

# Évaluation de la guérison postopératoire de la coiffe des rotateurs : Comparaison prospective de l'IRM et de l'échographie

P. Collin <sup>a,\*</sup>, M. Yoshida <sup>a,b</sup>, A. Delarue <sup>c</sup>, C. Lucas <sup>a</sup>, T. Jossaume <sup>a</sup>, A. Lädermann <sup>d,e,f</sup>, la

Société française des épaules et des coudes (SOFEC)<sup>g</sup>

<sup>a</sup> Centre Hospitalier Privé Saint-Grégoire, boulevard Boutière 6, 35768 Saint-Grégoire cedex, France

<sup>b</sup> Nagoya City University Graduate School of Medical Science, Nagoya, Japan

<sup>c</sup> Service de kinésithérapie, Unité de Réadaptation Fonctionnelle en Milieu Professionnel Le Patis Fraux, 35770 Vern-sur-Seiche, France

<sup>d</sup> Service de chirurgie orthopédique et traumatologie de l'appareil moteur, Hôpitaux Universitaires de Genève, rue Gabrielle-Perret-Gentil 4, 1211 Geneva 14, Switzerland

<sup>e</sup> Faculté de médecine, Université de Genève, rue Michel-Servet 1, 1211 Geneva 4, Switzerland

<sup>f</sup> Service de chirurgie orthopédique et traumatologie de l'appareil moteur, Hôpital de La Tour, rue J.-D.-Maillard 3, 1217 Meyrin, Switzerland

<sup>g</sup> 56, rue Boissonade, 75014 Paris, France

## article info

Historique des articles :

Reçu le 16 mai 2015

Accepté le 16 juin 2015

Mots-clés :

Réparation de la coiffe des rotateurs

Guérison des tendons

Re-rupture

Ultrasonographie

Imagerie par résonance magnétique (IRM)

Résultats radiologiques

## abstract

**Contexte :** L'objectif de cette étude comparative prospective dans un seul centre était de comparer les taux de guérison de la coiffe des rotateurs après une opération, tels qu'ils sont évalués par l'imagerie par résonance magnétique (IRM) et l'échographie (US).

**Matériel et méthodes :** Entre octobre 2012 et février 2013, 61 patients ont subi une réparation arthroscopique de déchirures de la coiffe des rotateurs postéro-supérieurs. Chaque patient a subi une IRM et une visite aux États-Unis six mois plus tard. Les résultats ont été évalués de manière indépendante par deux observateurs. Nous avons comparé les niveaux de concordance intra-observateur et inter-observateur concernant les taux de guérison évalués par l'IRM et les États-Unis.

**Résultats :** L'accord intra-observateur concernant l'interprétation de l'IRM était de 95% (coefficient, 0,83) pour un observateur et de 98% (coefficient, 0,94) pour l'autre. Les valeurs de l'accord inter-observateurs s'échelonnent entre 0,76 et 0,90. Lorsque l'IRM a été prise comme référence, les États-Unis avaient une sensibilité de 80 % et une spécificité de 98 %.

**Discussion :** L'IRM et les États-Unis fournissent des évaluations similaires de la guérison postopératoire de la coiffe des rotateurs, bien que les États-Unis soient moins sensibles. Les accords intra-observateurs et inter-observateurs sont très bons.

**Niveau de preuve :** III.

2015 Elsevier Masson SAS. Tous droits réservés.

## 1. Introduction

La guérison est difficile à évaluer après la réparation chirurgicale des déchirures de la coiffe des rotateurs. Parmi les techniques d'évaluation, la norme de référence largement acceptée est l'imagerie par résonance magnétique (IRM). L'IRM est une technique d'imagerie en coupe qui permet de visualiser les tendons, n'implique pas d'exposition aux radiations et produit des images qui peuvent être révisées par d'autres observateurs. Néanmoins, l'IRM reste une méthode coûteuse et de disponibilité quelque peu limitée, et peut être contre-indiquée pour des raisons médicales ou de claustrophobie. De plus, les images IRM postopératoires sont difficiles à interpréter [1] et peuvent contenir des artefacts générés, par exemple, par des ancrs ou des fils métalliques (Fig. 1).

