les solutions thérapeutiques demeurent caricaturales puisque la disparition des douleurs se fait au prix de la disparition de la mobilité. Nous rapportons la première série de patients (sept cas) présentant une destruction partielle de la surface articulaire du radius traitée par autogreffe chondrocostale.

## Patients et méthodes

### Patients

Sept patients présentant une destruction articulaire symptomatique du radius distal ont été inclus dans ce travail prospectif : cinq avaient présenté une fracture à haute énergie articulaire classée E4 dans la classification MEC de Lulan [5], et C dans la classification de l'AO (Tableau 1). Ces fractures réduites en urgence avaient été suivies d'une évolution arthrosique rapide à cause de défaut ostéocartilagineux. Un patient présentait une arthrose plusieurs années après un traumatisme sans fracture du radius distal et une patiente une destruction scaphoradiale probablement septique dans les suites d'une chirurgie du scaphoïde. Dans les cinq cas fracturaires, il existait une erreur de prise en charge en urgence dans trois cas (luxation non réduite dans un cas, impaction articulaire non réduite dans deux cas). Dans tous les cas, la plainte était triple : douleur modérée mais continue (EVA moyenne à 5 [2–8]), perte fonctionnelle en flexion extension (volant de flexion extension moyen égal à 44° [20–70]), soit 44 % du côté controlatéral) et perte de la force de la poigne mesurée au Jamar (15 Kgf [4–24]). La pronosupination était toujours conservée. La perte de substance cartilagineuse évaluée dans tous les cas sur des coupes scannographiques occupait la partie postérieure et postérocentrale dans trois cas. Seule une désaxation du carpe était visible chez la plus jeune des patientes mais qui correspondait à une incarceration d'un fragment capsulaire et de ligaments extrinsèques. Tous les patients ont été revus par un opérateur indépendant et évalués fonctionnellement (amplitude en flexion extension, force de la poigne, DASH).

Une imagerie par radiographie et IRM était réalisée à six mois afin de visualiser la surface articulaire reconstruite. Lors de l'ablation du matériel, une biopsie à l'aiguille de la greffe de cartilage était réalisée afin d'évaluer sa viabilité.

## Technique opératoire

### Premier temps

Aucun des patients n'a été pris en charge en ambulatoire. Sous anesthésie locorégionale puis générale au moment du prélèvement du greffon, le radius était abordé du côté des lésions avec une voie dorsale dans le troisième compartiment ou une voie de Henry. La capsule articulaire était ouverte en Z en cas de voie dorsale. La zone de destruction articulaire de l'épiphyse radiale était réséquée grâce à la création d'une tranchée épiphysométaphysaire.

### Deuxième temps : prélèvement du greffon costal

Par une incision horizontale, l'extrémité antérieure cartilagineuse de la septième, huitième ou neuvième côte est exposée (Fig. 1). On repère aisément, en raison de la différence de couleur, la jonction ostéochondrale qui se projette 1 cm médialement par rapport à la ligne mamelon-épine iliaque antérieure [5]. La face profonde de la côte choisie est ruginée prudemment en extrapleurale. Le greffon est prélevé au bistouri froid. Le prélèvement costal est extrapérichondral. Si la côte est suffisamment large, le greffon peut être prélevé sans interrompre la continuité costale. En fin de prélèvement et en collaboration avec les anesthésistes, une insufflation en pression positive permet de vérifier l'intégrité pleurale. Un surjet intradermique fermait la voie d'abord, sur un drain de redon après fermeture des muscles intercostaux et du tissu cellulaire sous-cutané.

### Troisième temps : interposition de l'autogreffe cartilagineuse

Le greffon est remodelé aisément au bistouri froid aux dimensions de la cavité correspondant à la zone de l'épiphyse radiale à reconstruire, la partie osseuse plus « rouge » en proximal et la partie cartilagineuse plus « blanche » au contact du lunatum (Fig. 2–4). Le greffon est ensuite fixé à l'aide de broches de Kirchner, de vis canulées ou de plaque d'ostéosynthèse en alliage de titane fine malléable terminant le montage. La peau était suturée par un surjet intradermique. Après deux jours de pansement compressif, une immobilisation (plâtre antébrachio-palmar en position de fonction de la main et laissant libre la colonne du pouce, laissant libre l'articulation interphalangienne) est mise en place pour une durée de 90 jours chez le patient n° 1 et de 21 jours chez les autres patients. Lors de l'ablation du matériel, une biopsie à l'aiguille de la greffe de cartilage était réalisée afin d'évaluer sa viabilité.

