



La réparation partielle dans les ruptures massives et irréparables de la coiffe de rotateurs : résultats à long terme

Mémoire
PRESENTE EN
2025 PAR

Dr. KADI MOHAMED

Né le 11/09/1993 à TAZA

POUR L'OBTENTION DU DIPLÔME DE SPÉCIALITÉ EN MÉDECINE

Option : ORTHOPÉDIE ET TRAUMATOLOGIE

Sous la direction du Professeur : BOUTAYEB FAWZI

Session 2025

PLAN

Abstract.....	3
Résumé.....	4
Liste des figures.....	5
Introduction.....	6
MATERIELS ET METHODES.....	9
I. Critères inclusion et d'exclusion.....	10
II. Méthodologie.....	11
III. Technique chirurgical.....	12
IV. Suites post-opératoires.....	14
V. Analyse statistique.....	14
Résultats.....	15
I. Clinique.....	16
II. Imagerie.....	19
1. Taille de la rupture.....	19
2. DG de l'infra-épineux.....	19
3. Cicatrisation de l'infra-épineux.....	19
4. Trophicité du Tères minor.....	19
5. DG du sous-scapulaire.....	20
6. Omarthrose.....	21
III. Facteurs prédictifs de l'omarthrose.....	21
1. DG de l'infra-épineux.....	21
2. Cicatrisation de l'infra-épineux.....	22
Discussion.....	23
Conclusion.....	32
Bibliographie.....	33

Abstract:

Introduction

Massive postero-superior rotator cuff tears present a therapeutic challenge, especially when the supraspinatus is irreparable. Among the existing palliative techniques, partial rotator cuff repair under arthroscopy aims to restore the anterior-posterior muscular balance of the shoulder (subscapularis in the front, infraspinatus/teres minor couple in the back), to allow the centering of the humeral head during shoulder movements to counteract the natural ascent caused by the deltoid. Literature shows that this technique yields good short-term results. The aim of this study is to evaluate the long-term clinical and radiological outcomes.

Method

35 patients underwent partial rotator cuff repair for massive cuff tears with an irreparable supraspinatus. The minimum follow-up was 5 years. All patients were clinically reviewed at one-year post-operation and at the final follow-up (range of motion, Constant score, SSV). Radiological analysis was performed by MRI at 1 year to assess cuff healing and fatty degeneration of the muscle bodies, and at the final follow-up by standard radiography to evaluate long-term arthritic degradation.

Results

24 patients were reviewed at the final follow-up, 5 were lost to follow-up, and 5 had an early failure of the partial repair leading to a revision with a total reverse shoulder arthroplasty. **The clinical analysis** showed an average Constant score of 42 preoperatively, 73.5 at 1 year ($p<0.001$), and 71.3 at the final follow-up ($p=0.921$). The SSV score was 41 preoperatively, 72.5 at 1 year ($p<0.001$), and 74.5 at the final follow-up ($p=0.473$). Regarding painless active range of motion: Forward elevation was 125.8 preoperatively, then 172 after 1 year ($p<0.001$), and 168.7 at the final follow-up; external rotation was 43 preoperatively, 53.3 at 1 year ($p<0.001$), and 50.4 at the final follow-up ($p=0.07$); abduction was initially 99.1, then 161.6 after 1 year ($p<0.001$), and 159.6 at the final follow-up.

Radiologically, MRI at 1 year showed a significant reduction in tear size from 29.21 mm pre-op to 17.3 mm post-op ($p<0.001$). Healing of the infraspinatus tendon according to the Sugaya classification was achieved in 75% of cases, with aggravation of fatty degeneration (≥ 3 according to Goutallier classification) in 37.5% of cases, whose function was compensated by hypertrophy of the teres minor in 87.5%. At the final follow-up, standard radiography revealed advanced osteoarthritis ≥ 3 in 33% of patients. This study revealed significant correlations between two predictive factors of osteoarthritis: fatty degeneration and the healing status of the infraspinatus.

Conclusion

Partial repair of massive postero-superior cuff tears with irreparable supraspinatus confirms its short-term benefit in improving shoulder function. However, there is frequent long-term deterioration due to worsening fatty degeneration of the infraspinatus muscle and the onset of secondary osteoarthritis. Paradoxically, all failures converted to reverse prosthesis occurred within the first year following repair.

Résumé :

Introduction

Les ruptures massives postéro-supérieures de la coiffe des rotateurs constituent un challenge thérapeutique, surtout en cas de non réparabilité du supra-épineux. Parmi les techniques palliatives existantes, la réparation partielle de la coiffe sous arthroscopie est une technique dont l'objectif est de rétablir la balance musculaire antéro-postérieure de l'épaule, (sous-scapulaire en avant, couple infra-épineux / petit rond en arrière), afin de permettre le centrage de la tête humérale lors des mouvements de l'épaule pour lutter contre l'ascension naturelle par l'action du deltoïde. Dans la littérature, cette technique donne de bons résultats à court-terme. L'objectif de cette étude est d'évaluer les résultats cliniques et radiologiques à long terme.

Méthode

35 patients ont bénéficié d'une réparation partielle de coiffe pour rupture massive de coiffe avec un supra-épineux irréparable. Le recul minimum était de 5 ans. Tous les patients ont été revus cliniquement à un an post-opératoire et au dernier recul (amplitudes articulaires score de constant, SSV). Une analyse radiologique a été réalisée par IRM à 1 an pour évaluer la cicatrisation de la coiffe et la dégénérescence graisseuse des corps musculaires, puis au dernier recul par radiographie standard pour évaluer la dégradation arthrosique à long terme.

Résultats

24 patients ont été revus au dernier recul, 5 ont été perdus de vue, et 5 ont subi un échec précoce de la réparation partielle ayant conduit à une reprise par prothèse totale inversée de l'épaule. **L'analyse clinique** a objectivé un score de constant en moyenne de 42 en préopératoire, de 73,5 à 1 an ($p<0,001$) et de 71,3 au dernier recul ($p=0,921$). Le score SSV était de 41 en préopératoire, de 72,5 à 1 an ($p<0,001$), et de 74,5 au dernier recul ($p=0,473$). Concernant les amplitudes articulaires actives indolores : L'anté-élévation était de 125,8 en préopératoire, puis 172 après 1 an ($p<0,001$) et 168,7 au dernier recul ; la rotation externe était de 43 en préopératoire, de 53,3 à 1 an ($p<0,001$) et puis 50,4 au dernier recul ($p=0,07$) ; l'abduction par ailleurs était de 99,1 initialement puis de 161,6 après 1 an ($p<0,001$), et de 159,6 au dernier recul. **D'un point de vue radiologique**, l'IRM à 1 an a révélé une diminution significative de la taille de rupture allant de 29,21 mm en pré-op à 17,3 mm en post-op $p<0,001$, concernant le tendon infra-épineux la cicatrisation de ce dernier selon la classification de Sugaya a été obtenu dans 75% des cas avec aggravation de la dégénérescence graisseuse ≥ 3 selon la classification de Goutallier dans 37,5% des cas dont la fonction a été compensée par une hypertrophie du petit rond chez 87,5%. Au dernier recul, la radiographie standard a objectivé une omarthrose avancée ≥ 3 chez 33% des patients ; nous avons révélé à travers cette étude des corrélations significatives concernant deux facteurs prédictifs d'omarthrose : la dégénérescence graisseuse et le statut de cicatrisation de l'infra-épineux.

Conclusion

La réparation partielle des ruptures massives de la coiffe postérosupérieur avec supra-épineux irréparable confirme son intérêt à court terme dans l'amélioration fonctionnelle de l'épaule. En revanche, on note une dégradation fréquente dans le temps du fait de l'aggravation de la dégénérescence graisseuse du corps musculaire de l'infra-épineux et de l'apparition d'une omarthrose secondaire. Mais paradoxalement, tous les échecs convertis en prothèse inversée l'ont été dans la première année suivant la réparation.

Liste des figures :

Fig 1 : Classification de Collin (3) des ruptures massives de la coiffe des rotateurs

Fig 2 : Echelle du Medical Research Council of the United Kingdom

Fig 3 : évaluation de la réductibilité de la coiffe des rotateurs

Fig 4 : avivement de la zone d'attache trochantérienne et mise en place d'une ancre de suture sur le sommet du trochiter

Fig 5 : réalisation des points de sutures

Fig 6 : évaluation finale de la réparation pour s'assurer de la bonne tenue de réparation

Fig 7 : courbe d'évolution des scores fonctionnels initial, à 1 an puis au dernier recul

Fig 8 : courbe d'évolution des amplitudes articulaires initial, à 1 an puis au dernier recul

Fig 9 : Tableau récapitulatif qui objective les variations des scores fonctionnels (score de constant, SSV), la force musculaire de l'IE (infra-épineux), Amplitudes articulaires (Anté-élévation, rotation externe, abduction) le long du suivi (initial, après 1 an, et au dernier recul).