L'échographie (US) est utilisée dans un nombre croissant de situations [2-6]. Cette technique d'imagerie non invasive, dynamique et peu coûteuse peut être réalisée par le chirurgien au centre chirurgical. Cependant, les États-Unis dépendent des opérateurs et les images qu'ils fournissent ne peuvent pas être réévaluées de manière fiable par d'autres observateurs. Les taux de guérison, tels qu'évalués par les États-Unis après une réparation arthroscopique de la coiffe des rotateurs, semblent élevés.

L'objectif de cette étude était de comparer les taux de cicatrisation après réparation chirurgicale des déchirures de la coiffe des rotateurs, évalués par IRM et US. Notre hypothèse était que les États-Unis sous-estimaient la fréquence des déchirures récurrentes par rapport à l'IRM.

## 2. Matériels et méthodes

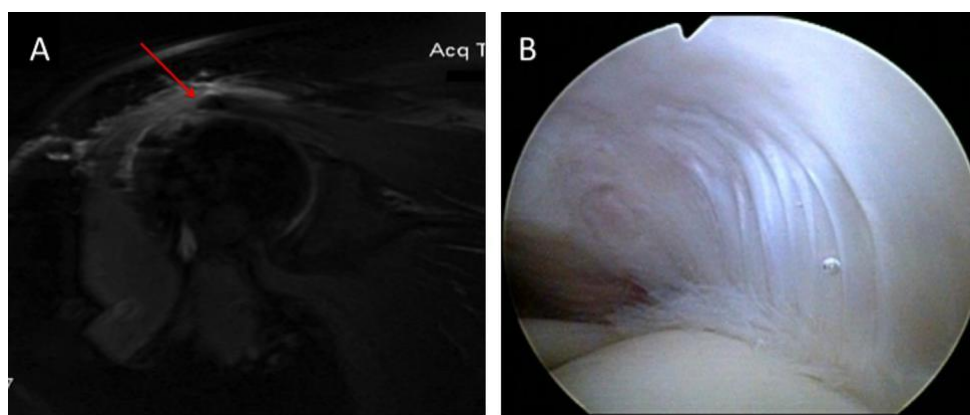
### 2.1. Sélection des patients

Une étude prospective, comparative et longitudinale a été menée dans un seul centre d'octobre 2012 à février 2013. Consécutif

\* Auteur correspondant. Tél : +33 2 99 23 33 27. Adresse électronique : [collin.ph@wanadoo.fr](mailto:collin.ph@wanadoo.fr) (P. Collin).

<http://dx.doi.org/10.1016/j.otsr.2015.06.006>

1877-0568/© 2015 Elsevier Masson SAS. Tous droits réservés.



**Fig. 1.** Exemple des défis posés par l'interprétation des scanners IRM postopératoires. A. IRM postopératoire : Tranche coronaire à densité protonique pondérée en T2, avec suppression de la graisse dans l'épaule droite, 3 mois après la réparation arthroscopique d'une déchirure de la coiffe des rotateurs. L'image suggère fortement une déchirure récurrente avec rétraction de stade II dans la classification Patte (flèche rouge). B. Vue postérieure lors de l'arthroscopie : le tendon est complètement guéri.

**Tableau 1**

Critères développés par Sugaya et al. pour évaluer la guérison des tendons.

