

Restauration fonctionnelle de l'épaule 24 semaines après réparation de la coiffe des rotateurs. Étude pilote de faisabilité et d'efficacité

*Functional restoration of the shoulder 24 weeks
after rotator cuff repair. Pilot study of feasibility
and effectiveness*

Gilles Bruyère^a
Antonin Zoubian^a
Joséphine Bertin-Ciftci^b
Frédéric Thizy^a
Florence Chopin^a

^aService neuro-locomoteur de Soins de suite et
réadaptation Clos Champirol-LNA Santé, 81, avenue
Albert-Raimond, 42270 Saint-Priest-en-Jarez, France
^bPôle Recherche clinique et Programmes
thérapeutiques, LNA santé, 7, boulevard Auguste-
Priou, 44120 Vertou, France

Reçu le 20 mai 2021 ; reçu sous la forme révisée le
25 juillet 2021 ; accepté le 31 juillet 2021

RÉSUMÉ

Objectif. – Explorer la faisabilité, la sécurité et l'efficacité d'un programme de restauration fonctionnelle de l'épaule de travailleurs manuels ou sportifs, 24 semaines après une réparation de la coiffe des rotateurs.

Méthode. – Essai pilote prospectif de 43 adultes (âge moyen de 50 ± 7 ans), travailleurs manuels ou sportifs, en cours de rééducation après réparation de la coiffe des rotateurs. Programme de restauration fonctionnelle de l'épaule de trois semaines, 24 semaines après la chirurgie. Le critère de jugement principal était le score fonctionnel de l'épaule de Constant.

Résultats. – Le score Constant moyen de l'épaule a été amélioré ; il est passé de 74 ± 10 points au départ à 85 ± 7 points à la fin du programme de restauration fonctionnelle de l'épaule ($p < 0,001$), avec une nouvelle progression à 88 ± 6 points à la fin du suivi ($p < 0,001$). Aucune re-rupture clinique n'a été détectée.

Conclusion. – Six mois après réparation de la coiffe des rotateurs chez des travailleurs manuels ou sportifs, un programme de restauration fonctionnelle de l'épaule de trois semaines, associé aux soins habituels, est faisable et semble accélérer la récupération.

Niveau de preuve : 3.

© 2021 Elsevier Masson SAS. Tous droits réservés

SUMMARY

Objective. – To explore the feasibility, safety and efficacy of a functional shoulder restoration program for manual and athletic workers 24 weeks after rotator cuff repair.

Method. – Prospective pilot trial with 43 adult participants (mean age 50 ± 7 years), manual workers or athletes, undergoing rehabilitation after rotator cuff repair. Three-week functional shoulder restoration program 24 weeks after surgery.

Outcome measures. – The main outcome measure was the functional assessment of the shoulder, measured by the Constant Shoulder Score.

MOTS CLÉS

Chirurgie de la coiffe des
rotateurs
Kinésithérapie
Lésions de la coiffe des
rotateurs
Rééducation
Reprise du travail

KEYWORDS

Rotator cuff/surgery*
Physiotherapy
Rotator cuff injuries
Rehabilitation
Return to work

Auteur correspondant :

A. Zoubian

81 Avenue Albert Raimond,
42270 Saint-Priest-en-Jarez,
France

Adresse e-mail :

antonin.zoubian@gmail.com

Results. – *The primary endpoint was the shoulder Constant functional score. The mean Constant shoulder score improved from 74 ± 10 points at baseline to 85 ± 7 points at the end of rehabilitation ($P < 0.001$), with a further progression to 88 ± 6 points at the end of follow-up ($P < 0.001$). No clinical re-ruptures were detected.*

Conclusion. – *A three-week functional shoulder restoration program, added to usual care, six months after rotator cuff repair on manual workers or athletes, is feasible and seems to accelerate recovery.*

Level of evidence: 3.

© 2021 Elsevier Masson SAS. All rights reserved

INTRODUCTION

La rupture des tendons de la coiffe des rotateurs est la cause la plus fréquente de douleur et d'invalidité de l'épaule [1] ; elle touche 30 % des personnes de plus de 60 ans [2]. Lorsque le traitement conservateur initial échoue, une réparation chirurgicale peut être envisagée. Au cours de la dernière décennie, la chirurgie de l'épaule a progressé. La réparation chirurgicale arthroscopique avec réinsertion en double rang est la technique de référence [3]. La chirurgie entraîne généralement une amélioration des amplitudes articulaires et de la force, ainsi qu'une diminution de la douleur [4]. Elle permet une récupération plus rapide après l'intervention. Les résultats cliniques sont excellents, ils présentent 93 % de taux de satisfaction six mois après la chirurgie [5].

Malgré l'incidence croissante du traitement chirurgical des ruptures de la coiffe des rotateurs, il n'existe pas de consensus sur les protocoles de rééducation après réparation de la coiffe des rotateurs (RCR). La rééducation répond généralement à un modèle comportant 4 phases successives [6,7], basé sur le processus de cicatrisation et sur des études animales [8,9]. Au cours des six premières semaines qui suivent la chirurgie (phase 1), seule une récupération passive des amplitudes articulaires est effectuée afin de garantir la cicatrisation du tendon et la réduction de la douleur. De 6 à 12 semaines après l'opération (phase 2), des exercices de récupération des amplitudes articulaires activo-passives peuvent débuter. Après 12 semaines (phase 3), la cicatrisation tendon-os est suffisamment avancée pour débuter les exercices de renforcement. À la fin de la phase 3, les patients doivent être en mesure d'effectuer les activités de la vie quotidienne sans douleur. Pour la plupart des patients, la rééducation s'arrête après cette phase.

