



HAL
open science

Comportement mécanique comparatif d'une fixation par endobouton vs vis de la butée coracoïdienne

Vadim Azoulay, Jérôme Briot, Pierre Mansat, Pascal Swider, Nicolas Bonneville

► To cite this version:

Vadim Azoulay, Jérôme Briot, Pierre Mansat, Pascal Swider, Nicolas Bonneville. Comportement mécanique comparatif d'une fixation par endobouton vs vis de la butée coracoïdienne. *Revue de Chirurgie Orthopédique et Traumatologique*, 2020, 106, pp.639 - 643. 10.1016/j.rcot.2020.07.030 . hal-03491126

HAL Id: hal-03491126

<https://hal.science/hal-03491126v1>

Submitted on 17 Oct 2022

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Distributed under a Creative Commons Attribution - NonCommercial 4.0 International License

Mémoire original

Comportement Mécanique Comparatif d'une Fixation par Endobouton vs Vis de la Butée Coracoïdienne

Mechanical behavior of screw versus Endobutton for coracoid bone-block fixation

Vadim **Azoulay**^{1,2}, Jérôme **Briot P**², Pierre **Mansat**^{1,2}, Pascal **Swider**^{1,2}, Nicolas **Bonnevialle**^{1,2}

¹Service d'Orthopédie, CHU de Toulouse, Place Baylac, 31059 Toulouse Cedex 09, France

²Laboratoire de Biomécanique, Institut de Mécanique des Fluides de Toulouse UMR CNRS
5502, Toulouse, France

Auteur Correspondant

Pr Nicolas Bonnevialle

Service d'Orthopédie

CHU de Toulouse

Place Baylac

31059 Toulouse, France

0561772142

nicolasbonnevialle@yahoo.fr

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

Résumé

Introduction

La fixation par endoboutons (EBs) de la butée coracoïdienne réalisée par arthroscopie a été développée afin d'éviter les complications rapportées avec l'utilisation des vis. Néanmoins, peu d'études ont évalué les caractéristiques mécaniques de ces procédés d'ostéosynthèse. L'objectif de notre étude était d'évaluer et de comparer la raideur d'une fixation par vis et par EB. L'hypothèse de départ était que l'endobouton présentait une plus faible raideur que les vis.

Matériel et Méthode

Des impressions 3D d'une glène et d'un processus coracoïde ont été réalisées à partir d'un scanner de patient présentant une instabilité gléno-humérale antérieure avec un défaut osseux significatif. Quatre types d'ostéosynthèse de la coracoïde ont été réalisées : vis malléolaires de diamètre 4,5 mm (montage avec 1 et 2 vis) et EB (montage avec 1 et 2 EBs). Trois spécimens par montage ont été placés sur un banc d'essai spécifique. Une compression latéro-médiale de la butée à la vitesse 0,1 mm/sec a été appliquée en 3 points (supérieur, central et inférieur). La force résultante ainsi que le déplacement de la butée ont été enregistrés.

Résultats

La raideur moyenne des fixations par 1 vis, 2 vis, 1 EB et 2 EBs étaient respectivement de 158 N/mm (133-179), 249 N/mm (241-259), 10 N/mm (5-13), 14 N/mm (13-15). Il existait une différence significative entre la raideur obtenue dans les groupes vis et EB ($p < 0.001$). Le montage à 1 EB occasionnait un déplacement supérieur par rapport à 2 EBs lorsque la force

appliquée était polaire supérieure ou inférieure. En revanche, la différence n'était pas significative lorsque la contrainte était en position centrale (7.45 vs 6.93 mm ; $p=0.53$)

Conclusions

La fixation par vis a montré une plus grande raideur, alors que la fixation par EB a montré une détente du montage conduisant à une mobilisation de la butée plus importante. L'intérêt de l'utilisation de 2 EBs réside dans un moindre déplacement en cas de contrainte polaire. Cette étude biomécanique confirme la vulnérabilité mécanique jusqu'à sa consolidation, d'une butée fixée par EB.