Fig 10 : Tableau qui objective les variations de l'imagerie (taille de rupture, dégénérescence graisseuse intéressant l'infra-épineux, le sous-scapulaire, ainsi que la trophicité du teres minor) entre le bilan initial et après 1 an

Fig 11 : Coupe en Y d'IRM qui objective l'involution graisseuse du tendon supra-épineux, et l'infra-épineux, ainsi que l'hypertrophie du TM

Fig 12 : évolution d'omarthrose \geq stade 3 au dernier recul

Fig 13 : radiographie de face chez un patient qui présente une omarthrose stade 4 selon Hamada

INTRODUCTION

INTRODUCTION

Les ruptures massives et irréparables de la coiffe postéro-supérieure sont un défi en matière de traitement. Non réparées, elles évoluent vers une diminution de l'espace sous-acromial par ascension de la tête humérale, conduisant à une omarthrose secondaire. Mécaniquement, l'absence conjointe des tendons supra-épineux et infra-épineux est responsable de cette migration de la tête humérale vers l'acromion, ne pouvant plus coapter la tête humérale au centre la glène lors de la contraction du deltoïde. Ceci va conduire progressivement à une usure asymétrique supérieure de la glène, appelée Cuff Tear Arthropathy par les anglo-saxons, responsable de l'apparition progressive de douleurs et d'une perte de mobilité.

A ce jour le traitement de référence qui garantit le meilleur résultat fonctionnel est la prothèse inversée (49,50). L'abaissement du centre de rotation et sa stabilisation vont optimiser la fonction du deltoïde. Le remplacement des surfaces articulaires par des surfaces prothétiques traitera l'arthrose.

Cependant, chez les patients présentant une rupture de la coiffe postéro-supérieure irréparable sans arthrose, les options chirurgicales sont limitées une fois le traitement médical en échec. Plusieurs attitudes thérapeutiques sont proposées incluant le débridement avec ou sans décompression sous-acromiale, la ténotomie ou ténodèse du tendon long biceps avec débridement concomitant, la réparation partielle de la coiffe, les transferts tendineux (Latissimus Dorsi ou trapèze inférieur), la reconstruction capsulaire supérieure, un spacer d'interposition (Balloon) voire les autogreffes ou allogreffes (23,27,51,52,53,54). Chacune de ces techniques présente des avantages et des inconvénients propres, mais aucun consensus n'a été atteint concernant les indications de traitement ou la supériorité relative d'un traitement par rapport à un autre.

La réparation partielle de la coiffe postérieure ou "réparation du couple de force" a été proposée par Burkhart (22,23) dans le cas d'une rupture massive de la coiffe postéro-supérieure, encore réparable au niveau de l'infra-épineux. Bien qu'elle n'offre

pas une couverture complète du trochiter, des études ont montré une amélioration clinique à court et moyen terme après cette procédure (24,25,26). En revanche, le devenir sur le long terme n'est pas connu ou peu étudié, notamment son impact sur l'apparition d'une arthrose secondaire.

L'objectif principal de cette étude est de rapporter les résultats à long terme, cliniques et radiographiques, des réparations partielles arthroscopiques de la coiffe, chez des patients présentant des ruptures massives de la coiffe des rotateurs postéro-supérieures, encore partiellement réparables.

L'hypothèse principale est que la réparation partielle de la coiffe constitue un traitement efficace à long terme des ruptures de la coiffe postéro-supérieure en partie irréparables.

MATERIELS ET METHODES

MATERIELS ET METHODES

I- Critères d'inclusion et d'exclusion

Il s'agissait d'une étude rétrospective, sur une cohorte de patients opérés par un seul opérateur, entre 2011 et 2016, au centre épaule-main de Besançon. Les critères d'inclusion étaient les suivants :

- Rupture massive de la coiffe postéro-supérieure (type D de Collin) (3). En cas d'extension débutante de la rupture au sous-scapulaire, les patients étaient aussi inclus dans l'étude (type C de Collin).
- Encore en partie réparable au niveau de l'infra-épineux (dégénérescence graisseuse < à 3)
- Sans arthrose secondaire
- Avec un petit rond et un deltoïde intact
- Sans ATCD chirurgicaux sur l'épaule opérée
- Ayant bénéficié d'une réparation arthroscopique isolée de l'infra-épineux (+/- 1/3 supérieur du sous-scapulaire)
- Suivi minimal de 5 ans, avec une IRM de contrôle de cicatrisation à 1 an post-opératoire et une radio standard de l'épaule au dernier recul.

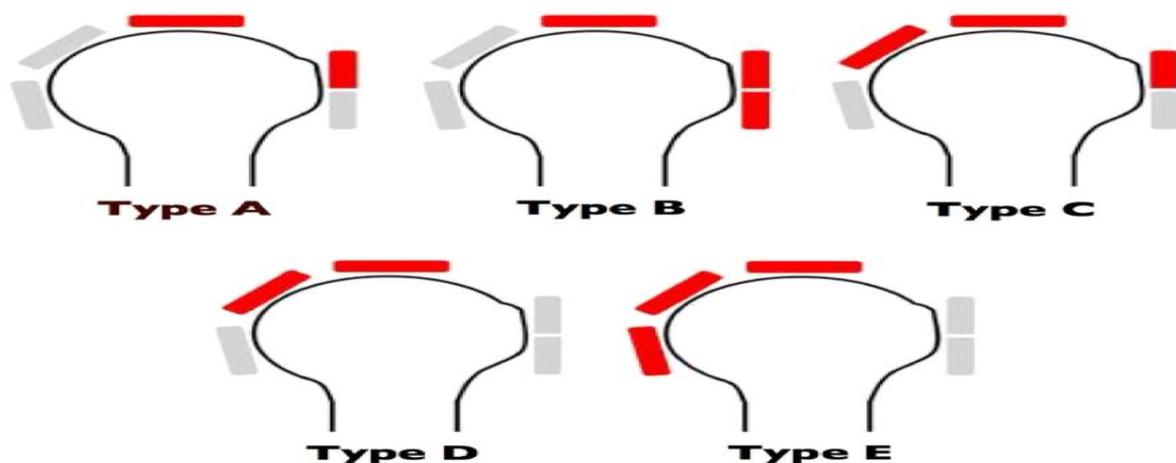


Fig 1 : Classification de Collin (3) des ruptures massives de la coiffe des rotateurs

Les critères d'exclusion étaient la présence d'une omarthrose secondaire (≥ 3 selon la classification d'Hamada), la présence d'une épaule pseudo paralytique, ou d'une dégénérescence graisseuse stade 3 ou 4 de l'infra-épineux.

II- Méthodologie

L'évaluation fonctionnelle préopératoire consistait à évaluer la douleur, à mesurer les amplitudes articulaires, la force musculaire, et calculer les scores de Constant et SSV. La même évaluation était réalisée à 1 an post-opératoire puis au dernier recul. Lors de ces 2 dernières révisions, la force musculaire de l'infra-épineux était évaluée selon l'échelle du Medical Research Council of the United Kingdom (48)

Degree of muscle strength	
M0	No muscle contraction
M1	Muscle contraction not resulting in joint movement
M2	Muscle contraction with movement excluding gravity
M3	Muscle contraction effective against gravity but does not overcome resistance.
M4	Muscle contraction that overcomes some resistance
M5	Normal muscle strength

Fig 2: Echelle du Medical Research Council of the United Kingdom

Tous les patients ont bénéficié d'une imagerie préopératoire par radiographie standard et en coupe (arthro TDM ou IRM) permettant d'analyser la rupture de coiffe, son degré de rétraction, la dégénérescence graisseuse éventuelle et poser ainsi l'indication de réparation partielle de la coiffe. Une IRM de contrôle de cicatrisation était effectuée à 1 an post-opératoire, permettant d'analyser la cicatrisation de l'infra-épineux et le degré de dégénérescence graisseuse de son corps musculaire. Une radiographie standard était réalisée au dernier recul afin d'analyser la dégradation arthrosique selon la classification d'Hamada.