Après chirurgie, le taux de retour au sport à un niveau équivalent à celui d'avant l'intervention est de 81,4 % chez les sportifs de loisirs, mais seulement de 49,9 % chez les sportifs professionnels et de compétition [10]. En parallèle, les travailleurs manuels ont plus de difficultés à reprendre le travail six mois après une RCR [11]. Pour ces deux types de patients, la phase 4 débute normalement après 20 semaines. Il s'agit d'une phase de renforcement avancé qui comprend la reprise du travail manuel ou de l'activité sportive. Cette phase d'entraînement se concentre sur l'amélioration de la force, de la souplesse, de l'endurance et de l'entraînement spécifique au sport ou au travail [7].

Malgré leur utilité probable, il existe un manque de preuves scientifiques au sujet des programmes de renforcement avancé après RCR [12, 13]. Leur utilité pour accélérer la reprise du travail ou du sport n'a pas été évaluée.

L'objectif de cette étude était d'évaluer la faisabilité, la sécurité et l'efficacité d'un programme de restauration

fonctionnelle de l'épaule chez des travailleurs manuels ou sportifs, 24 semaines après RCR.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

Type d'étude

Il s'agissait d'une étude pilote, prospective, de faisabilité et d'évaluation d'un programme de restauration fonctionnelle de l'épaule 24 semaines après RCR.

Patients

Les patients qui avaient subi une RCR arthroscopique avec rééducation précoce ont été recrutés 24 semaines (S24) après la chirurgie, de mai 2013 à janvier 2017, auprès de 4 chirurgiens via 3 hôpitaux de Saint-Étienne (France).

Inclusion/Non-inclusion

Les critères d'inclusion étaient : (1) âge de 18 à 65 ans ; (2) travailleur manuel (port répété de charges > 30 kg pour les hommes et 15 kg pour les femmes) ou athlète (patient sportif régulier sans restriction de niveau ou de type de sport) ; (3) déchirure du muscle supra-épineux, étendue ou non au muscle infra-épineux avec rétraction de la coiffe stade 1 à 3 de la classification de Patte [14].

Les critères de non-inclusion étaient : (1) douleur sur l'échelle visuelle analogique (EVA) > 5 sans traitement médicamenteux ; (2) raideur de l'épaule (élévation antérieure active de l'épaule $< 140^\circ$) ; (3) rotation latérale $< 30^\circ$; (4) infiltration graisseuse stade 3 ou 4 de la classification de Gouttalier Bernageau [15] sur le scanner ou l'IRM préopératoire ; (5) épaisseur du tendon supra-épineux < 4 mm à l'échographie réalisée au début du programme de restauration fonctionnelle de l'épaule ; (6) arthrose radiologique gléno-humérale ; (7) contre-indication à l'exercice.

Le protocole a été approuvé par le comité d'éthique du Clos Champirol LNA Santé. Les participants inclus ont donné leur consentement éclairé.

Intervention

Pendant trois semaines, les participants bénéficiaient de 2,5 heures de rééducation, quatre fois par semaine, soit 30 heures de rééducation au centre de Soins de suite et réadaptation Clos Champirol-LNA Santé, à Saint-Priest-en-Jarez (France).

L'objectif du programme de restauration fonctionnelle de l'épaule était d'atteindre et de maintenir des amplitudes articulaires complètes de l'épaule sans douleur ; d'améliorer

la force et l'endurance musculaire ; de permettre un retour progressif au travail et aux activités sportives.

Le programme comprenait :

- un renforcement global en synergie de l'épaule : tirage horizontal, tirage du bras, *butterfly/butterfly inversé*, *pull-over*, 4 faces avec élastique en isométrie, demi-pompes, gainage, « bûcheron » (Figs. 1–4) ;

- un renforcement des muscles rotateurs latéraux en isométrique et excentrique (Figs. 5 et 6) ;
- un renforcement de la coiffe des rotateurs dans sa fonction stabilisatrice et dans une position protégée au-dessus de 90° : développé 1 main, réception sur un mur, barre vibrante, Huber® (LPG), travail manuel de la coiffe (Figs. 7–10) ;



Figure 1. Tirage bras Elastibande®.



Figure 4. Exercice du bûcheron



Figure 2. Gainage une jambe.

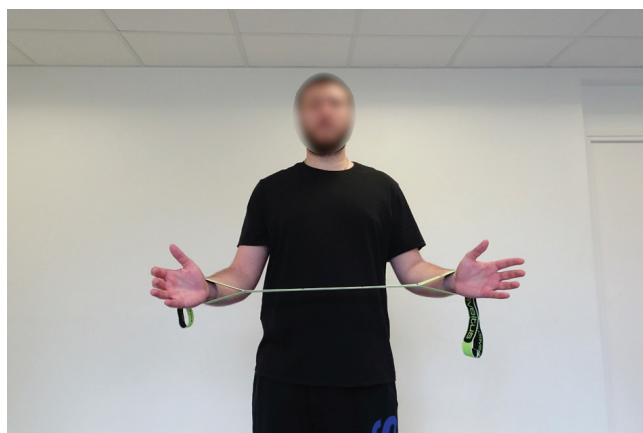


Figure 5. Travail isométrique infra-épineux Elastibande®.

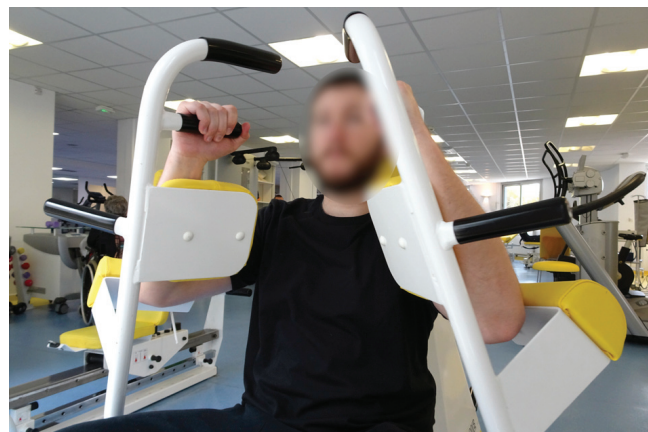


Figure 3. *Butterfly* et *Butterfly* inverse.