Classification de Sugaya	
Type I	Épaisseur suffisante, tendon homogène (signal faible sur les images T2)
Type II	Épaisseur suffisante, intensité partielle élevée de l'intérieur le tendon
Type III	Épaisseur insuffisante sans discontinuité
Type IV	Une discontinuité mineure sur plus d'une tranche, ce qui suggère une petite larme
Type V	Une discontinuité majeure suggérant une tear

Les patients ayant subi une réparation arthroscopique d'une déchirure de la coiffe des rotateurs postéro-supérieure effectuée par un seul chirurgien (PC) ont été inclus s'ils répondaient aux critères suivants : âge entre 21 et 75 ans, déchirure des tendons sus-épineux et/ou infra-épineux, rétraction de grade I ou II dans la classification de Patte [7], dégénérescence graisseuse de grade I ou II selon Goutallier [8], et amplitude normale des mouvements passifs. Les critères d'exclusion étaient les contre-indications médicales à l'IRM, la claustrophobie, l'arthrose gléno-humérale, la maladie inflammatoire chronique, la lésion concomitante de la coiffe des rotateurs antérieure, la réparation incomplète, les antécédents chirurgicaux sur la même épaule et les données manquantes. Pendant la période d'étude, des procédures de réparation de la coiffe des rotateurs ont été effectuées chez 76 patients selon une technique publiée précédemment [9]. Parmi eux, 12 avaient des critères d'exclusion et 3 ont refusé de participer à l'étude. Les 61 autres patients avaient un âge moyen de 59 ans (fourchette : 38-72 ans). L'épaule dominante a été impliquée dans 43 cas.

## 2.2. Évaluation clinique

Chaque patient a été évalué par un observateur indépendant avant et 6 mois après l'opération. Chaque évaluation comprenait des mesures de l'amplitude de mouvement et la détermination du score constant [10].

**Tableau 2**

Classification des lésions en fonction de la lecture et du lecteur.

	Ultrasonographie n = 61	IRM, 1ère lecture par le chirurgien n = 61	IRM, deuxième lecture par le chirurgien n = 61	IRM, 1ère lecture par le radiologue n = 61	IRM, deuxième lecture par le radiologue n = 61
Sugaya 1	0	6	5	7	8
Sugaya 2	44	40	39	36	36
Sugaya 3	4	5	6	8	6
Sugaya 4	5	2	3	1	2
Sugaya 5	8	8	8	9	9

## 2.3. Études d'imagerie

Chaque patient a subi une IRM et un examen aux États-Unis 6 mois après l'opération. Cet intervalle de temps a été choisi sur la base d'études antérieures montrant qu'il était suffisant pour une évaluation de la guérison des tendons [11]. Le système d'évaluation en cinq étapes développé par Sugaya et al. [12] et validé pour les États-Unis [13] a été utilisé pour évaluer la réparation des tendons (tableau 1). Toutes les études d'imagerie ont été réalisées par des opérateurs qui n'ont pas pu voir les données des patients.

Le protocole IRM comprenait les éléments suivants :

- Séquences de suppression des graisses pondérées en T2 dans les plans oblique coronal, oblique sagittal et transversal, y compris l'ensemble de l'omoplate ;
- Séquences pondérées T1 dans les plans transversal et sagittal.

L'échographie a été réalisée avec le patient assis sur une chaise, face au radiologue, qui a utilisé une sonde linéaire à haute fréquence (7,5-14 MHz, APLIO 400, Toshiba, Zoetermeer, Pays-Bas). Tous les tendons ont été examinés le long de leur axe long et court. Les tendons supra-épineux et infra-épineux ont été imagés avec le bras en rétroversion et la main reposant sur la fesse. Un sonogramme sin-gle a été obtenu chez chaque patient. Toutes les échographies ont été réalisées par le même radiologue (TJ).