III- Technique chirurgicale

L'intervention se déroulait en hospitalisation traditionnelle de 24 heures par un seul chirurgien, sous anesthésie générale avec bloc interscalénique à visée antalgique, le patient étant installé en position demi-assise sur table d'épaule. Quatre portails arthroscopiques généralement utilisaient : postérieur (le soft-point), latéral, antérieur et antéro-latéral. Des portails accessoires pouvaient être créés au besoin pour une meilleure visualisation et un accès facilité aux structures de la coiffe des rotateurs.

L'intervention débutait par une phase d'exploration gléno-humérale permettant d'évaluer l'état des surfaces articulaires et l'extension antérieure (sous-scapulaire) de la lésion de la coiffe des rotateurs. La ténodèse du biceps était effectuée lors de cette phase par une ancre dans la partie haute de la gouttière bicipitale, permettant également la suture du tiers supérieur du sous-scapulaire en cas de lésion associée.

Ensuite, l'optique était introduite dans l'espace sous-acromial. La bourse sous-acromiale était retirée et une acromioplastie minimale réalisée pour limiter le risque d'épaule pseudo-paralytique post-opératoire en cas de non-cicatrisation de la coiffe réparée. Le portail latéral était alors utilisé pour positionner l'optique face à la rupture de la coiffe. Les adhérences péri-tendineuses et les contractures capsulaires étaient libérées pour permettre une mobilisation maximale de la coiffe.

À l'aide d'une pince arthroscopique, la mobilité et la réductibilité de la coiffe des rotateurs étaient évaluées pour déterminer la faisabilité d'une réparation partielle (Fig 3). La zone d'attache trochitérienne de l'infra-épineux était avivée pour favoriser la cicatrisation (Fig 4).

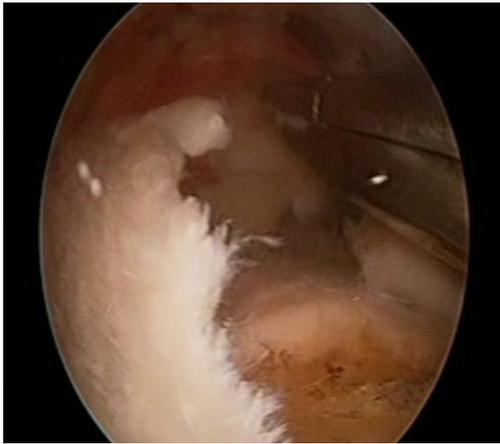


Fig 3 : évaluation de la réductibilité de la coiffe des rotateurs ; **Fig 4** : avivement de la zone d'attache trochantérienne et mise en place d'une ancre de suture sur le sommet du trochiter

Une ancre de suture était placée au sommet du trochiter afin de ramener l'infra-épineux sur la partie postéro-supérieure du trochiter, à l'aide de trois sutures simples (Fig 5). Il était important de ne pas trop ramener l'infra-épineux sur le sommet du trochiter, en lieu et place du supra-épineux, afin de rester le plus anatomique possible par rapport à la position et la tension physiologique de l'infra-épineux (Fig 6).

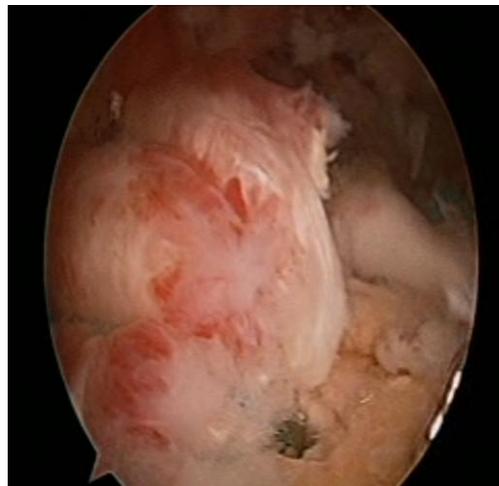


Fig 5 : réalisation des points de sutures ; **Fig 6** : évaluation finale de la réparation pour s'assurer de la bonne tenue de réparation

Une fois la réparation partielle effectuée, une évaluation finale était réalisée pour s'assurer de la bonne tenue de l'infra-épineux.

Les portails arthroscopiques étaient fermés et un coussin d'abduction était mis en place pour une durée de 6 semaines.

IV- Suite post-opératoire :

Deux fois par jour, sans enlever le coussin, le patient effectuait un exercice d'auto-rééducation en élévation antérieure/rotation externe combinée, selon le protocole de Liotard. Cet exercice était appris le lendemain de l'intervention par un kinésithérapeute spécialisé dans la chirurgie de l'épaule, puis le patient rentrait à domicile avec un traitement antalgique adapté. Après l'ablation du coussin, il pouvait reprendre les gestes de la vie quotidienne et commencer la rééducation traditionnelle chez son kinésithérapeute habituel. Le port de charges et les exercices contre-résistance étaient interdits pendant six mois post-opératoires. La reprise du travail était autorisée à trois mois pour les non-manuels et à six mois pour les manuels.

V- Analyse statistique

La saisie des données a été réalisée sur le logiciel Microsoft Excel (Version 2019), l'analyse statistique a été réalisée avec le logiciel SPSS version 20.0 software for Windows (SPSS,Inc,chicago,IL,USA)

Pour comparer les résultats pré et postopératoires ainsi que les résultats de recul, un test T de Student apparié et une analyse par test de chi-2 pour les paramètres qualitatifs ont été réalisés. Un niveau de significativité de $P < .05$ a été utilisé avec un intervalle de confiance de 95%.

RESULTATS

Résultats

I. Clinique

35 patients ont été opérés sur une période de 5 ans pour une rupture massive de la coiffe des rotateurs, ayant bénéficié d'une réparation partielle sous arthroscopie, ont été inclus dans l'étude. Cinq patients sont décédés d'une cause sans rapport avec l'intervention, deux patients sont perdus de vue et quatre patients ont été repris par une PTEI pour échec précoce de la réparation. Au final, 24 patients ont été revus cliniquement et radiologiquement au recul moyen de 9 ans (5-12 ans)

L'âge moyen en préopératoire était de 62 ans (39-72), et au dernier recul de 71 ans (49-80). Il s'agissait d'un sexe masculin dans 62,5% des cas et le coté dominant était atteint dans 75,2 % des cas.

Concernant les critères de jugement, le score de constant était en moyenne de 42 en préopératoire, de 73,5 à 1 an ($p < 0,001$) et de 71,3 au dernier recul ($p = 0,921$). Le score SSV était de 41 en préopératoire, de 72,5 à 1 an ($p < 0,001$), et de 74,5 au dernier recul ($p = 0,473$).

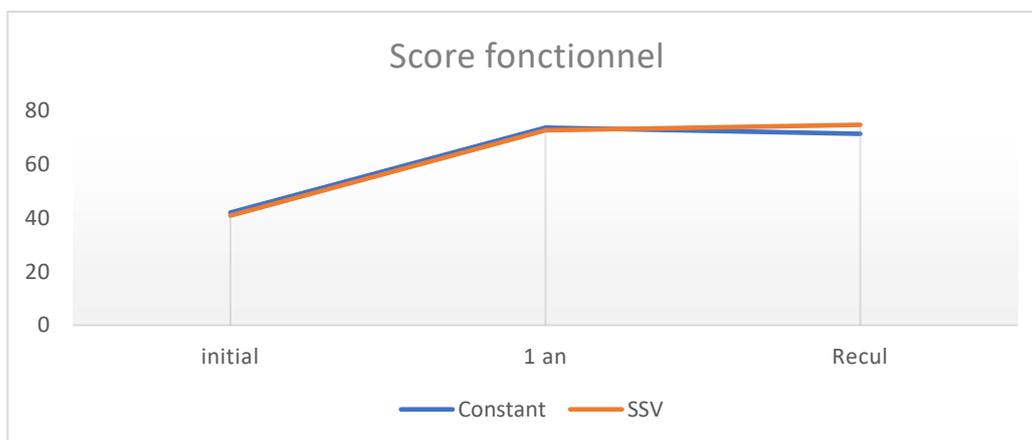


Fig 7 : courbe d'évolution des scores fonctionnels initial, à 1 an puis au dernier recul

Concernant les amplitudes articulaires actives indolores : L'anté-élévation était de 125,8 en préopératoire, puis 172 après 1 an ($p<0,001$) et 168,7 au dernier recul ; la rotation externe était de 43 en préopératoire, de 53,3 à 1 an ($p<0,001$) et puis 50,4 au dernier recul ($p=0,07$) ; l'abduction par ailleurs était de 99,1 initialement puis de 161,6 après 1 an ($p<0,001$), et de 159,6 au dernier recul. (Voir tableau)