Figure 6. Travail excentrique infra-épineux haltère.

- une rééducation proprioceptive de l'épaule : sangle TRX®, stabilisation dynamique sur trampoline, Bosu®, *Gymball* (Figs. 11–14) ;
 - des exercices reproduisant les positions ou les forces rencontrées par les patients lors de la reprise du sport ou du travail (fin de programme) ;
 - des étirements de l'épaule ;
 - des exercices d'auto-rééducation personnalisée à effectuer 3 fois par semaine pendant 15 minutes et à poursuivre à l'issue du programme de rééducation.
- Tout exercice douloureux était arrêté. Le paramètre de progression était l'absence de douleur lors de la mobilisation de l'épaule.



Figure 7. Travail de la coiffe en compression manuelle.

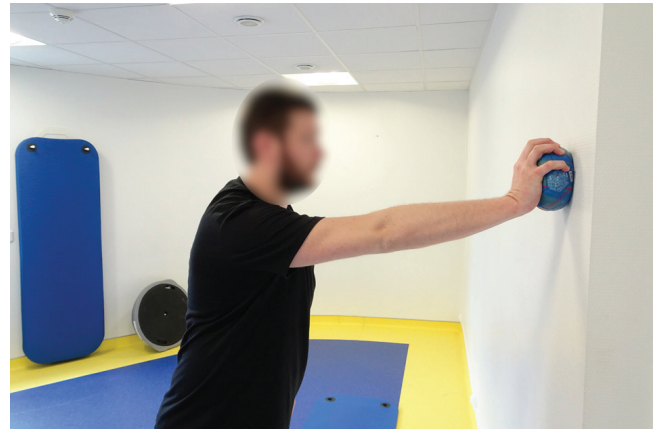


Figure 10. Réception sur ballon.



Figure 8. Huber®.



Figure 11. Stabilisation dynamique gymball.

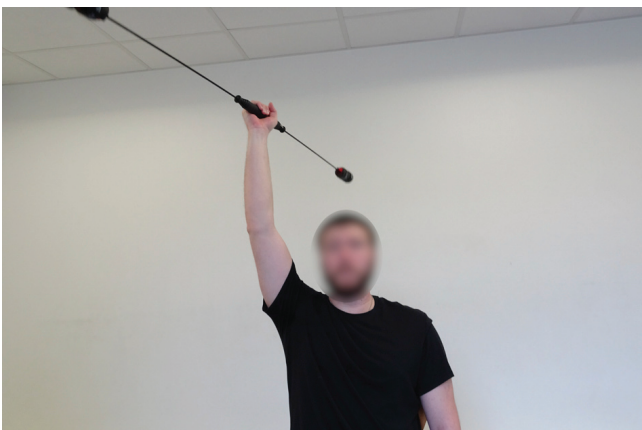


Figure 9. Barre vibrante bras vertical.

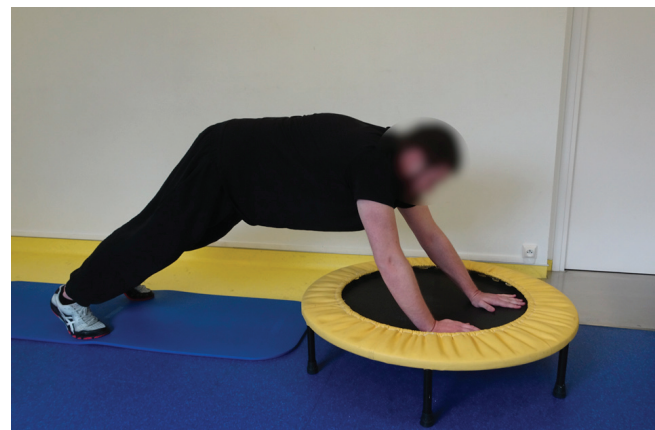


Figure 12. Stabilisation dynamique trampoline.



Figure 13. Stabilisation dynamique Bosu®.



Figure 14. Tirage bras avec sangle® TRX.

Critères de jugement

L'évaluation était effectuée en début de programme de restauration fonctionnelle de l'épaule (S24), à la fin du programme (S27) et 48 semaines après la RCR (S48) par deux médecins et un kinésithérapeute, tous impliqués dans le traitement. Le détail du programme de restauration fonctionnelle de l'épaule est présenté dans l'Annexe (voir le matériel supplémentaire associé à cet article en ligne). La chronologie de l'étude est présentée dans la Fig. 15.

Critère de jugement principal

Score fonctionnel de l'épaule de Constant [16].

Critères de jugement secondaire

Sécurité et faisabilité

La sécurité du programme a été évaluée par la douleur au repos mesurée par l'échelle visuelle analogique et le taux de re-rupture clinique ; la faisabilité du programme a été évaluée par le taux d'achèvement du programme.

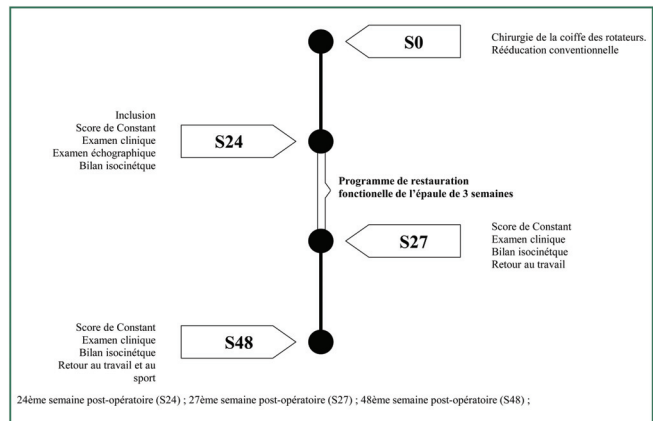


Figure 15. Chronologie de l'étude.

Examen clinique

Amplitudes articulaires et signes de dyskinésie scapulaire ont été relevés.