## 2.4. Analyse statistique

Pour calculer les niveaux de concordance, nous avons regroupé les patients en deux groupes en fonction du stade Sugaya : I, II et III (pas de déchirure récurrente) et IV ou V (déchirure récurrente). Chaque IRM a été interprétée deux fois par le chirurgien (PC) et deux fois par le radiologue (TJ), en utilisant une procédure en aveugle. La fiabilité inter-observateurs et intra-observateurs des relevés d'IRM a été évaluée par le calcul du coefficient. Le sonogramme n'a été interprété qu'une seule fois et la sensibilité, la spécificité, la valeur prédictive positive (PPV) et la valeur prédictive négative



**Fig. 2.** Arthrographie par RM de l'épaule droite après réattachement arthroscopique de la coiffe des rotateurs. A. 2 mois après l'opération : noter le signal de haute intensité au niveau du tendon osseux jonction. B. 8 mois après l'opération : le signal de haute intensité n'est plus visible.

**Tableau 3**

Accord intra-observateur pour les deux lectures IRM du chirurgien.

Première lecture de l'IRM	2ème lecture de l'IRM		
	Pas de larmes	Déchirure	Total
Pas de larmes	49	2	51
Déchirure	1	9	10
Total	50	11	61

(NPV) des États-Unis ont été calculées en utilisant les résultats de l'IRM comme norme de référence. Une deuxième analyse a été effectuée.

### 3. Résultats

Le score de Constant à l'épaule s'est amélioré de 56 à 78 points (fourchette : 25-88). Le [tableau 2](#) énumère les résultats selon le type de lésion dans la classification Sugaya.

#### 3.1. Résultats de l'IRM

Les [tableaux 3 et 4](#) présentent les résultats de l'IRM avec le niveau de concordance intra-observateur. L'évaluation des examens IRM effectués deux fois par le même chirurgien a donné des interprétations identiques chez 58/61 patients, ce qui a donné un taux de concordance de 95% (coefficient, 0,83). Le [tableau 4](#) présente les interprétations de l'IRM par le radiologue. L'évaluation des IRM à deux reprises par le même radiologue (TJ) a donné des résultats identiques pour 60/61 patients, soit un taux de concordance de 98% (coefficient, 0,94). Pour l'accord entre observateurs, le coefficient variait de 0,76 à 0,90 selon que la première ou la deuxième lecture IRM était utilisée.

**Tableau 4**

Accord intra-observateur pour les deux relevés IRM du radiologue.

Première lecture de l'IRM	2ème lecture de l'IRM		
	Pas de larmes	Déchirure	Total
Pas de larmes	50	1	51
Déchirure	0	10	10
Total	50	11	61

#### 3.2. Comparaison de l'IRM et des États-Unis

Les États-Unis ont une sensibilité de 80 % et une spécificité de 98 %. La VPP était de 92 % et la VAN de 94 %.

### 4. Discussion

Lorsque des problèmes surviennent après la réparation chirurgicale d'une déchirure de la coiffe des rotateurs, un point crucial pour le chirurgien et le patient est de savoir si la cicatrisation des tendons a été obtenue, puisque la cicatrisation des tendons fait partie des conditions requises pour obtenir un bon résultat clinique final [9]. Le but des études d'imagerie dans cette situation est de confirmer le site de la déchirure récurrente [14], par exemple, de la ligne médiane à la ligne médiane (lésion de Trantalis) [15], et si possible sa cause. D'autres points d'intérêt sont la qualité de l'os, du tendon et du muscle, et la possibilité de procéder à une autre opération. De nombreux facteurs rendent ces informations difficiles à obtenir par IRM. Une couverture insuffisante de la tubérosité plus ou moins importante peut indiquer une guérison partielle et non une déchirure récurrente de l'épaisseur totale [16,17]. En outre, seuls 10 % des tendons rattachés génèrent un signal IRM normal. Ainsi, un résultat commun est la présence dans le tendon d'un signal intermédiaire indiquant un tissu de granulation ou d'un signal de faible intensité produit par un tissu fibreux [1,17-21]. Ces modifications du signal peuvent persister pendant plus de 6 mois, en raison du remodelage des tissus [22,23], et ne semblent pas avoir d'implications cliniques (Fig. 2). Enfin, l'évaluation des scans IRM est rendue difficile par la fuite normale de liquide dans l'espace sous-acromial après l'ouverture de l'intervalle des rotateurs et le passage des instruments dans le tendon. Enfin, les matériaux métalliques (par exemple, les ancrés ou les fils), l'inflammation et la néo-vascularisation génèrent de nombreux artefacts. Ces facteurs, ainsi que le coût élevé et les nombreuses contre-indications de l'IRM, confèrent aux États-Unis un attrait considérable en tant que méthode d'évaluation de la réparation de la coiffe des rotateurs. Notre étude prospective confirme l'utilité des États-Unis en montrant une sensibilité et une spécificité élevées par rapport à l'IRM prise comme norme de référence. Ainsi, nos résultats valident l'utilisation des États-Unis pour évaluer la coiffe des rotateurs après une réparation chirurgicale. De même, dans une étude récente comparant l'IRM et l'US après réparation de la coiffe des rotateurs, Codsí et al. ont trouvé une concordance de 92 % avec un coefficient de 0,70 [24]. Toutefois, les limites de leur étude