**Tableau 1** Les lésions et la fonction en préopératoire.

	Lésion initiale	Traitement initial	Type de cal vicieux Perte de substance	Plaintes	Volant F/E	Force de la poigne (jamar) (Kgf)
Homme (22 ans)	Fracture articulaire complexe Poignet dominant	Réduction + plâtre	Luxation irréductible Défaut dorsal	Raideur Douleur EVA : 7	20° 12%	22
Homme (53 ans)	Fracture intra-articulaire Poignet dominant	FE seul Puis FE + broches Lésion articulaire négligée	Cal vicieux extra- et intra-articulaire Défaut dorsal	Douleur EVA : 4 Raideur	38° 27%	16
Homme (48 ans)	Fracture extra- et intra-articulaire Poignet dominant	Broches Lésion articulaire négligée	Cal vicieux intra-articulaire Défaut dorsal et central	Douleur EVA : 4 Raideur	42° 39%	24
Homme (74 ans)	Traumatisme négligé ancien	Immobilisation plâtrée	Arthrose post-traumatique radiolunaire et radio-ulnaire	Raideur Douleur EVA : 8	38° 32%	10
Femme (18 ans)	Fracture articulaire Poignet non dominant	Brochage extrafocal	Cal vicieux intra-articulaire Défaut articulaire dorsal Incarcération ligament lunotriquétral	Raideur Douleur EVA : 4	40° 36%	14
Femme (31 ans)	Fracture articulaire Poignet non dominant	Brochage intra- et extrafocal	Abrasion de la partie palmaire du cartilage Défaut palmaire	Raideur Douleur EVA : 7	70 50%	16
Femme (38 ans)	Pseudarthrose du scaphoïde Poignet non dominant	Ostéosynthèse Possible sepsis du scaphoïde	Destruction du scaphoïde et du radius	Douleur EVA : 6	60 42%	4

## Résultats

Tous les patients ont été suivis de façon prospective à un mois, 1,5 mois, trois mois, six mois puis tous les ans et revus avec un recul moyen de 26 mois (6–40) (Tableau 2, Fig. 5–7). Un cas est considéré comme un échec au vu des plus mauvais résultats observés. Il s'agit de la patiente présentant un problème périscaphoïdien probablement septique pour lequel la résection du scaphoïde restant associée à la reconstruction de la surface articulaire du radius en regard du lunatum, où le défaut osseux a été sous-estimé, n'a pas suffi à redonner l'indolence. La diminution de la douleur est constante avec une EVA moyenne à 2,5 (0–4) et va de pair avec une amélioration fonctionnelle : amé-

lioration du volant de flexion extension à 102° (64–155) (69%), avec augmentation de la force de la poigne à 70% du côté controlatéral (27 kgf [12–48]). Le score du DASH atteint 18,3 (7,5–52,5). Les résultats sont meilleurs chez le patient n° 1, plus jeune, et présentant une laxité constitutionnelle expliquant les résultats quasiment comparables au côté controlatéral. Par ailleurs dans le cas du patient n° 2, il existait une composante extra-articulaire qui a nécessité une cure dans le même temps. Les biopsies qui ont été réalisées lors de l'ablation du matériel dans la zone osseuse et cartilagineuse, ont montré dans les deux cas un cartilage et un os viable. Les radiographies et les IRM au plus grand recul ne montrent pas de nécrose osseuse sur le versant osseux ou de métaplasie osseuse sur le versant cartilagi-