Évaluation échographique

Un examen échographique des deux épaules, bilatéral et comparatif avec manœuvre dynamique, a été effectué au début de l'étude par un seul rhumatologue expérimenté, pratiquant régulièrement l'évaluation échographique des épaules, au sein du centre de rééducation. L'échographie a été réalisée avec un appareil à ultrasons haute résolution (Xario, Toshiba Medical Systems Corporation, Tochigi, Japon) au moyen d'une sonde linéaire de 12 MHz, en mode B et doppler de puissance. Les paramètres suivants ont été enregistrés : échogénicité du tendon du muscle supra-épineux, épaisseur du tendon, mesurée sur la coupe de référence (coupe longitudinale passant par le trochiter), inflammation au doppler de puissance, évaluation du tendon des muscles long biceps et subscapulaire.

Évaluation isocinétique de la force de l'épaule

Des mesures de force ont été effectuées à l'aide d'un dynamomètre isocinétique *Humac NORM* (CSMi, Stoughton, MA) sur les deux épaules. La force des muscles rotateurs latéraux (RL) et rotateurs médiaux (RM) a été évaluée en position couchée, à 45° d'abduction et le coude à 90° de flexion, en commençant par l'épaule saine (position dite « Davies modifié »), comme décrit par Forthomme [17]. L'amplitude du mouvement était de 45° en rotation médiale et de 35° en rotation latérale. Après un échauffement de 20 minutes et 7 mouvements d'échauffement à 90°s⁻¹, les patients ont été évalués au moyen de tests concentriques à une vitesse angulaire de 60°s⁻¹ (C60) (4 mouvements) et 240°s⁻¹ (C240) (5 mouvements) ; et au moyen de tests excentriques à une vitesse angulaire de 60°s⁻¹ (E60) (5 mouvements). Le couple maximal (Nm), le déficit de force (%) par rapport au côté sain et le rapport concentrique RL/RM ont été relevés.

Retour au travail et au sport

Le retour au travail (auto-déclaration) a été enregistré à S27 et S48. La reprise du sport (auto-déclaration) a été enregistrée à S48.

Analyse statistique

Les résultats ont été rapportés sous forme de moyennes $\pm$ écarts-types ou de pourcentages. La distribution normale des données a été analysée à l'aide du test de Shapiro-Wilk. Les comparaisons entre S24, S27 et S48 ont été effectuées à l'aide d'une ANOVA à mesures répétées (tests paramétriques) ou du test de Friedman (tests non-paramétriques) pour comparer les trois mesures. En cas de résultats significatifs, des tests *t* appariés (tests paramétriques) ou des tests de Wilcoxon (tests non-paramétriques) ont été utilisés pour les comparaisons par paires. Une valeur *p* de 0,05 a été considérée comme significative. Les analyses statistiques ont été effectuées à l'aide du logiciel R (version 3.5.2 ; *R Foundation for Statistical Computing*, Vienne, Autriche).

RÉSULTATS

Patients

Quarante-trois patients (40 hommes) ont été inclus. Ils avaient un âge moyen de 50 ± 7 ans. Ils présentaient 25 (58 %) réparations isolées du muscle supra-épineux et 18 (42 %) réparations des muscles supra-épineux et infra-épineux. La RCR touchait le côté dominant chez 28 (65 %) patients.

Il y avait 16 (37 %) travailleurs manuels et sportif, 14 (33 %) travailleurs manuels non sportif, 13 (30 %) travailleurs non manuels et sportifs, dont quatre (9 %) sportifs professionnels. Les données démographiques sont résumées dans le *Tableau I*.

Quatre patients (9 %) étaient impliqués dans des sports de compétition, 25 (58 %) dans des sports récréatifs, 14 (33 %) n'avaient pas d'activité sportive (travailleurs manuel). Les sports pratiqués étaient la course à pied (21 %), la randonnée (14 %), les sports de raquette (14 %), la danse (10 %), le cyclisme (10 %), le basket-ball (7 %), le rugby (7 %) et d'autres sports (17 %).

Critère de jugement principal

Le score de Constant moyen de l'épaule opérée s'est amélioré de 74 ± 10 points à 85 ± 7 points ($p < 0,001$) entre le début et la fin de la du programme de restauration fonctionnelle de l'épaule (*Tableau II*), puis s'est encore amélioré à 88 ± 6 points ($p < 0,001$) à la fin du suivi. Il n'y avait pas d'association significative entre le score de Constant de l'épaule et le stade d'infiltration graisseuse ou le stade de rétraction tendineuse.

Critères de jugement secondaire

Sécurité et faisabilité

Aucun événement indésirable n'a été signalé. Aucune rupture itérative clinique du tendon du muscle supra-épineux du côté

de la réparation n'a été détectée à la fin du programme de restauration fonctionnelle de l'épaule ou à la fin du suivi. Le score moyen de la douleur sur l'EVA a diminué de $1,6 \pm 1,8$ points au départ à $0,8 \pm 0,9$ points à la fin de la programme ($P = 0,001$). La totalité des participants ont terminé le programme de rééducation.

Examen clinique

Les données de l'examen clinique sont résumées dans le *Tableau II*.

Évaluation échographique

Tableau I. Caractéristiques démographiques.

Variable	
Patients, <i>n</i>	43
Âge moyen (ET), années	50 (7)
Ratio femme/homme, <i>n</i> (%)	
Membre opéré, <i>n</i> (%)	28 (65)
Dominant	28 (65)
Non dominant	12 (28)
Ambidextre	3 (7)/40 (93)
Réparation tendineuse, <i>n</i> (%)	
Supra-épineux seul	25 (58)
Supra-épineux et infra-épineux	18 (42)
Stade de rupture, <i>n</i> (%)	
Stade 1	22 (51)
Stade 2	17 (40)
Stade 3	4 (9)
Infiltration graisseuse, <i>n</i> (%)	
Stade 0	12 (28)
Stade 1	22 (51)
Stade 2	9 (21)
Métier, <i>n</i> (%)	
Profession manuelle	30 (70)
Profession non manuelle	9 (21)
Sportif professionnel	4 (9)
Groupe, <i>n</i> (%)	
Travailleur manuel, sportif	16 (37)
Travailleur manuel, non sportif	14 (33)
Sportif, non travailleur manuel	13 (30)
Statut d'arrêt de travail, <i>n</i> (%)	
Accident de travail	8 (19)
Maladie professionnelle	10 (23)

ET : écart-type.