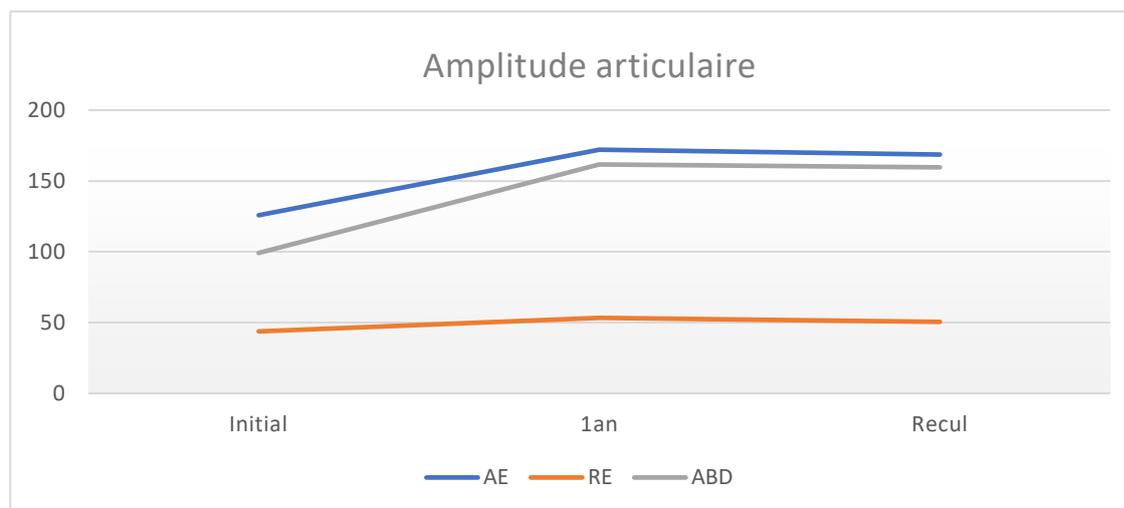


Fig 8 : courbe d'évolution des amplitudes articulaires initial, à 1 an puis au dernier recul

En termes de force de l'infra-épineux. Tous les patients étaient cotés à 3 en préopératoire (M3=24), puis on note une amélioration de la force musculaire chez 21 patients (M3=3, M4=7, M5=14), et au dernier recul, 4 patients (17%) dont la cotation a diminué d'un niveau par rapport à l'évaluation à 1 an.

Une seule complication, à type de syndrome douloureux régional complexe de type 2, chez un patient.

	Initial	1 an	Recul	P value
<u>Score constant</u>				
Douleur /15	6,9 (0-15)	13,1(10-15)	13,5 (10-15)	P1<0,001 ; P2=ns
Activité /20	8,9 (2-13)	17 (9-20)	18,2 (9-20)	P1<0,001 ; P2=0,037
Mobilité /40	23,7(4-38)	36,6 (12-40)	36 (14-40)	P1<0,001 ; P2=ns
FORCE/25	3,1(0-6)	6,5(0-12)	5,6(0-12)	P1<0,001 ; P2=0,092
Total	42(15-59)	73,5(26-87)	71,3(33-87)	P1<0,001 ; P2=ns
<u>Score SSV</u>				
	40,8(10-60)	72,5(30-90)	74,6(50-95)	P1<0,001 ; P2=ns
Force IE	M3 :24	M3 :3 ;M4 :7 ;M5 :14	M3 :6 ;M4 :5 ;M5 :13	
<u>Amplitudes articulaires</u>				
AE	125,8(20-160)	172(80-180)	168,7(110-180)	P1<0,001 ; P2= ns
RE	43,7(0-70)	53,3(0-80)	50,4(0-80)	P1<0,001 ; P2=0,07
ABD	99,1(20-140)	161,6(50-180)	159,6(40-180)	P1<0,001 ; P2 =ns

Fig 9 : Tableau récapitulatif qui objective les variations des scores fonctionnels (score de constant, SSV), la force musculaire de l'IE (infra-épineux), Amplitudes articulaires (Anté-élévation, rotation externe, abduction) le long du suivi (initial, après 1 an, et au dernier recul).

II. Imagerie :

1. La taille de rupture :

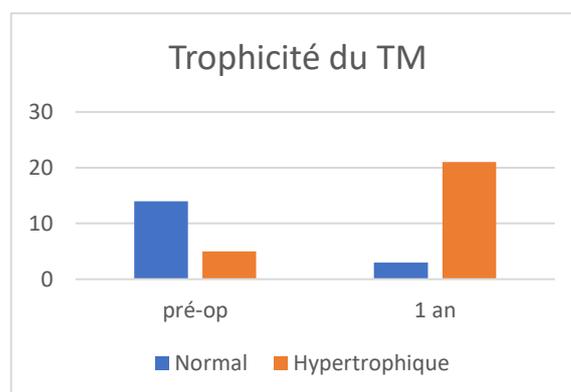
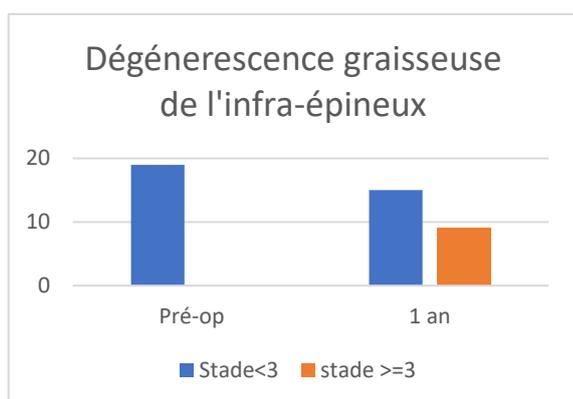
Note une diminution significative de la taille de rupture après la réparation partielle allant de 29,21 mm en pré-op à 17,3 mm en post-op ; $p < 0,001$. (Voir tableau)

2. DG de l'IE :

37,5% des patients ont développé une aggravation de la DG ≥ 3 après 1 an du post-opératoire. (Voir tableau)

3. Trophicité du TM :

Le TM est devenu hypertrophique chez 87,5% des patients après 1 an. (Voir tableau)



4. La cicatrisation de l'infra-épineux :

Nous avons évalué la cicatrisation selon la classification de Suagaya et nous avons considéré le statut cicatrisé devant les stades 1,2,3 ; dans notre série la cicatrisation de l'infra-épineux a été obtenue dans 75% des patients.

5. DG du SS scapulaire :

Tous les patients ont gardé un stade <3 de DG lors de l'IRM de contrôle à 1 an. (Voir tableau)

Imagerie	Taille de la rupture	DG IE					DG ss scap					Trophicité TM	
		S0	S1	S2	S3	S4	0	1	2	3	4	N	Hy
Initial	29,21	4	8	7	0	0	16	3	0	0	0	14	5
1 an	17,3	3	4	8	9	0	19	4	1	0	0	3	21

Fig 10 : Tableau qui objective les variations de l'imagerie (taille de rupture, dégénérescence graisseuse intéressant l'infra-épineux, le sous-scapulaire, ainsi que la trophicité du teres minor) entre le bilan initial et après 1 an

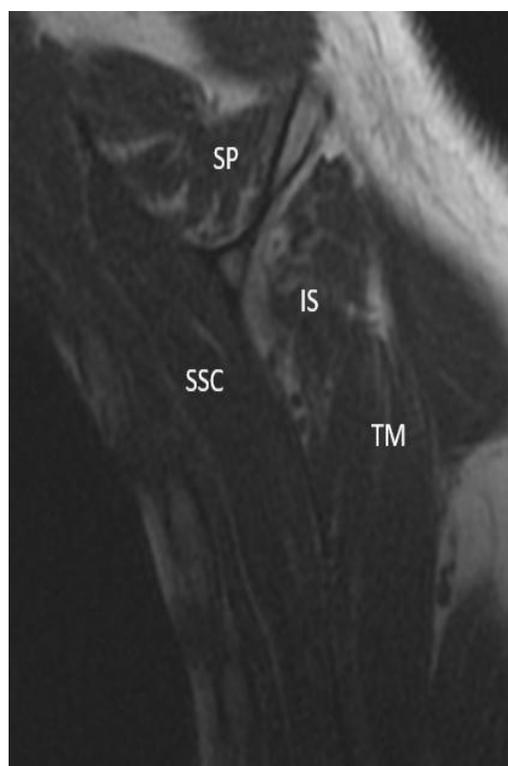


Fig 11 : Coupe en Y d'IRM qui objective l'involution graisseuse du tendon supra-épineux, et l'infra-épineux, ainsi que l'hypertrophie du TM

6. Omarthrose :

08 patients qui correspondent à 33% ont développé une omarthrose avancée sur les radiographies du dernier recul