**Tableau 2** Résultats postopératoire.

Patients	Procédure opératoire	Recul	Douleur	Volant	Force de la poigne	DASH	Reprise travail
Délai préopératoire		(mois)		F/E			
Homme (22 ans 6 mois)	Greffon costal + plaque dorsale	42	Douleur barométrique EVA : 2	155° 97%	48 Kgf 82 %	8,3	Reprise à 6 mois. Pas de limitation des activités Manuel de force
Homme (53 ans 12 mois)	Cure du cal extra- (ostéotomie) et intragreffon costal + plaque dorsale	36	Douleur barométrique EVA : 4	96° 69%	36 Kgf 73 %	21,7	6 mois Puis retraite anticipée
Homme (48 ans 24 mois)	Cure du cal extra- et greffon costal + plaque palmaire	24	Douleur barométrique EVA : 4	96° 74%	40 Kgf 62 %	21,7	Poste aménagé
Homme (74 ans 36 mois)	Résection tête ulnaire + costal avec plaque palmaire	24	Douleur barométrique EVA : 2	68° 54%	22 KgF 68 %	7,5	Retraité
Femme (18 ans 6 mois)	Greffon costal + plaque palmaire	6	Douleur barométrique EVA : 2	98° 67%	18 Kgf 60 %	8,3	Reprise à 6 mois
Femme (31 ans 13 mois)	Greffon costal + plaque palmaire	36	EVA = 0	140° 87%	18 Kgf 92 %	8,3	Reprise à 5 mois
Femme (38 ans 6 mois)	Greffon costal + vis dorsale + résection scaphoïde	24	EVA = 4	64° 45%	12 Kgf 40 %	52,5	N'a pas repris

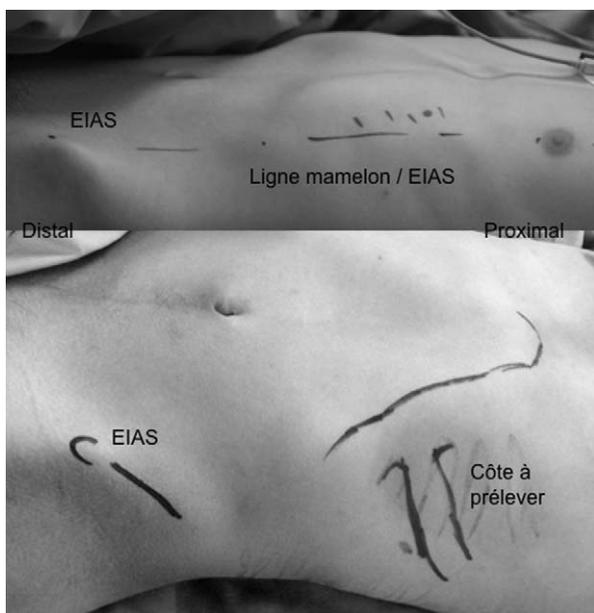
neux. Aucune complication pleuropulmonaire n'a été notée en peropératoire. Aucune complication au site donneur n'a été rapportée, même chez les trois femmes où la cicatrice était sous-mammaire.

## Discussion

### Quels traitements possibles en cas de cals vicieux articulaires ?

En cas de cals vicieux intra-articulaires du radius, l'arthrodèse radiolunaire a été rapportée par Saffar [6] chez 11 patients avec une diminution des douleurs autour du quatrième mois, un volant de flexion extension moyen égal à 72° et une force de la poigne égale à 57% du côté controlatéral. Un an plus tôt, Foucher avait rapporté une technique permettant d'éviter la perte de mobilité grâce à la technique du Die Punch [7]. Nagy et Buchler [8] rapportaient chez 17 patients les résultats d'arthrodèse radioscapulu-

naire mais ils soulignaient les moins bons résultats des patients ayant été multi-opérés avant l'arthrodèse. Ils soulignaient la bonne tolérance de l'arthrose médiocarpienne et la relation des mauvais résultats avec des erreurs techniques ou des complications. Afin de diminuer le nombre d'intervention avant l'arthrodèse, synonymes de mauvais résultats, Freeland et al. [9] ont rapporté les résultats de l'arthrodèse en urgence (arthrodèse radiocarpienne associée à la résection de la première rangée) devant une fracture non reconstructible du radius distal. Ils avaient rapporté quatre ans auparavant la mise en place en urgence d'implant de Swanson au niveau du poignet dans les mêmes circonstances [10]. L'arthrodèse radiocarpienne demeure une solution classique, au vu de la littérature, du cal vicieux articulaire du radius distal. Même si dans plusieurs séries d'arthrodèses [11, 12], il n'y a pas que des cals vicieux articulaires, les conclusions sont univoques : bien que les patients feraient de nouveau l'intervention, 80% d'entre eux sont gênés dans leur vie quotidienne [12], et le reclassement peut être problématique en cas de manuel de force [12].