Tableau II. Évaluation clinique au début (S24) et à la fin du programme de restauration fonctionnelle de l'épaule (S27) (n = 43).

Variable, moyenne (ET)	S24	S27	Valeur p
Échelle Visuelle Analogique de la douleur	1.6 (1.8)	0.8 (0.9)	0,001 ^a
EAP, °	164 (7)	167 (7)	0,004 ^a
EAA, °	161 (8)	166 (7)	< 0,001 ^a
RLP, °	56 (11)	60 (8)	0,033 ^a
RLA, °	53 (11)	59 (10)	0,003 ^a
Score de Constant	74 (10)	85 (7)	< 0,001 ^b
Travailleur manuel, non sportif (n = 16)	75(9)	84(6)	
Travailleur manuel, sportif (n = 14)	70(9)	83(7)	
Sportif, non travailleur manuel (n = 13)	79(11)	88(7)	

EAA: élévation antérieure active ; EAP: élévation antérieure passive ;
ET : écart-type ; RLA: rotation latérale active ; RLP : rotation latérale passive.

^aTest Wilcoxon

^bTest t apparié.

L'épaisseur moyenne du tendon du muscle supra-épineux était de $6,1 \pm 0,8$ mm du côté de la réparation et de $6,2 \pm 1,3$ mm du côté controlatéral. Un épanchement au sein d'une néo-bourse sous-acromio-deltoidienne du côté de la réparation a été constaté chez cinq patients (12 %).

Évaluation isocinétique de la force de l'épaule

Un patient présentait une rupture du muscle supra-épineux controlatéral en début d'étude et un patient a bénéficié d'une RCR controlatérale avant S48. Par conséquent, ils n'ont pas pu être testés sur le déficit de force.

Les pics de couple moyen en début d'étude étaient :

- muscles RL : 19 ± 6 Nm pour C60, 13 ± 5 Nm pour C240 et 28 ± 8 Nm pour E60 ;
- muscles RM : 35 ± 9 Nm pour C60, 24 ± 9 Nm pour C240 et 41 ± 11 Nm pour E60.

Après trois semaines de restauration fonctionnelle de l'épaule, les pics de couple moyen étaient :

- muscles RL : 23 ± 8 Nm ($p < 0,001$) pour C60, 16 ± 7 Nm ($p < 0,001$) pour C240 et 31 ± 8 Nm ($p < 0,001$) pour E60 ;
- muscles RM : 40 ± 10 Nm ($P < 0,001$) pour C60, 31 ± 9 Nm ($p < 0,001$) pour C240 et 45 ± 12 Nm ($p < 0,001$) pour E60.

Les résultats sont résumés dans le *Tableau III*.

Retour au travail et au sport

À la suite du programme de restauration fonctionnelle de l'épaule, 28 patients (65 %) ont repris le travail à temps plein

au même poste, huit (19 %) ont repris le travail à temps partiel, cinq (12 %) ont poursuivi leur arrêt de travail, deux (4 %) étaient en cours de reconversion. À S48, 34 patients (79 %) avaient repris le travail à temps plein au même poste, trois (7 %) avaient repris le travail à temps partiel, cinq (12 %) étaient encore en arrêt de travail, un (2 %) était au chômage. À S48, 27 patients (93 %) ont déclaré avoir repris leurs activités sportives (*Tableau IV*).

DISCUSSION

Cette étude pilote était la première à évaluer les effets d'un programme de restauration fonctionnelle de l'épaule après RCR. Ce programme s'appuyait sur une rééducation conçue pour des travailleurs manuels ou des sportifs dans le but de faciliter la reprise du travail et du sport. L'objectif de l'étude était d'évaluer la faisabilité, la sécurité d'un programme de restauration fonctionnelle de l'épaule ainsi que son efficacité sur l'amélioration de la force et de la fonction.

Le score de Constant moyen et le pic de couple moyen lors de l'évaluation isocinétique se sont améliorés après trois semaines de restauration fonctionnelle de l'épaule et la majorité des patients avaient repris le travail, au moins à temps partiel, à la fin du programme.

Malgré des données contradictoires, les modèles animaux suggèrent que la guérison du tendon à l'os s'établit entre 16 et 26 semaines [9,18]. Hormis les ruptures massives, les re-ruptures sont rares trois mois après une RCR [19]. Ces données ont justifié le début d'un programme de renforcement musculaire progressif 20 à 26 semaines après la chirurgie, tel que décrit par l'*American Society of Shoulder and Elbow Therapists* [7]. Selon Wuelker *et al.*, les muscles infra-épineux, teres-minor et subscapulaire éviteraient le conflit sous-acromial [20]. Pour cette raison, la coiffe des muscles rotateurs a été renforcée en compression, avec un recentrage actif de la tête humérale au-delà de 90° , comme décrit par Blaimont *et al.* [21]. L'entraînement en endurance avait pour objectif de retarder la fatigue des muscles de la coiffe des rotateurs, responsables d'une migration supérieure de la tête humérale lors de l'élévation antérieure de l'épaule [22].

Score de Constant

Selon la littérature, le score fonctionnel de Constant varie de 65 à 78 points six mois après une RCR, et de 70 à 82 points un an après la RCR [23, 24, 25]. Les résultats enregistrés dans cette étude semblent supérieurs au terme d'un programme de restauration fonctionnelle de l'épaule effectué 6 mois après la chirurgie (85 points) et 1 an après la chirurgie (88 points), peut-être en raison d'une meilleure adaptation neuromusculaire à l'exercice.