Niveau de preuve : étude biomécanique

Mots clés: Latarjet, butée, instabilité, épaule, endobouton, biomécanique

Introduction

Athwal et al. [1] ont rapporté un taux de 14 % de complications lié à l'utilisation des vis pour l'ostéosynthèse de la butée de Latarjet sous arthroscopie (fracture de coracoïde, échec d'implantation, ré-intervention pour ablation du matériel, recul de vis). Le taux de retrait du matériel fait partie des causes de ré-intervention pouvant atteindre jusqu'à 10 % selon les séries [2,3]. L'utilisation des endoboutons (EB) en orthopédie est relativement récente. Ils sont utilisés en pratique courante dans de nombreuses indications (disjonction acromio-claviculaire, ligamentoplastie du ligament croisé antérieur, réparation de la syndesmose tibio-fibulaire...) [4,5]. Néanmoins, aucune étude n'a évalué les caractéristiques mécaniques de ce procédé de fixation utilisé comme ostéosynthèse d'une butée coracoïdienne. Nous avons émis l'hypothèse que la fixation par EB était moins rigide qu'une fixation par vis. L'objectif de notre étude était de comparer les caractéristiques intrinsèques de la fixation de la butée par vis et EB(s).

Matériel et Méthode

Des impressions 3D de scapula (Polyactic Acid) ont été réalisées à partir de reconstructions d'un scanner de patient opéré pour instabilité gléno-humérale antérieure et présentant un défaut osseux à la face antérieure de la glène. La tranche de section de la coracoïde, le resurfaçage de la face antérieure de la glène et de la face inférieure de la coracoïde ainsi que les tunnels permettant la fixation de la coracoïde sur la glène ont été réalisés lors de la modélisation informatique avant impression 3D (Ultimaker 2+ ®). Le défaut osseux antérieur glénoïdien était de 25% ; la butée mesurait 25 mm de long, 12 mm de large et 7 mm d'épaisseur ; les tunnels étaient calibrés à 3 mm pour les montages avec vis malléolaire(s) et 2,8 mm pour les montages avec EBs selon les recommandations des fabricants. Ces tunnels étaient situés à 10 mm de l'apex de la coracoïde et écartés de 10 mm en cas de fixation double (Vis ou EB). Il était à 12 mm de l'apex en cas de fixation unique. Un socle spécifique permettait de solidariser le modèle au banc d'essai (Instron® 3366) par l'ajout monobloc de Polyactic Acid au bord médial de la scapula (**figure 1**). La butée était positionnée au bord antéro-inférieur de la glène, sous-équatoriale et affleurante à la surface glénoïdienne [6].

La fixation de la butée coracoïdienne par vis a fait appel 2 montages différents par une et 2 vis malléolaires (vis non canulées, spongieuses à filetage court, diamètre 4,5) (Malleolar Screw, Depuy Synthes®) [6] (**figure 2**). La butée a été comprimée par une contrainte subjective répondant à la technique de « compression par 2 doigts » [6].

La fixation par EB (s) a été réalisée conformément à la technique opératoire décrite par Boileau et al. [7] en utilisant 1 ou 2 endoboutons (Smith&Nephew®). Une compression de 100 N été réalisée grâce au tenseur dynamométrique dédié (ancillaire butée arthroscopique,

Smith&Nephew®). (**figure 2**)

Trois échantillons de chaque montage ont été imprimés puis testés. Une mise en compression continue de la butée a été effectuée de latéral vers médial, simulant l'appui de la tête humérale sur la butée en position de luxation antéro-inférieure, à une vitesse de 0,1 mm/sec et en 3 points (supérieur, central et inférieur) (**figure 3**). La force résultante (N) ainsi que le déplacement de la butée (mm) ont été enregistrés (Bluehill Instron ®) générant une courbe force/déplacement. Les essais ont été menés jusqu'à une force de résultante de 200 N ou lorsqu'un déplacement de plus de 3 mm était enregistré.

Les statistiques descriptives (moyennes, maximum, minimum pour les variables continues) étaient utilisées pour résumer les données enregistrées. La comparaison des covariables entre les 4 groupes (1 ou 2 vis, et 1 ou 2 endoboutons) a été réalisée via un test Wilcoxon Rank Sum. Le seuil de significativité était de $p \leq 0.05$. L'analyse statistique a été effectuée à l'aide de R (version 3.3.2, R Core Team 2013. R : A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria).