comprennent la conception multicentrique (13 centres) avec des différences dans les protocoles américains entre les centres et une interprétation de l'IRM sans insu.

Notre hypothèse selon laquelle le taux de déchirures récurrentes était plus élevé par IRM a été confirmée. Sur les déchirures non cicatrisées ou récurrentes montrées par l'IRM, seuls 80% ont été également montrés par les États-Unis. Ce résultat doit cependant être considéré avec prudence étant donné les difficultés d'interprétation des images IRM (Fig. 1 et 2) [1], en particulier chez les patients présentant des déchirures d'épaisseur partielle [1,25].

Ainsi, aucune des méthodes existantes ne semble idéale pour l'évaluation postopératoire de la coiffe des rotateurs. Lorsqu'une déchirure récurrente est suspectée, une stratégie raisonnable peut consister en une évaluation multimodale, avec des radiographies standard dans un premier temps pour exclure la migration d'une ancre et pour évaluer l'intervalle acromio-huméral et la morphologie osseuse. Les résultats de la présente étude confirment que les États-Unis sont la méthode d'imagerie de deuxième ligne pour évaluer l'empreinte des tendons. Si l'on envisage une chirurgie de l'épilepsie, l'IRM avec des séquences standard, ainsi que les séquences MAVRIC [26] chez les patients ayant des ancrages métalliques, fournissent des informations supplémentaires sur le site de la déchirure récurrente, la trophicité et la rétraction du tendon, et la dégénérescence graisseuse.

Ce travail est la première étude prospective menée par un seul chirurgien comparant l'IRM et les États-Unis pour évaluer la guérison des tendons après une réparation arthroscopique de la coiffe des rotateurs. Le nombre de patients est important et les scanners IRM ont été lus par des observateurs qui n'ont pas vu les données des patients, y compris les résultats américains. Un protocole de lecture standardisé a été utilisé, dans un seul centre. Néanmoins, il convient de reconnaître plusieurs limites. La première est que l'IRM a été prise comme norme de référence, car une arthroscopie répétée n'était pas possible. En outre, la conception de l'étude n'a pas permis d'évaluer l'accord entre les observateurs concernant les conclusions américaines. La spécificité et les valeurs prédictives des États-Unis dépendent de l'expérience de l'opérateur, qui était un radiologue ostéo-articulaire chevronné dans notre étude. Des publicités récentes ont toutefois montré que les chirurgiens orthopédistes peuvent acquérir rapidement des compétences aux États-Unis, ce qui laisse penser qu'une utilisation généralisée des États-Unis pourrait être possible à l'avenir [27,28].

## 5. Conclusion

L'IRM et les États-Unis fournissent des évaluations similaires de la coiffe des rotateurs réparée chirurgicalement. Cependant, la sensibilité est plus faible avec les États-Unis. L'IRM est associée à de très bons niveaux d'accord inter-observateurs et intra-observateurs.