Sécurité et faisabilité

Aucun événement indésirable n'a été signalé pendant l'étude et la totalité des participants ont terminé le programme. La douleur est un paramètre important à prendre en compte dans l'élaboration d'un nouveau programme de rééducation. Dans cette étude, le score moyen de la douleur a diminué de

Tableau III. Évaluation isocinétique au début (S24), à la fin du programme de restauration fonctionnelle de l'épaule (S27) et 48 semaines après réparation de la coiffe des rotateurs (S48) (n = 43).

Variable, moyenne (ET)	S24	S27	Valeur p	S48	Valeur p
Pic de couple Nm					
Concentrique 60°s ⁻¹					
Pic de couple RM	35 (9)	40 (10)	< 0,001	42 (9)	0,028
Pic de couple RL	19 (6)	23 (8)	0,011	25 (6)	0,009
Ratio RL / RM	0,57 (0,15)	0,56 (0,12)	0,680	0,60 (0,15)	0,201
Concentrique 240°s ⁻¹					
Pic de couple RM	24 (9)	31 (9)	< 0,001	32 (8)	0,290
Pic de couple RL	13 (5)	16 (7)	< 0,001	18 (6)	0,009
Excentrique 60°s ⁻¹					
Pic de couple RM	41 (11)	45 (12)	< 0,001	48 (11)	0,009
Pic de couple RL	28 (8)	31 (8)	< 0,001	35 (8)	< 0,001
Déficit de force %					
Concentrique 60°s ⁻¹					
Déficit RM	-12 (16)	0,7 (13)	< 0,001	3,9 (15)	0,055
Déficit RL	-24 (18)	-17 (16)	0,012	-4 (17)	0,003
Concentrique 240°s ⁻¹					
Déficit RM	-15 (23)	-3 (19)	< 0,001	-2 (16)	0,655
Déficit RL	-26 (22)	-17 (20)	0,036	-5 (21)	0,008
Excentrique 60°s ⁻¹					
Déficit RM	-10 (20)	-1 (17)	0,001	3 (14)	0,072
Déficit RL	-25 (16)	-14 (17)	< 0,001	-3 (13)	0,005

Des test t appariés ont été effectués pour comparer S24-S27 et S27-S48; RL : rotateurs latéraux ; RM : rotateurs médiaux ; ET : écart-type.

Tableau IV. Reprise des activités professionnelles et sportives après restauration fonctionnelle de l'épaule (S27) et 48 semaines après réparation de la coiffe des rotateurs (S48).

Variable, n (%)	S27	S48
Reprise du travail		
Plein temps	28 (65)	34 (79)
Temps partiel	8 (19)	3 (7)
Arrêt de travail	5 (12)	5 (12)
Reconversion	2 (4)	0
Sans emploi	0	1 (2)
Reprise du sport (auto-déclarée)		
Complète		24 (83)
Incomplète		3 (10)
Pas de reprise		2 (7)

manière statistiquement significative entre le début et la fin de la restauration fonctionnelle de l'épaule. Cette diminution ne semble pas avoir de pertinence clinique, car les patients qui présentaient un score de douleur > 5 sur l'EVA n'ont pas été inclus. En revanche, il convient de noter que ce programme de rééducation n'a pas augmenté la douleur des patients.

Évaluation isocinétique de la force de l'épaule

Des modèles animaux ont montré que le processus de guérison ne conduit pas à la cicatrisation *ad integrum* de l'insertion native du tendon, mais à la formation d'une néo-enthèse, plus fragile qu'un tendon sain [26]. Bey *et al.* mentionnent que la force de l'épaule n'est pas complètement restaurée par rapport à l'épaule controlatérale après une RCR, même deux ans après la chirurgie. Cette étude a relevé des déficits de force en abduction, élévation et rotation latérale, respectivement chez 52 %, 57 % et 81 % des patients [27]. L'altération du mouvement de l'articulation scapulothoracique ou glénohumérale, ainsi que l'atrophie musculaire peuvent expliquer ces résultats et l'absence de récupération complète

de la force à la fin du suivi. Cela montre également l'importance de renforcer les muscles RL et de rétablir le mouvement de l'articulation scapulothoracique ou glénohumérale.

Retour au travail et au sport

Collin *et al.* ont constaté que les travailleurs manuels ont plus de risques de ne pas reprendre une activité et un travail normal six mois après une RCR (OR 2,3; IC 95 % 1,02 à 5,3) [11]. Dans une méta-analyse, Haunschild *et al.* ont trouvé qu'une moyenne de 62,3 % des patients (tout type de travailleurs) avaient repris leur niveau d'activité professionnelle antérieur à 8,15 ± 2,7 mois après chirurgie [28]. Plus la reprise du travail est tardive et plus les facteurs psychosociaux impactent la prédiction du retour au travail [29]. Dans la présente étude, 83 % des travailleurs manuels avaient repris leur activité professionnelle – dont 65 % à temps plein – à la fin du programme de restauration fonctionnelle de l'épaule (S27), puis 86 % – dont 79 % à temps plein – à 1 an. Ce programme de restauration fonctionnelle de l'épaule semble accélérer la récupération fonctionnelle des patients et la reprise du travail, alors même que 42 % des patients étaient en arrêt pour accident de travail ou maladie professionnelle, facteurs habituellement péjoratifs de reprise. Ces résultats peuvent refléter l'efficacité de la restauration fonctionnelle de l'épaule, mais aussi s'expliquer en partie par la sélection des patients (faible dégénérescence graisseuse). D'après ces résultats, un programme de restauration fonctionnelle de l'épaule pourrait être proposé aux travailleurs manuels 6 mois après une RCR afin d'accélérer la reprise du travail. Klouche *et al.* ont montré que 84,7 % des patients (âge moyen : 42,6 ans) ont repris le sport, dont 65,9 % au même niveau, après 4 à 17 mois. Le taux de retour au sport à un niveau équivalent était de 81,4 % chez les athlètes de loisirs, mais seulement de 49,9 % chez les athlètes professionnels et de compétition [10]. Dans la présente étude, 93 % des patients (âge moyen : 50 ans) ont déclaré avoir repris le sport à 1 an de la chirurgie, dont 83 % au même niveau. La plupart des patients pratiquaient du sport de loisirs.