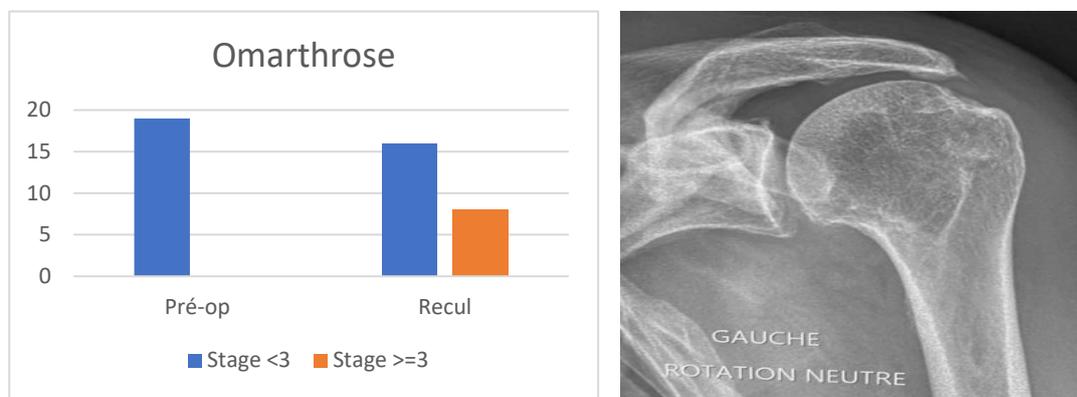


Fig 12 : évolution d'omarthrose \geq stade 3 au dernier recul ; **Fig 13** : radiographie de face chez un patient qui présente une omarthrose stade 4 selon Hamada

III. Facteurs prédictifs de l'omarthrose :

1. La cicatrisation de l'infra-épineux

Nous avons étudié également l'impact de la cicatrisation du tendon infra-épineux, sur l'évolution arthrosique selon Hamada. Il a été retrouvé une omarthrose \geq au stade 3 chez tous les patients, quand l'infra-épineux n'a pas cicatrisé, avec un taux de significativité sur un **test de chi-2 pearson $p=0,046$** .

		Omarthrose		P value
		Stade < 3	Stade \geq 3	
Statut de l'IE	Cicatrisé	16	0	P=0,046
	Non Cicatrisé	0	8	

2. La DG de l'infra-épineux :

Elle constitue également un facteur prédictif de l'aggravation de l'omarthrose, 75% des patients ayant une omarthrose \geq stade 3, ont une DG \geq 3, avec un taux de significativité sur un test de chi-2 pearson ; $p=0,007$.

		Omarthrose		P value
		Stade < 3	Stade \geq 3	
DG de l'IE	< 3	13	2	P=0,007
	\geq 3	3	6	

Discussion

Le traitement des ruptures massives de la coiffe des rotateurs représente un défi pour les chirurgiens orthopédistes, avec une prévalence de 40% de toutes les ruptures. Dans le contexte anglo-saxon, il n'existe pratiquement pas de distinction entre une rupture irréparable et une rupture massive de la coiffe des rotateurs. En France, selon les recommandations de la HAS 2008, une rupture irréparable, en dehors d'une dégénérescence graisseuse avancée, est une rupture qui ne peut pas être suturée directement. En fin de compte, seul le testing peropératoire permet de déterminer la réparabilité de la rupture.

Pour les ruptures massives, le nombre de tendons rompus est un facteur crucial. Selon Gerber, une rupture massive implique la déchirure d'au moins deux tendons. Pour d'autres, la taille de la rupture est déterminante ; ainsi, une déchirure supérieure à 5 cm est considérée comme massive. Enfin, Collin préfère utiliser une classification basée sur les tendons rompus, en association avec le supra-épineux, selon cinq types (voir Fig. 1).

Dans notre série, nous avons inclus les ruptures de types C et D selon la classification de Collin. Cela comprend les ruptures non directement suturables du supra-épineux avec une extension complète ou incomplète à l'infra-épineux (type D), ainsi que les ruptures présentant une extension débutante sur le sous-scapulaire (type C). Tous nos patients ont bénéficié d'un traitement arthroscopique basé sur la réparation du couple de force antérieur et postérieur, conformément au principe de réparation partielle de la coiffe décrit par Burkhart (22,23). Les résultats ont démontré l'efficacité de cette technique sur le plan clinique, avec une amélioration significative des scores fonctionnels (Constant, SSV), des amplitudes articulaires (anté-élévation, rotation externe, abduction, etc.) et de la force musculaire, qui se maintient à long terme, jusqu'à 9 ans en moyenne. La détérioration structurelle de la coiffe a été constatée lors des examens d'imagerie (arthroscanner et arthro-IRM à 1 an et radiographies standard au dernier recul), révélant une **dégénérescence graisseuse de l'infra-épineux** dans 37,5% des cas, atteignant le stade 3 ou plus après un an. De plus, selon la classification de Sugaya, **l'absence de cicatrisation de l'infra-épineux** a été observée chez 1/3 des

patients, ces deux facteurs impactent de manière péjorative l'évolution arthrosique de l'épaule avec un test de corrélation de χ^2 significative pour les deux facteurs. La trophicité du TM a été évaluée, et 87,5% des patients sont devenus hypertrophiques comme preuve de compensation de l'infra-épineux affaiblis lors de la rotation externe.

Burkhart a introduit le concept de la réparation partielle sur la base de la restauration des couples de forces biomécaniques et de l'augmentation des distances acromio-humérales, en transformant ainsi une rupture de coiffe symptomatique à une rupture fonctionnelle améliorant ainsi la douleur et la qualité de vie quotidienne (22, 23).

Certes une réparation complète des ruptures massives de la coiffe des rotateurs donne toujours de bons résultats, cependant ce n'est pas toujours chirurgicalement possible en raison d'une mauvaise qualité tissulaire, d'une perte de tendon, d'une rétraction sévère ou d'une tension accrue de la réparation majorant ainsi le risque d'échecs (21). Dans ces cas, la technique de réparation partielle des ruptures massives de la coiffe est utilisée avec succès.

Les résultats de la réparation partielle ont été analysés par plusieurs équipes (24, 25, 26). La majorité de ces études sont à court terme, avec un suivi moyen de deux ans. Globalement, les résultats fonctionnels ont montré une amélioration significative par rapport aux niveaux préopératoires. Plusieurs études ont comparé les résultats entre la réparation complète et partielle. Moser et al. (27) ont constaté que la rotation externe active était significativement meilleure dans le groupe de réparation complète par rapport à la réparation partielle ; cependant, les différences de douleur subjective et de fonction n'étaient pas statistiquement significatives.

Une série menée par Godenèche (55) a démontré une amélioration significative des scores fonctionnels dans les deux groupes, qu'il s'agisse de réparation partielle ou complète, ainsi qu'une augmentation de la force musculaire. Une autre étude réalisée par Kim et al. (28) a comparé les résultats cliniques à 2 ans entre une réparation

arthroscopique complète de la coiffe des rotateurs et une réparation partielle avec convergence marginale. Aucune différence statistiquement significative n'a été trouvée concernant les résultats fonctionnels entre les deux groupes lors du suivi. De plus, dans une autre étude, ils ont montré une diminution significative de la distance acromio-humérale après la chirurgie, sans rapporter de changements ostéo-arthrosiques chez aucun de leurs patients. En revanche, Shon et al. (29) ont observé que plus d'un tiers de leurs patients présentaient des résultats radiographiques détériorés.

Ces conclusions corroborent nos résultats, obtenus sur une période de suivi moyenne de 9 ans, qui ont révélé un stade avancé d'omarthrose (stade 4) chez 1/3 des patients.

Récemment, Su et al. (30) ont mené une étude sur des cadavres pour examiner les effets biomécaniques de la taille des ruptures postéro-supérieures de la coiffe des rotateurs et le chargement du tendon du long biceps (LHB) en présence de ruptures de tailles différentes. Ils ont montré que si l'infra-épineux restait intact, il n'y avait aucune différence significative dans la translation gléno-humérale pour n'importe quelle charge étudiée. Cependant, une fois que le supra-épineux et l'infra-épineux ont été libérés, une charge de 50N a entraîné une augmentation significative de la translation dans les directions supérieure et antérosupérieure. Pour les spécimens intacts et pour toutes les tailles de ruptures de la coiffe des rotateurs, le chargement du biceps a conduit à une diminution significative de la translation gléno-humérale.