**Figure 1** En haut : vue clinique en décubitus dorsal, le rebord antérieur des côtes est dessiné ainsi que l'épine iliaque antérieure (EIAS) ; c'est sur la ligne ou un peu en médial de la ligne mamelon/EIAS que la jonction os-cartilage de la côte se projette en général. En bas : vue clinique en décubitus dorsal, le rebord antérieur des côtes est dessiné ainsi que l'EIAS ; le greffon dessiné est prélevé sur une des dernières côtes.

Plus récemment et en cas de lésion minime de la surface articulaire, Hoel a rapporté une technique dans deux cas de déplissement de l'os sous-chondral avec une amélioration des symptômes [13]. Enfin Gobel et al. ont rapporté leur expérience et l'apport de l'arthroscopie dans la reconstruction de cals vicieux encore modelables [14]. Enfin, la prothèse totale peut être aussi discutée si le défaut ostéo-

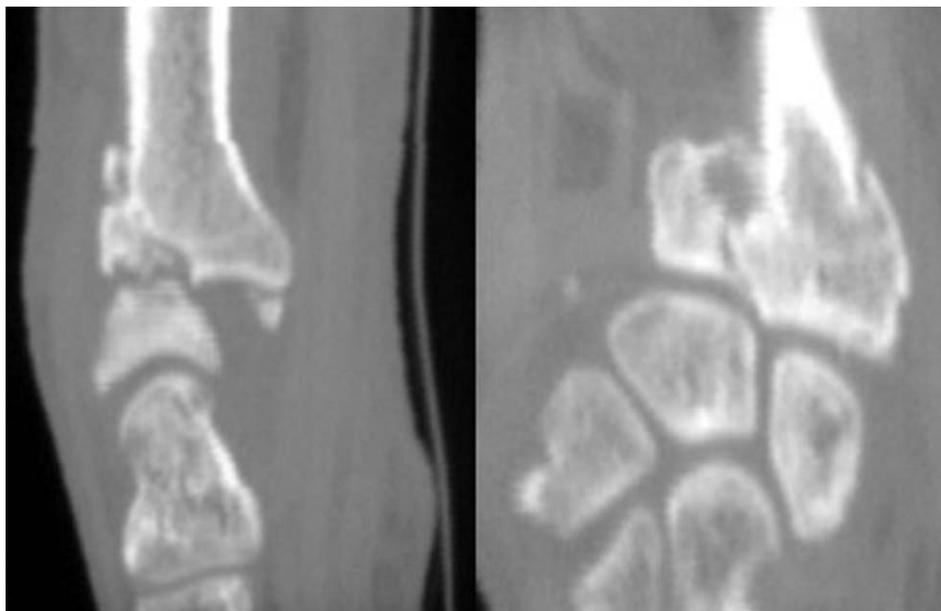


**Figure 3** Aspect peropératoire d'un greffon costal prélevé au niveau de la jonction os-cartilage ; à gauche, le cartilage est plus clair et repérable car plus mou.

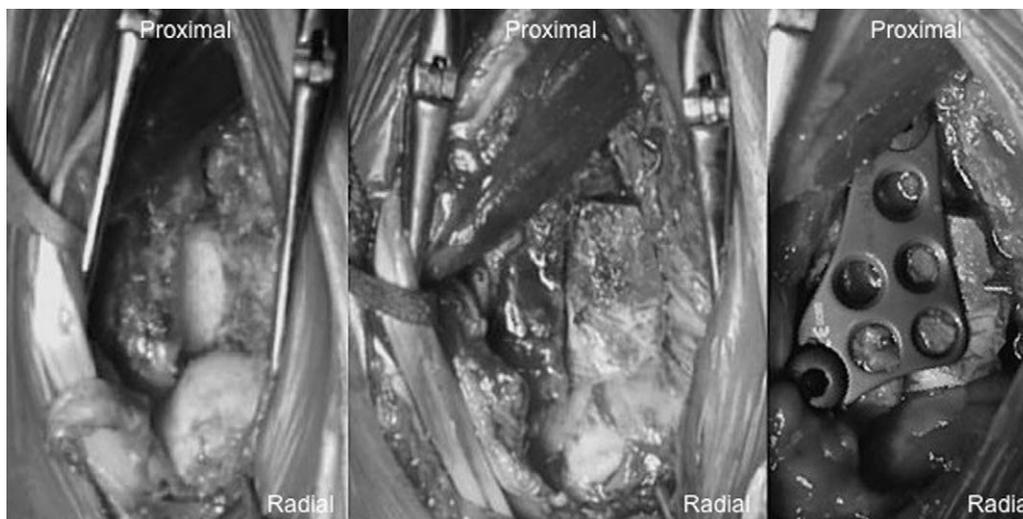
cartilagineux est important et l'arthrose évoluée chez un patient non manuel de force aux exigences de mobilité. La dénervation seule ou associée aux procédés cités plus haut étant toujours possible.