Limites de l'étude

Cette étude comportait un petit nombre de patients qui présentaient un large éventail de pathologies des muscles de la coiffe des rotateurs et de données démographiques telles que la taille de la rupture de la coiffe des rotateurs, l'âge, les activités sportives, mais il semblait nécessaire d'évaluer la sécurité de ce type de programme sur un large éventail de patients. Sans groupe témoin, nous n'avons pas pu évaluer l'effet de l'évolution naturelle des patients sélectionnés. En revanche, la plupart des évaluations sont basées sur des critères cliniques quantitatifs reproductibles (score Constant de l'épaule, évaluation isocinétique de l'épaule, évaluation de la douleur par EVA et retour au travail). Le positionnement choisi pour l'évaluation isocinétique de l'épaule permettait une bonne reproductibilité [17].

Ces résultats doivent être confirmés par un essai contrôlé randomisé pour évaluer l'efficacité de ce programme de restauration fonctionnelle de l'épaule après RCR, en plus du traitement conventionnel, sur la reprise du travail et du sport. Certains critères tels que l'endurance, le gain de confiance dans l'épaule ou la proprioception de l'épaule doivent être évalués.

CONCLUSION

La RCR est une procédure efficace et fréquemment réalisée pour améliorer la fonction de l'épaule et diminuer la douleur. Malgré le manque de preuves concernant ce type d'intervention, de nombreux patients, notamment les travailleurs manuels et les sportifs, nécessitent une restauration fonctionnelle de l'épaule après chirurgie, en plus de la rééducation conventionnelle. Ce type de rééducation est réalisable dès six mois après la chirurgie et non délétère chez les patients qui présentent une rupture musculaire avec rétraction modérée du tendon et faible infiltration graisseuse. Le programme de restauration fonctionnelle de l'épaule est global, synergique, fonctionnel, proprioceptif et indolore. Il améliore le score de Constant ainsi que le pic de couple isocinétique, à tous les modes, et semble accélérer la reprise du travail chez les travailleurs manuels ainsi que la reprise des activités sportives. D'autres études sont nécessaires pour confirmer ces résultats.

Éthique et consentement éclairé

Le protocole a été approuvé par le comité d'éthique du Clos Champirol LNA Santé. Les participants inclus ont donné leur consentement éclairé.

Contribution

G. Bruyère, F. Thizy, F. Chopin ont rédigé le protocole et récolté les données ; J. Bertin-Ciftci a effectué l'analyse statistique ; A. Zoubian a écrit l'article.

Financement

Cette recherche n'a bénéficié d'aucune subvention spécifique de la part d'organismes de financement des secteurs public, commercial ou à but non lucratif.

Déclaration de liens d'intérêts

Les auteurs déclarent ne pas avoir de liens d'intérêts.

Remerciements

Remerciements aux Dr Laurent Béguin, Marie-Béatrice Hardy, Anne-Laure Baray, Giorgio Gresta pour leur contribution au recrutement des patients et leur confiance, à Carole Crozier et Jérémy Rochefolle pour leur contribution au protocole et sa mise en pratique.

ANNEXE 1. MATÉRIEL COMPLÉMENTAIRE

Le matériel complémentaire accompagnant la version en ligne de cet article est disponible sur <http://www.sciencedirect.com> et <http://dx.doi.org/10.1016/j.kine.2021.07.010>.

RÉFÉRENCES

- [1] Littlewood C, May S, Walters S. Epidemiology of rotator cuff tendinopathy: a systematic review. *Shoulder Elbow* 2013;5:256–65. <http://dx.doi.org/10.1111/sae.12028>.
- [2] Teunis T, Lubberts B, Reilly BT, Ring D. A systematic review and pooled analysis of the prevalence of rotator cuff disease with increasing age. *J Shoulder Elbow Surg* 2014;23:1913–21. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jse.2014.08.001>.