Nous postulons que ces données biomécaniques peuvent justifier le rôle préventif de la réparation partielle dans le développement de l'arthropathie de la coiffe des rotateurs. Les bons résultats de la réparation du tendon infra-épineux peuvent être indirectement démontrés par le maintien de la distance acromio-humérale lors d'un suivi à long terme, en raison de la diminution bien connue de cette distance avec l'élargissement de la taille de la rupture.

Nous avons étudié l'impact de la cicatrisation du tendon infra-épineux, sur la translation gléno-humérale selon Hamada, notre série a objectivé une omarthrose ≥ 3 dans 100% des cas, quand l'infra-épineux n'a pas cicatrisé, avec un taux de significativité sur **un test de chi-2 pearson p=0,046**.

Toutes les techniques de chirurgie ouverte et arthroscopiques présentent leurs limitations dans le traitement de ce problème, et les options thérapeutiques diffèrent en fonction de l'âge du patient, le niveau d'activité, le degré d'invalidité. (4,5,6,7,8,9,10)

L'objectif principal de la majorité des chirurgies proposées dans le traitement des ruptures massives irréparables de la coiffe postéro-supérieure est la préservation d'un espace sous acromial et la prévention contre une aggravation omarthrosique.

Les procédures de débridement de la coiffe des rotateurs qualifié de « procédures de sauvetage » sont indiquées chez les patients âgés, présentant des déchirures irréparables et des attentes fonctionnelles limitées, après l'échec d'une prise en charge non opératoire. Idéalement, le patient devrait avoir un muscle deltoïde compétent et une voûte coraco-acromiale intacte (12,13), ainsi l'absence de pseudo paralysie ou d'arthropathie sévère de la coiffe des rotateurs (14).

Les principaux objectifs de cette chirurgie sont de soulager la douleur et d'améliorer l'amplitude de mouvement. Rockwood et al (13) ont démontré un taux de satisfaction de 83 % dans une cohorte de 50 patients avec des déchirures massives irréparables 6,5 ans après un débridement ouvert et une décompression sous-acromiale. L'amplitude active de flexion antérieure moyenne est passée de 105° avant l'intervention à 140° après chez leur cohorte. Ces résultats ont été confirmés par Gartsman (16), qui a rapporté un taux de satisfaction de 79% chez les patients présentant des déchirures irréparables de la coiffe des rotateurs avec diminution de la douleur, amélioration des amplitudes de mouvement et la capacité d'effectuer les activités de la vie quotidienne, mais la force de l'élévation a significativement diminué après la chirurgie.

Les lésions du tendon long biceps surviennent fréquemment en association avec les ruptures de la coiffe des rotateurs, et elles sont identifiées comme source de douleur persistante qui peut se résoudre avec une rupture spontanée.

Ce qui a conduit à **l'introduction de la ténotomie du biceps** comme option de traitement pour les patients présentant des ruptures massives de la coiffe. Chez des patients sélectionnés, la ténotomie/ténodèse produit une bonne amélioration objective et un degré élevé de satisfaction des patients. Plusieurs études ont montré la longévité du soulagement de la douleur ; malgré ces améliorations, cette technique arthroscopique peut augmenter la translation supérieure de la tête humérale lors de l'abduction active de l'épaule dans le plan scapulaire. (17)

Walch et al (18) ont rapporté les résultats à long terme de 307 ténotomies du biceps, dont 110 ont été réalisées avec une acromioplastie concomitante, en tant que traitement palliatif pour les ruptures massives de la coiffe. En moyenne, 57 mois après l'opération, 87 % des patients étaient satisfaits ou très satisfaits et le score Constant moyen avait augmenté à 67,6 points, comparé à 48 points avant l'intervention. Comme prévu, la rotation externe active n'a pas été améliorée après la chirurgie.

Boileau et al (19) ont évalué les résultats cliniques et radiographiques de la ténotomie ou de la ténodèse arthroscopique isolée du biceps en tant que traitement des ruptures irréparables associées à une lésion du biceps. Ils ont constaté une diminution significative de la distance acromio-huméral de 1,1 mm, mais seul un patient a progressé vers une arthropathie complète, et ils ont conclu que la pseudo-paralysie de l'épaule et l'arthropathie grave de la coiffe des rotateurs sont des contre-indications à cette procédure.

Klinger et al (20) ont comparé les résultats du débridement arthroscopique dans les ruptures massives et irréparables, avec et sans ténotomie du long biceps (LB), dans 41 cas. Ils ont conclu que la ténotomie supplémentaire du LB n'a pas influencé de manière significative les résultats postopératoires lors du dernier suivi, et ils n'ont pas

observé de migration significative de la tête humérale ou le développement d'une arthropathie de la coiffe des rotateurs après la chirurgie. Dans notre série la ténotomie ou ténodèse du long biceps en association avec l'acromioplastie ont été réalisés de façon systématique chez tous les patients.

La reconstruction capsulaire supérieure à l'aide d'un allogreffe dermique humain ou d'une aponévrose de fascia lata autologue a été suggérée comme une alternative pour traiter les ruptures massives irréparables de la coiffe des rotateurs. (31)

Étant donné que la capsule supérieure s'attache à une partie significative de la grande tubérosité, elle est souvent rompue lorsque des déchirures complètes du supra-épineux ou de l'infra-épineux se produisent (32). Une étude biomécanique a déterminé que les défauts de la capsule supérieure entraînaient une augmentation de la translation gléno-humérale dans toutes les directions, en particulier avec une translation supérieure à 5° et 30° d'abduction (33). Sur le plan biomécanique, la reconstruction de la capsule supérieure avec un greffon en patch attaché médialement à la glène supérieure et latéralement à la grande tubérosité a rétabli la translation supérieure dans des conditions physiologiques. (34)

Les transferts musculaires du grand dorsal (35,36,37) et le trapèze inférieur ont également été décrits pour améliorer la douleur et la fonction, généralement chez les patients plus jeunes présentant des ruptures irréparables de la coiffe des rotateurs.

Surena Namdari et al (38) ont publié les résultats du lambeau de grand dorsal, traitement de référence des ruptures irréparables de la coiffe postéro-supérieure chez le sujet jeune dans une revue systématique de la littérature incluant 10 études, 258 patients, d'âge moyen 58 ans avec un recul de 45 mois (49). Il existait une amélioration significative du score moyen de Constant passant de 45,9 à 73,2. L'élévation active moyenne était également significative de 101,9 degrés à 137,4 degrés ($p < 0,001$) et la rotation externe de 16,8 degrés à 27 degrés ($p < 0,001$). Les facteurs de mauvais

pronostics étaient une dégénérescence graisseuse avancée du petit rond et un sous scapulaire déficients.

Elhassan et al ont récemment décrit le lambeau de trapèze inférieur dans le traitement des ruptures postéro-supérieures (39). Dans cette série de 33 patients d'âge moyen 53 ans, à 4 ans de recul, l'élévation moyenne était de 120 degrés avec une rotation externe de 50 degrés et un soulagement efficace de la douleur. Les résultats étaient meilleurs avec une élévation préopératoire supérieure à 60 degrés. Ce transfert aurait pour avantage par rapport au grand dorsal de mieux simuler biomécaniquement la coiffe postéro-supérieure en raison d'une meilleure insertion du trapèze (40)

Les lambeaux permettent certes un abaissement de la tête humérale mais ne permettent pas un recentrage strict au centre de la glène. Avec le temps une petite déviation postérieure responsable d'arthrose pourrait être constatée, associée à une diminution de leurs effets. De plus, qu'il s'agisse d'un traitement par reconstruction capsulaire postéro-supérieure ou par lambeau de grand dorsal, un sous scapulaire intact est essentiel au centrage de la tête lors de la mobilisation surtout en élévation, au contraire du lambeau de trapèze (39).

L'arthroplastie inversée d'épaule est sans conteste le traitement de référence des ruptures postéro-supérieures chez le sujet de plus de 70 ans en permettant un soulagement efficace de la douleur et une restauration de la fonction (41). Elle a pour avantage de traiter en plus de la rupture, l'omarthrose avancée (Hamada >3). Boileau a rapporté des résultats encourageant à 50 mois. Les meilleurs résultats étaient chez les patients pseudo-paralytiques avec une amélioration de l'élévation antérieure statistiquement significative (56 degrés à 123 degrés) avec seulement 7% des patients insatisfaits (41).