### La greffe de cartilage

Le cartilage costal fait partie de l'arsenal thérapeutique classique en chirurgie maxillofaciale pour reconstruire la conque [15] ou le condyle mandibulaire chez l'adulte comme chez l'enfant [16,17] à partir du prélèvement de la jonction ostéocartilagineuse des cinquièmes ou sixièmes côtes. La greffe libre de cartilage costal n'a jamais été rapportée



**Figure 2** Coupe scannographique sagittale et frontale six mois après une fracture à haute énergie, la fracture montrant une subluxation fixée (patient 1, homme 22 ans).

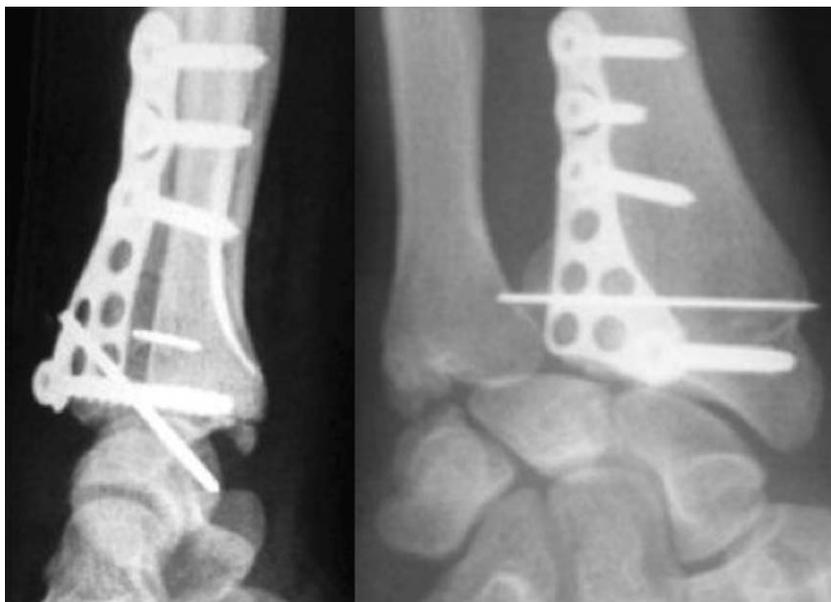


**Figure 4** Aspect peropératoire (patient 1, homme 22 ans). À gauche, le défaut créé par l'exérèse de la zone subluxée et détruite du radius distal, au milieu le greffon chondrocostal est en place après réduction de la subluxation (la partie osseuse proximale est plus foncée); à droite fixation par plaque.

comme solution potentielle dans les cals vicieux articulaires du radius distal.

Dans notre expérience, la greffe chondrocostale est une solution thérapeutique classique dans la rhyarthrose [18]. Par la suite Trumble et al. [19] ont publié une technique et des résultats comparables aux nôtres. Nous utilisons aussi le greffon cartilagineux dans les pseudarthroses du scaphoïde avec arthrose et nécrose du pôle proximal avec des résultats fonctionnels préservant une mobilité supérieure, dans notre expérience, aux arthrodèses partielles ou à la résection de la première rangée [20]. Dans les nécroses du pôle proximal, Sandow rapporte les mêmes résultats sur la douleur et sur la fonction [21]. Svensson et al. [22] ont pu étudier la provenance de la vascularisation et ainsi expli-

quer la survie du greffon et son intégration constante. Pour le versant osseux, la vascularisation vient de l'os receveur et pour le cartilage elle provient des parties molles et de l'environnement articulaire par imbibition. La cinétique d'apparition de la vascularisation est plus rapide du côté cartilagineux [22]. Il est possible d'observer une métaplasie osseuse au niveau du versant cartilagineux du greffon bien visible sur des clichés simples. En effet le cartilage costal contenant du cartilage hyalin qui a les caractéristiques d'une plaque épiphysaire [23,24]. Cela n'a jamais été le cas dans ce petit groupe de patients. Les séquelles au site donneur sont rares (trois brèches pleurales pour 186 prélèvements réalisés dans l'équipe) dont un seulement a dû nécessiter un drainage. Au niveau du site donneur, les



**Figure 5** Aspect postopératoire avant (radio de profil) et après (radio de face) l'ablation de la broche radiocarpienne d'arthrodèse temporaire radiocarpienne.