- [3] Colvin AC, Egorova N, Harrison AK, Moskowitz A, Flatow EL. National trends in rotator cuff repair. *J Bone Joint Surg A*. 2012;94:227–33. <http://dx.doi.org/10.2106/jbjs.j.00739>.
- [4] Lapner PLC, Sabri E, Rakhra K, McRae S, Leiter J, Bell K, *et al.* A multicenter randomized controlled trial comparing single-row with double-row fixation in arthroscopic rotator cuff repair. *J Bone Joint Surg Am* 2012;94:1249–57. <http://dx.doi.org/10.2106/JBJS.K.00999>.
- [5] Gulotta LV, Nho SJ, Dodson CC, Adler RS, Altchek DW, MacGillivray JD. Prospective evaluation of arthroscopic rotator cuff repairs at 5 years: part I. Functional outcomes and radiographic healing rates. *J Shoulder Elbow Surg* 2011;20:934–40. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jse.2011.03.029>.
- [6] Van Der Meijden OA, Westgard P, Chandler Z, Gaskill TR, Kokmeyer D, Millett PJ. Rehabilitation after arthroscopic rotator cuff repair: current concepts review and evidence-based guidelines. *Int J Sports Phys Ther* 2012;7:197–218.
- [7] Thigpen CA, Shaffer MA, Gaunt BW, Leggin BG, Williams GR, Wilcox RB. The American Society of Shoulder and Elbow Therapists' consensus statement on rehabilitation following arthroscopic rotator cuff repair. *J Shoulder Elbow Surg*. 2016;25:521–35. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jse.2015.12.018>.
- [8] Carpenter JE, Thomopoulos S, Flanagan CL, DeBano CM, Soslowky LJ. Rotator cuff defect healing: a biomechanical and histologic analysis in an animal model. *J Shoulder Elbow Surg* 1998;7:599–605.
- [9] Sonnabend DH, Howlett CR, Young AA. Histological evaluation of repair of the rotator cuff in a primate model. *J Bone Joint Surg Br* 2010;92:586–94. <http://dx.doi.org/10.1302/0301-620X.92B4.22371>.
- [10] Klouche S, Lefevre N, Herman S, Gerometta A, Bohu Y. Return to Sport After Rotator Cuff Tear Repair: A Systematic Review and Meta-analysis. *Am J Sports Med* 2016;44:1877–87. <http://dx.doi.org/10.1177/0363546515598995>.
- [11] Collin P, Abdullah A, Kherad O, Gain S, Denard PJ, Lädemann A. Prospective evaluation of clinical and radiologic factors predicting return to activity within 6 months after arthroscopic rotator cuff repair. *J Shoulder Elbow Surg* 2015;24:439–45. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jse.2014.08.014>.
- [12] Mazuquin B, Moffatt M, Gill P, Selfe J, Rees J, Drew S, *et al.* Effectiveness of early versus delayed rehabilitation following rotator cuff repair: Systematic review and meta-analyses. *PLoS One* 2021;16:e0252137. <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0252137>.
- [13] Littlewood C, Mazuquin B, Moffatt M, Bateman M. Rehabilitation following rotator cuff repair: A survey of current practice musculoskeletal care 2021;19:165–71. <http://dx.doi.org/10.1002/msc.1514>.
- [14] Patte D. Classification of rotator cuff lesions. *Clin Orthop Relat Res* 1990;254:81–6.
- [15] Goutallier D, Postel JM, Bernageau J, Lavau L, Voisin MC. Fatty muscle degeneration in cuff ruptures. Pre- and postoperative evaluation by CT scan. *Clin Orthop Relat Res* 1994;304:78–83.
- [16] Constant CR, Murley AH. A clinical method of functional assessment of the shoulder. *Clin Orthop Relat Res* 1987;214:160.
- [17] Forthomme B, Dvir Z, Crielaard JM, Croisier JL. Isokinetic assessment of the shoulder rotators: a study of optimal test position. *Clin Physiol Funct Imaging* 2011;31:227–32. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1475-097X.2010.01005.x>.
- [18] Gerber C, Schneeberger AG, Perren SM, Nyffeler RW. Experimental rotator cuff repair. A preliminary study. *J Bone Joint Surg Am* 1999;81:1281–90.
- [19] Kim JH, Hong IT, Ryu KJ, Bong ST, Lee YS, Kim JH. Retear rate in the late postoperative period after arthroscopic rotator cuff repair. *Am J Sports Med* 2014;42:2606–13. <http://dx.doi.org/10.1177/0363546514547177>.
- [20] Wuelker N, Roetman B, Roessig S. Coracoacromial pressure recordings in a cadaveric model. *J Shoulder Elbow Surg* 1995;4:462–7.
- [21] Blaimont P, Taheri A, Vanderhofstadt A. [Displacement of the instantaneous center of rotation of the humeral head during abduction: implication for scapulohumeral muscular function]. *Rev Chir Orthop Reparatrice Appar Mot* 2005;91:399–406. [http://dx.doi.org/10.1016/S0035-1040\(05\)84356-9](http://dx.doi.org/10.1016/S0035-1040(05)84356-9).
- [22] Teyhen DS, Miller JM, Middag TR, Kane EJ. Rotator cuff fatigue and glenohumeral kinematics in participants without shoulder dysfunction. *J Athl Train* 2008;43:352–8. <http://dx.doi.org/10.4085/1062-6050-43.4.352>.
- [23] Keener JD, Galatz LM, Stobbs-Cucchi G, Patton R, Yamaguchi K. Rehabilitation following arthroscopic rotator cuff repair: a prospective randomized trial of immobilization compared with early motion. *J Bone Joint Surg Am* 2014;96:11–9. <http://dx.doi.org/10.2106/JBJS.M.00034>.
- [24] Kim Y-S, Chung SW, Kim JY, Ok J-H, Park I, Oh JH. Is early passive motion exercise necessary after arthroscopic rotator cuff repair? *Am J Sports Med* 2012;40:815–21. <http://dx.doi.org/10.1177/0363546511434287>.
- [25] Mazzocca AD, Arciero RA, Shea KP, Apostolakis JM, Solovyova O, Gomlinski G, *et al.* The effect of early range of motion on quality of life, clinical outcome, and repair integrity after arthroscopic rotator cuff repair. *Arthroscopy* 2017;33:1138–48. <http://dx.doi.org/10.1016/j.arthro.2016.10.017>.
- [26] Gulotta LV, Rodeo SA. Growth factors for rotator cuff repair. *Clin Sports Med* 2009;28:13–23. <http://dx.doi.org/10.1016/j.csm.2008.09.002>.
- [27] Bey MJ, Peltz CD, Ciarelli K, Kline SK, Divine GW, van Holsbeeck M, *et al.* In vivo shoulder function after surgical repair of a torn rotator cuff: glenohumeral joint mechanics, shoulder strength, clinical outcomes, and their interaction. *Am J Sports Med* 2011;39:2117–29. <http://dx.doi.org/10.1177/0363546511412164>.
- [28] Haunschild ED, Gilat R, Lavoie-Gagne O, Fu MC, Tauro T, Forsythe B, *et al.* Return to work after primary rotator cuff repair: a systematic review and meta-analysis. *Am J Sports Med* 2021;49:2238–47. <http://dx.doi.org/10.1177/0363546520975426>.
- [29] Luthi F, Deriaz O, Vuistiner P, Burrus C, Hilfiker R. Predicting non return to work after orthopaedic trauma: the Wallis Occupational Rehabilitation Risk (WORRK) Model. Karniel A, ed. *PLoS One* 2014;9:e94268. <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0094268>.