Certaines études ont montré une amélioration plus importante en termes de soulagement de la douleur, de fonction et de satisfaction chez les patients de moins de 65 ans (42) ou de 60 ans (43) ; cependant, des taux élevés de complications de 37,5 %

et de 25,0 % (44) ont été observés, respectivement. Guery et al. ont rapporté une survie à 10 ans après une rTSA de 58 %, recommandant donc que la rTSA soit réservée aux patients de plus de 70 ans avec de faibles exigences fonctionnelles (45). Cette affirmation a été soutenue par Favard et al qui ont rapporté une détérioration à la fois clinique et radiologique au fil du temps, recommandant donc la prudence quant à l'indication de l'arthroplastie inversée de l'épaule, en particulier chez les patients plus jeunes (46). Dans notre série la prothèse inversé de l'épaule se présentait comme technique définitive et radical, elle a été réservée chez cinq patients qui présentaient un échec précoce de la réparation partielle après 6 mois à 1 an post-opératoire, la satisfaction des patients le taux de complication ainsi que les facteurs d'échecs précoce sont en cours d'étude,

La principale limite de notre étude est le faible nombre de patients inclus dans la série, des études à grands échelles sont recommandées cela permettra de tirer des conclusions plus claires concernant les différents facteurs évolutifs prédictifs d'omarthrose avancée.

Conclusion :

La réparation partielle de rupture massive et irréparable de la coiffe postérosupérieure par le rétablissement d'une biomécanique correcte grâce aux couples de forces antérieur et postérieur qui stabilisent le centre de rotation gléno-huméral permet une bonne amélioration fonctionnelle qui se maintient pour le moment à 9 ans post-opératoire. On note une dégradation arthrosique progressive par ascension de la tête humérale quand l'infra-épineux n'est pas assez fonctionnel ($DG > 3$ à 1 an post-opératoire). La conservation d'une trophicité musculaire correcte de l'IE en préopératoire est donc nécessaire pour la réussite à long terme de la réparation partielle dans les ruptures massives et irréparables de la coiffe des rotateurs.

Conflit d'intérêt : Aucun conflit d'intérêt

Bibliographie :

Références :

1. Gerber C, Fuchs B, Hodler J. The results of repair of massive tears of the rotator cuff. *J Bone Joint Surg Am*. avr 2000;82(4):505-15.
2. Bateman JE. THE DIAGNOSIS AND TREATMENT OF RUPTURES OF THE ROTATOR CUFF. *Surg Clin North Am*. déc 1963;43:1523-30
3. Collin P, Matsumura N, Lädermann A, Denard PJ, Walch G. Relationship between massive chronic rotator cuff tear pattern and loss of active shoulder range of motion. *J Shoulder Elb Surg Am Shoulder Elb Surg al*. août 2014;23(8):1195-202.
4. Ladermann A, Denard PJ, Collin P. Massive rotator cuff tears definition and treatment. *International Orthopaedics (SICOT)* 2015; 39: 2403-14.
5. DeOrto JK, Cofield RH. Results of a second attempt at surgical repair of a failed initial rotator-cuff repair. *J Bone Joint Surg Am* 1984;66:563-7.
6. Yamaguchi K, Tetro AM, Blam O, Evanoff BA, Teefey SA, Middleton WD. Natural history of asymptomatic rotator cuff tears: a longitudinal analysis of asymptomatic tears detected sonographically. *J Shoulder Elbow Surg* 2001;10:199-203
7. Jeanfavre M, Husted S, Leff G. EXERCISE THERAPY IN THE NON-OPERATIVE TREATMENT OF FULL-THICKNESS ROTATOR CUFF TEARS: A SYSTEMATIC REVIEW. *Int J Sports Phys Ther*. 2018 Jun;13(3):335-378. PMID: 30038823; PMCID:PMC6044593.
8. Alessandro Beltrame, Paolo Di Benedetto, Daniele Salviato, Giuseppe Niccoli, Renato Gisonni, Vanni Cainero, Araldo Causero. The SMR reverse shoulder arthroplasty in rotator cuff arthropathy management. *Acta Biomed* 2017; Vol. 88, Supplement 4: 81-89 DOI: 10.23750/abm.v88i4 -S.6798c Mattioli188
9. Rockwood CA Jr, Williams GR Jr, Burkhead WZ Jr. Debridement of degenerative, irreparable lesions of the rotator cuff. *J Bone Joint Surg Am* 1995;77:857-66
10. Di Benedetto P, Beltrame A, Cicuto C, Battistella C, Gisonni R, Cainero V, Causero A. Rotator cuff tears reparability index based on pre-operative MRI: our experience. *Acta Biomed*. 2019 Jan 10;90(1-S):36-46. doi: 10.23750/abm.v90i1-S.8074. PMID: 30714997; PMCID: PMC6503408.
11. Levy O, Mullett H, Roberts S, Copeland S. The role of anterior deltoid reeducation in patients with massive irreparable degenerative rotator cuff tears. *J Shoulder Elb Surg Am Shoulder Elb Surg al*. déc 2008;17(6):863-70.
12. Williams GR Jr, Rockwood CA Jr, Bigliani LU, Iannotti JP, Stanwood W. Rotator cuff tears: why do we repair them? *J Bone Joint Surg Am* 2004;86:2764-76.
13. Rockwood CA Jr, Williams GR Jr, Burkhead WZ Jr. Debridement of degenerative, irreparable lesions of the rotator cuff. *J Bone Joint Surg Am* 1995;77:857-66
14. Boileau P, Baqu_e F, Valerio L, Ahrens P, Chuinard C, Trojani C. Isolated arthroscopic biceps tenotomy or tenodesis improves symptoms in patients with massive irreparable rotator cuff tears. *J Bone Joint Surg Am* 2007;89:747-57. <http://dx.doi.org/10.2106/JBJS.E.01097>.
15. Zingg PO, Jost B, Sukthankar A, Buhler M, Pfirrmann CWA, Gerber C. Clinical and structural outcomes of nonoperative management of massive rotator cuff tears. *J Bone Joint Surg Am* 2007;89:1928-34. <http://dx.doi.org/10.2106/JBJS.F.01073>

16. Gartsman GM. Massive, irreparable tears of the rotator cuff. Results of operative debridement and subacromial decompression. *J Bone Joint Surg Am* 1997;79:715-21
17. Warner JJ, McMahon PJ. The role of the long head of the biceps brachii in superior stability of the glenohumeral joint. *J Bone Joint Surg Am* 1995;77:366-72.
18. Walch G, Edwards TB, Boulahia A, Nov_e-Josserand L, Neyton L, Szabo I. Arthroscopic tenotomy of the long head of the biceps in the treatment of rotator cuff tears: clinical and radiographic results of 307 cases. *J Shoulder Elbow Surg* 2005;14:238-46. doi:10.1016/j.jse.2004.07.008
19. Boileau P, Baqu_e F, Valerio L, Ahrens P, Chuinard C, Trojani C. Isolated arthroscopic biceps tenotomy or tenodesis improves symptoms in patients with massive irreparable rotator cuff tears. *J Bone Joint Surg Am* 2007;89:747-57. doi:10.2106/JBJS.E.01097
20. Klinger HM, Spahn G, Baums MH, Steckel H. Arthroscopic debridement of irreparable massive rotator cuff tears: a comparison of debridement alone and combined procedure with biceps tenotomy. *Acta Chir Belg* 2005;105:297-301.
21. Holtby R, Razmjou H. Relationship between clinical and surgical findings and reparability of large and massive rotator cuff tears: a longitudinal study. *BMC Musculoskelet Disord* 2014;15:180. <http://dx.doi.org/10.1186/1471-2474-15-180>
22. Burkhart SS. Partial repair of massive rotator cuff tears: the evolution of a concept. *Orthop Clin North Am* 1997;28:125-32
23. Burkhart SS, Nottage WM, Ogilvie-Harris DJ, Kohn HS, Pachelli A. Partial repair of irreparable rotator cuff tears. *Arthroscopy* 1994;10:363-70.
24. Mazzocca AD, Millett PJ, Guancho CA, Santangelo SA, Arciero RA. Arthroscopic single-row versus double-row suture anchor rotator cuff repair. *Am J Sports Med* 2005;33:1861- 8. <http://dx.doi.org/10.1177/0363546505279575>
25. Berth A, Neumann W, Awiszus F, Pap G. Massive rotator cuff tears: functional outcome after debridement or arthroscopic partial repair. *J Orthop Trauma* 2010;11:13-20. <http://dx.doi.org/10.1007/s10195-010-0084-0>
26. Porcellini G, Castagna A, Cesari E, Merolla G, Pellegrini A, Paladini P. Partial repair of irreparable supraspinatus tendon tears: clinical and radiographic evaluations at long-term follow-up. *J Shoulder Elbow Surg* 2011;20:1170-7. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jse.2010.11.002>
27. 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
28. Di Benedetto ED, Di Benedetto P, Fiocchi A, Beltrame A, Causero A. Partial repair in irreparable rotator cuff tear: our experience in long-term follow-up. *Acta Biomed.* 2017 Oct 18;88(4S):69-74. doi: 10.23750/abm.v88i4-S.6796. PMID: 29083356; PMCID: PMC6357661.
29. Yoo JC, Koh KH, Woo KJ, Shon MS, Koo KH. Clinical and radiographic results of partial repairs in irreparable rotator cuff tears: preliminary report (SS-05) [abstract]. *Arthroscopy* 2010;26(Suppl):e3. doi:10.1016/j.arthro.2010.04.0
30. Su WR, Budoff JE, Luo ZP. The effect of posterosuperior rotator cuff tears and biceps loading on glenohumeral translation. *Arthroscopy* 2010;26:578-86. doi:10.1016/j.arthro.2009.09.007