Figure 6 Aspect radiographique et IRM à deux ans : le greffon est viable sans métaplasie.

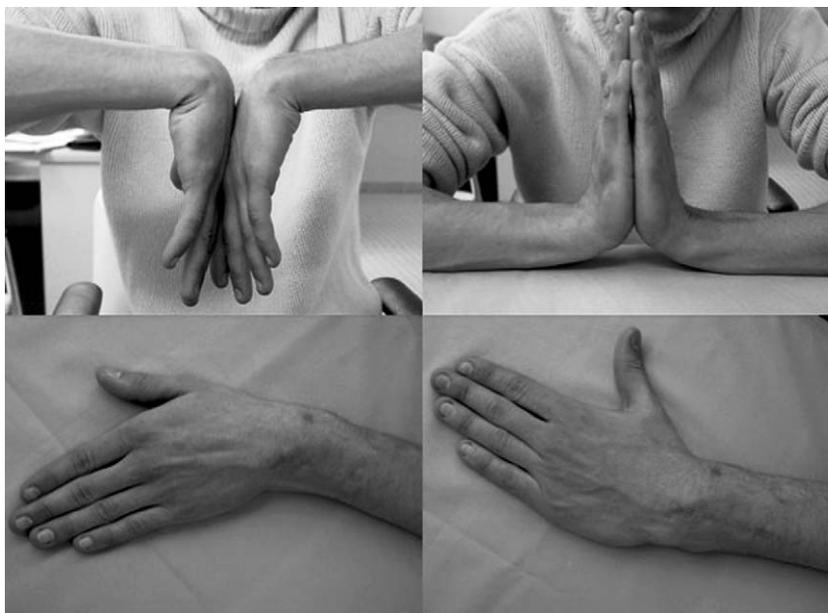


Figure 7 Fonction du poignet à trois ans de recul.

patients considèrent qu'il s'agit d'une gêne plus qu'une douleur. Cette gêne fut signalée par un patient sur deux pour une durée de deux à trois mois. Cette conséquence peut être amendée par un prélèvement sans interruption de la continuité costale. La durée de séjour n'était pas affectée par le prélèvement.

## Conclusion

La reconstruction par greffon chondrocostal est simple (adaptation au défaut, fixation), transmissible et fiable. Elle permet un resurfaçage en cas de cal vicieux articulaire avec destruction cartilagineuse ou sans possibilité de réduction de l'impaction articulaire. Les arthrodèses partielles ou totales sont des solutions classiques mais leurs résul-

tats fonctionnels sont mal prévisibles en cas de poignets douloureux et multi-opérés. L'absence d'autres solutions conservatrices pour reconstruire une surface articulaire détruite est le principal argument justifiant cette technique opératoire non rapportée jusqu'alors. Cette technique ne peut s'adresser qu'à une destruction incomplète de la surface articulaire, ce qui est souvent le cas. Le meilleur traitement demeure une prise en charge rigoureuse des fractures articulaires du radius distal chez le patient aux besoins fonctionnels élevés.

## Déclaration d'intérêt

Les auteurs déclarent ne pas avoir de conflits d'intérêts en relation avec cette article.