## Divulgaration des intérêts

P. Collin est un consultant rémunéré pour Tornier et Smith & Nephew et a reçu des redevances de Tornier, Storz et Advanced Medical Applications. Cette étude n'a pas été financée par des fonds ou des subventions non institutionnels.

Les autres auteurs n'ont pas fourni leur déclaration de conflit d'intérêts.

## Références

- [1] Khazzam M, Kuhn JE, Mulligan E, Abboud JA, Baumgarten KM, Brophy RH, et al. Identification par imagerie par résonance magnétique des déchirures de la coiffe des rotateurs après réparation : accord entre observateurs et entre observateurs. *Am J Sports Med* 2012;40:1722-7.

- [2] Petranova T, Vlad V, Porta F, Radunovic G, Micu MC, Nestorova R, et al. Ultra-son de l'épaule. *Med Ultrason* 2012;14:133-40.
- [3] Roy JS, Braen C, Leblond J, Desmeules F, Dionne CE, MacDermid JC, et al. Diagnostic accuracy of ultrasonography, MRI and MR arthrography in the characterisation of rotator cuff disorders : a meta-analysis. *Br J Sports Med* 2015.
- [4] Sipola P, Niemittikia L, Kroger H, Hofling I, Vaatainen U. Détection et quantification des déchirures de la coiffe des rotateurs par ultrasonographie et imagerie par résonance magnétique - une étude prospective sur 77 patients consécutifs avec une référence chirurgicale. *Ultrasound Med Biol* 2010;36:1981-9.
- [5] Teeffey SA. L'échographie de l'épaule : pourquoi nous la faisons. *J Ultrasound Med* 2012;31:1325-31.
- [6] Wall LB, Teeffey SA, Middleton WD, Dahiya N, Steger-May K, Kim HM, et al. Diagnostic performance and reliability of ultrasonography for fatty degeneration of the rotator cuff muscles. *J Bone Joint Surg Am* 2012;94:e83.
- [7] Patte D. Classification des lésions de la coiffe des rotateurs. *Clin Orthop Relat Res* 1990;81-6.
- [8] Goutallier D, Postel J, Lavau L, Bernageau J. Influence de la dégénérescence musculaire du supra et de l'infraspinatus sur le pronostic des réparations chirurgicales de la coiffe des rotateurs. *Acta Orthop Belg* 1998;64:41-5.
- [9] Collin P, Abdullah A, Kherad O, Gain S, Denard PJ, Lädermann A. Evaluation prospective des facteurs cliniques et radiologiques prédisant le retour à l'activité dans les 6 mois suivant la réparation arthroscopique de la coiffe des rotateurs. *J Épaule-coude en* 2014.
- [10] Constant CR, Murley AH. Une méthode clinique d'évaluation fonctionnelle de l'épaule. *Clin Orthop Relat Res* 1987;160-4.
- [11] Iannotti JP, Deutsch A, Green A, Rudicel S, Christensen J, Marraffino S, et al. Time to failure after rotator cuff repair : a prospective imaging study. *J Bone Joint Surg Am* 2013;95:965-71.
- [12] Sugaya H, Maeda K, Matsuki K, Moriishi J. Réparation de l'intégrité et du résultat fonctionnel après une réparation arthroscopique de la coiffe des rotateurs à deux rangées. Une étude prospective des résultats. *J Bone Joint Surg Am* 2007;89:953-60.
- [13] Barth J, Fotiadis E, Barthelemy R, Genna S, Saffarini M. L'évaluation ultrasonique de l'intégrité de la réparation peut prédire les résultats fonctionnels après une réparation arthroscopique de la coiffe des rotateurs à deux rangées. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2015;23:376-85.