31. Mihata T, Lee TQ, Watanabe C, Fukunishi K, Ohue M, Tsujimura T, et al. Clinical results of arthroscopic superior capsule reconstruction for irreparable rotator cuff tears. *Arthroscopy* 2013;29:459-70. <http://dx.doi.org/10.1016/j.arthro.2012.10.022>
32. Nimura A, Kato A, Yamaguchi K, Mochizuki T, Okawa A, Sugaya H, et al. The superior capsule of the shoulder joint complements the insertion of the rotator cuff. *J Shoulder Elbow Surg* 2012; 21:867-72. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jse.2011.04.03497>.
33. Ishihara Y, Mihata T, Tamboli M, Nguyen L, Park KJ, McGarry MH, et al. Role of the superior shoulder capsule in passive stability of the glenohumeral joint. *J Shoulder Elbow Surg* 2014;23:642-8. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jse.2013.09.025>
34. Mihata T, McGarry MH, Pirolo JM, Kinoshita M, Lee TQ. Superior capsular reconstruction to restore superior stability in irreparable rotator cuff tears: a biomechanical and cadaveric study. *Am J Sports Med* 2012;38:369-74. <http://dx.doi.org/10.1177/0363546512456195>
35. Gerber C, Maquieira G, Espinosa N. Latissimus dorsi transfer for the treatment of irreparable rotator cuff tears. *J Bone Joint Surg Am* 2006; 88:113-20. doi:10.2106/JBJS.E.00282
36. Habermeyer P, Magosch P, Rudolph T, Lichtenberg S, Liem D. Transfer of the tendon of latissimus dorsi for the treatment of massive tears of the rotator cuff: a new single-incision technique. *J Bone Joint Surg Br* 2006;88:208-12. doi:10.1302/0301-620X.88B2.16830
37. Warner JJ. Management of massive irreparable rotator cuff tears: the role of tendon transfer. *Instr Course Lect* 2001;50:63-71.
38. Namdari S, Voleti P, Baldwin K, Glaser D, Huffman GR. Latissimus dorsi tendon transfer for irreparable rotator cuff tears: a systematic review. *J Bone Joint Surg Am*. 16 mai 2012;94(10):891-8.
39. Elhassan BT, Wagner ER, Werthel J-D. Outcome of lower trapezius transfer to reconstruct massive irreparable posterior-superior rotator cuff tear. *J Shoulder Elb Surg Am Shoulder Elb Surg al*. août 2016;25(8):1346-53.
40. Omid R, Heckmann N, Wang L, McGarry MH, Vangsness CT, Lee TQ. Biomechanical comparison between the trapezius transfer and latissimus transfer for irreparable posterosuperior rotator cuff tears. *J Shoulder Elb Surg Am Shoulder Elb Surg al*. oct 2015;24(10):1635-43.
41. Boileau P, Gonzalez J-F, Chuinard C, Bicknell R, Walch G. Reverse total shoulder arthroplasty after failed rotator cuff surgery. *J Shoulder Elb Surg Am Shoulder Elb Surg al*. août 2009;18(4):600-6.
42. Galatz LM, Connor PM, Calfee RP, Hsu JC, Yamaguchi K. Pectoralis major transfer for anterior-superior subluxation in massive rotator cuff insufficiency. *J Shoulder Elbow Surg* 2003;12:1-5. <http://dx.doi.org/10.1067/mse.2003.128137>
43. Sershen RA, Van Thiel GS, Lin EC, McGill KC, Cole BJ, Verma NN, et al. Clinical outcomes of reverse total shoulder arthroplasty in patients aged younger than 60 years. *J Shoulder Elbow Surg* 2014;23:395-400. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jse.2013.07.047>
44. Konrad GG, Sudkamp NP, Kreuz PC, Jolly JT, McMahan PJ, Debski RE. Pectoralis major tendon transfers above or underneath the conjoint tendon in subscapularis-deficient shoulders: an in vitro biomechanical analysis. *J Bone Joint Surg Am* 2007;89:2477-84. <http://dx.doi.org/10.2106/JBJS.F.00811>

45. Guery J, Favard L, Sirveaux F, Oudet D, Mole D, Walch G. Reverse total shoulder arthroplasty. Survivorship analysis of eighty replacements followed for five to ten years. *J Bone Joint Surg Am* 2006;88:1742-7. <http://dx.doi.org/10.2106/JBJS.E.00851>
46. Favard L, Levigne C, Nerot C, Gerber C, De Wilde L, Mole D. Reverse prostheses in arthropathies with cuff tear: are survivorship and function maintained over time? *Clin Orthop Relat Res* 2011;469:2469-75. <http://dx.doi.org/10.1007/s11999-011-1833-y>
47. Cavalier M, Jullion S, Kany J, Grimberg J, Lefebvre Y, Oudet D, Grosclaude S, Charousset C, Boileau P, Joudet T, Bonneville N; French Arthroscopic Society. Management of Massive Rotator Cuff Tears: Prospective study in 218 patients. *Orthop Traumatol Surg Res*. 2018 Dec;104(8S):S193-S197. doi: 10.1016/j.otsr.2018.09.007. Epub 2018 Sep 22. PMID: 30253987.
48. Compston, A. (2010). Aids to the Investigation of Peripheral Nerve Injuries. Medical Research Council: Nerve Injuries Research Committee. His Majesty's Stationery Office: 1942; pp. 48 (iii) and 74 figures and 7 diagrams; with Aids to the Examination of the Peripheral Nervous System. By Michael O'Brien for the Guarantors of Brain. Saunders Elsevier: 2010; pp. [8] 64 and 94 Figures. *Brain*, 133(10), 2838–2844. doi:10.1093/brain/awq270
49. Leung B, Horodyski M, Struk AM, Wright TW. Functional outcome of hemiarthroplasty compared with reverse total shoulder arthroplasty in the treatment of rotator cuff tear arthropathy. *J Shoulder Elbow Surg* 2012;21:319-23. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jse.2011.05.023>
50. Ek ET, Neukom L, Catanzaro S, Gerber C. Reverse total shoulder arthroplasty for massive irreparable rotator cuff tears in patients younger than 65 years old: results after five to fifteen years. *J Shoulder Elbow Surg* 2013
51. Denard PJ, Jiwani AZ, Lädermann A, Burkhart SS. Long-term outcome of arthroscopic massive rotator cuff repair: the importance of double-row fixation. *Arthroscopy* 2012;28:909-15. <http://dx.doi.org/10.1016/j.arthro.2011.12.007>
52. Greenspoon JA, Petri M, Warth RJ, Millett PJ. Massive rotator cuff tears: pathomechanics, current treatment options, and clinical outcomes. *J Shoulder Elbow Surg* 2015;24:1493-505. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jse.2015.04.005>

53. Kim SJ, Lee IS, Kim SH, Lee WY, Chun YM. Arthroscopic partial repair of irreparable large to massive rotator cuff tears. *Arthroscopy* 2012;28:761-8. <http://dx.doi.org/10.1016/j.arthro.2011.11.018>
54. Paribelli G, Boschi S, Randelli P, Compagnoni R, Leonardi F, Cassarino AM. Clinical outcome of latissimus dorsi tendon transfer and partial cuff repair in irreparable postero-superior rotator cuff tear. *Musculoskelet Surg* 2015;99:127-32. <http://dx.doi.org/10.1007/s12306-015-0353-4>
55. Godenèche A, Freychet B, Lanzetti RM, Clechet J, Carrillon Y, Saffarini M. Should massive rotator cuff tears be reconstructed even when only partially repairable? *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2017 Jul;25(7):2164-2173. doi: 10.1007/s00167-016-4105-2. Epub 2016 Apr 7. PMID: 27056691.