## Références

- [1] Dautel G. Cals vicieux extra-articulaires de l'extrémité inférieure du radius. In: Conférences d'enseignement du GEM. Paris: Expansion Scientifique française; 1996. p. 59–74.
- [2] Voche P, Merle M, Dautel G. Les cals vicieux extra-articulaires du radius distal : évaluation et techniques de correction. *Rev Chir Orthop* 2001;87:263–75.
- [3] Fernandez DL, Jupiter JB. Malunion of the distal end of the radius. In: Fernandez DL, Jupiter JB, editors. *Fractures of the distal radius*. Berlin: Springer Verlag; 1992. p. 264–315.
- [4] Sennwald G, Fisher W, Stähelin A. Le cal vicieux du radius distal et son traitement. À propos de 122 radius. *Int Orthop* 1992;16:45–51.
- [5] Laulan J, Bismuth JP, Clément P, Garaud P. Classification analytique des fractures de l'extrémité distale du radius: la classification «MEU». *Chir Main* 2007;26:293–9.
- [6] Saffar P. Radio lunate arthrodesis for distal radial intraarticular malunion. *J Hand Surg* 1996;21B:14–20.
- [7] Foucher G. L'intervention du Die Punch dans les séquelles des fractures articulaires du radius distal. *Ann Chir Main Memb Super* 1995;14:100–2.
- [8] Nagy L, Buchler U. Long-term results of radioscapholunate fusion following fractures of the distal radius. *J Hand Surg* 1997;22B:705–10.
- [9] Freeland AE, Sud V, Jemison DM. Early wrist arthrodesis for irreparable intra articular distal radial fractures. *Hand Surg* 2000;5:113–8.
- [10] Terral TG, Freeland AE. Early salvage reconstruction of severe distal radius fractures. *Clin Orthop* 1996;327:147–51.
- [11] Gaisne E, Dap F, Bour C, Merle M. Arthrodesis of the wrist in manual workers. Apropos of 36 cases. *Rev Chir Orthop* 1991;77:537–44.
- [12] Sauerbier M, Kluge S, Bickert B, Germann G. Subjective and objective outcomes after total wrist arthrodesis in patients with radiocarpal arthrosis or Kienbock's disease. *Chir Main* 2000;19:223–31.
- [13] Hoel G. Ostéotomie trans-épiphysaire de la glène radiale dans les cals vicieux articulaires : à propos de deux cas. In: Dubrana F, Lefevre C, Le Nen D, editors. *Trucs et astuces en chirurgie orthopédique et traumatologique*, tome 3. Montpellier: Sauramps Médical; 2004. p. 35–49.
- [14] Gobel F, Vardakas DG, Riano F, Vogt MT, Sarris I, Sotereanos DG. Arthroscopically assisted intra-articular corrective osteotomy of a malunion of the distal radius. *Am J Orthop* 2004;33:275–7.
- [15] Brent B. Articular repair with autogenous rib cartilage grafts: two decades of experience with 600 cases. *Plast Reconstr Surg* 1992;90:355–74.
- [16] Lindqvist C, Pihakari A, Tasanen A, Hampf G. Autogenous costochondral grafts in temporomandibular joint arthroplasty. A survey of 66 arthroplasties in 60 patients. *J Maxillofac Surg* 1986;14:143–9.
- [17] MacIntosh RB, Henny FA. A spectrum of application of autogenous costochondral grafts. *J Maxillofac Surg* 1977;5:257–67.
- [18] Tropet Y, Lepage D, Gallinet D, Obert L, Garbuio P, Vichard P. Reconstruction articulaire par greffon costal ostéocondral. *Bull Acad Natl Med* 2006;190:1439–56 [1456–7, 1475–7].
- [19] Trumble TE, Rafijah G, Gilbert M, Allan CH, et al. Thumb trapeziometacarpal joint arthritis: partial trapeziectomy with ligament reconstruction and interposition costochondral allograft. *J Hand Surg* 2000;25A:61–76.
- [20] Lepage D, Obert L, Clappaz P, Hampel C, Garbuio P, Tropet Y. Traitement de l'arthrose radioscaphoïdienne par résection proximale du scaphoïde et autogreffe ostéocartilagineuse costale. *Rev Chir Orthop* 2005;91:307–13.
- [21] Sandow MJ. Proximal scaphoid costo osteochondral replacement arthroplasty. *J Hand Surg* 1998;23B:201–8.
- [22] Svensson B, Adell R, Johansson C, Albrektsson T, Holm S. Revascularisation of costochondral grafts: an experimental study in domestic pigs. *Scand J Plast Reconstr Hand Surg* 2001;35:247–59.
- [23] Poswillo DE. Biological reconstruction of the mandibular condyle. *Br J Oral Maxillofac Surg* 1987;25:100–4.
- [24] Robertson WW. Newest knowledge of the growth plate. *Clin Orthop* 1990;253:270–8.