- [14] Mellado JM, Calmet J, Olona M, Ballabriga J, Camins A, Perez del Palomar L, et al. évaluation par RM de la coiffe des rotateurs réparée : prévalence, taille, localisation et pertinence clinique de la rupture du tendon. *Eur Radiol* 2006;16:2186-96.
- [15] Trantalis JN, Boorman RS, Pletsch K, Lo IK. Défaillance de la coiffe des rotateurs médiale après une réparation arthroscopique de la coiffe des rotateurs à deux rangées. *Arthroscopy* 2008;24:727-31.
- [16] Motamedi AR, Urrea LH, Hancock RE, Hawkins RJ, Ho C. Précision de l'imagerie par résonance magnétique pour déterminer la présence et la taille des déchirures récurrentes de la coiffe des rotateurs. *J Shoulder Elbow Surg* 2002;11:6-10.
- [17] Spielmann AL, Forster BB, Kokan P, Hawkins RH, Janzen DL. Épaule après réparation de la coiffe des rotateurs : Résultats de l'imagerie par RM chez des personnes asymptomatiques - première expérience. *Radiology* 1999;213:705-8.
- [18] Mohana-Borges AV, Chung CB, Resnick D. Imagerie par RM et arthrographie par RM de l'épaule postopératoire : spectre des résultats normaux et anormaux. *Radiographics* 2004;24:69-85.
- [19] Ruzek KA, Bancroft LW, Peterson JJ. Imagerie postopératoire de l'épaule. *Radiol Clin North Am* 2006;44:331-41.
- [20] Zanetti M, Hodler J. Imagerie par RM de l'épaule après une opération. *Magn Reson Imaging Clin N Am* 2004;12:169-83 [viii].
- [21] Zanetti M, Hodler J. Imagerie par RM de l'épaule après une opération. *Radiol Clin North Am* 2006;44:537-51 [viii].
- [22] Gerber C, Schneeberger AG, Perren SM, Nyffeler RW. Réparation expérimentale de la coiffe des rotateurs. Une étude préliminaire. *J Bone Joint Surg Am* 1999;81:1281-90.
- [23] Tudisco C, Bisicchia S, Savarese E, Fiori R, Bartolucci DA, Masala S, et al. Réparation arthroscopique de la coiffe des rotateurs à une ou deux rangées : résultats cliniques et arthrographie par RM à 3 Tesla. *BMC Musculoskelet Disord* 2013;14:43.
- [24] Codsí MJ, Rodeo SA, Scalise JJ, Moorehead TM, Ma CB. Évaluation de l'intégrité de la réparation de la coiffe des rotateurs à l'aide d'ultrasons et d'imagerie par résonance magnétique dans le cadre d'une étude multicentrique. *J Shoulder Elbow Surg* 2014;23:1468-72.
- [25] Spencer Jr EE, Dunn WR, Wright RW, Wolf BR, Spindler KP, McCarty E, et al. Accord entre observateurs dans la classification des déchirures de la coiffe des rotateurs par imagerie par résonance magnétique. *Am J Sports Med* 2008;36:99-103.
- [26] Hayter CL, Koff MF, Shah P, Koch KM, Miller TT, Potter HG. IRM après arthroplastie : comparaison entre les techniques MAVRIC et les techniques conventionnelles de spin-écho rapide. *AJR Am J Roentgenol* 2011;197:W405-11.
- [27] Alavekios DA, Dionysian E, Sodl J, Contreras R, Cho Y, Yian EH. Analyse longitudinale des effets de l'expérience de l'opérateur sur la précision de la détection par ultrasons des déchirures supra-épineuses. *J Shoulder Elbow Surg* 2013;22:375-80.
- [28] Murphy RJ, Daines MT, Carr AJ, Rees JL. Une méthode d'apprentissage indépendante pour les chirurgiens orthopédistes qui effectuent des échographies de l'épaule pour identifier les déchirures de la coiffe des rotateurs sur toute l'épaisseur. *J Bone Joint Surg Am* 2013;95:266-72.