Résultats

La raideur moyenne des fixations par une vis, deux vis, un EB et 2 EBs étaient respectivement de 158 N/mm (133 ; 179), 249 N/mm (241 ; 259), 10 N/mm (5 ; 13), 14 N/mm (13 ; 15) (**figure 4**).

Les déplacements moyens de la butée avec appui en position supérieure, centrale et inférieure sont rapportés lors de la mise en contrainte maximale (**tableau 1**). Les montages avec 1 ou 2 EB ont montré des déplacements > 5 mm quelle que soit la zone de contrainte. Ces déplacements étaient significativement supérieurs à ceux enregistrés avec les vis ($p < 0.05$).

En position centrale, il existait une différence significative entre 1 vs 2 vis ($p < 0.05$). En revanche, la différence entre 1 EB vs 2 EB n'était pas significative ($p > 0.05$).

En position supérieure, les déplacements étaient peu différents entre les montages à 1 vs 2 vis ($p > 0.05$). En revanche, avec les montages avec 1 EB, le test n'a pu être réalisé par bascule en rotation dès 50N de contrainte.

En position inférieure, les montages à 2 vis présentaient significativement moins de déplacement par rapport aux montages à 1 vis ($p < 0.05$). En revanche, il n'y avait pas de différence significative entre 1 vs 2 EB ($p > 0.05$).

Discussion

Notre objectif était d'évaluer la résistance du matériel de fixation de la butée coracoïdienne. Nos résultats retrouvent une raideur plus importante des fixations par une ou deux vis en comparaison aux fixations par EBs. Un montage avec 1 vis est 15 fois plus raide qu'avec 1 EB. En revanche, la fixation par 2 EB n'augmente pas significativement la raideur du montage par rapport à une vis.

Nous avons choisi d'utiliser des impressions 3D en matériau PLA (Polyactic Acid) avec une architecture trabéculaire simulant la trame osseuse. Ce matériau présentait évidemment des caractéristiques intrinsèques différentes de celles l'os. En revanche, la reproductibilité de sa composition dans les différents essais permettait d'évaluer spécifiquement le montage mécanique, en s'affranchissant du comportement aléatoire visco-élastique non contrôlé de la structure osseuse cadavérique classiquement utilisée. En effet, les études publiées à ce jour comparant la fixation de la butée coracoïdienne entre différents types de vis ou entre des vis et des EBs, ont été réalisées sur spécimen frais, dont l'âge souvent avancé constitue à lui seul un biais d'analyse des résultats [8,9]. Seule une étude, comparant la fixation de la butée coracoïdienne entre 3 types de vis a été effectuée sur impressions 3D en polyuréthane [10]. Pour autant, il est possible qu'une partie des déplacements enregistrés correspondent à une déformation du matériau polyuréthane et non à un réel déplacement de la butée.

Nous avons par ailleurs choisi d'étudier uniquement le déplacement latéro-médial de la butée, reproduisant les contraintes de la translation antérieure de la tête humérale appuyant sur la butée lors d'une luxation antérieure. Nous n'avons pas modélisé le rôle du tendon conjoint dans le déplacement de la butée qui pourrait participer à la survenue d'un déplacement de la butée en rotation.

Les EBs sont d'utilisation courante en chirurgie orthopédique (disjonction acromio-claviculaire, réinsertion du biceps distal, ligamentoplastie du ligament croisé antérieur, stabilisation tibio-fibulaire distale...). Plusieurs études comparant la rigidité des EBs par rapport celles des vis retrouvent des résultats similaires. Brand et al. [5], dans leur étude cadavérique, trouvaient un déplacement plus important et une rigidité inférieure de la fixation du tendon quadricipital dans le tunnel fémoral par EB par rapport à l'utilisation d'une vis d'interférence lors de la reconstruction

du ligament croisé antérieur. Wang et al. [4], dans leur étude comparant la fixation de la syndesmose tibio- fibulaire après traumatisme de la cheville, retrouvaient des déplacements plus importants lors de la fixation de celle-ci par EB par rapport à l'utilisation de vis. Enfin, Marsland et al. [11], dans leur étude cadavérique comparant la fixation des bases métatarsiennes après traumatisme du ligament de Lisfranc, retrouvaient un diastasis inter-métatarsiens significativement plus important lors de l'utilisation d'EBs par rapport à l'utilisation de vis.

En revanche dans l'étude récente de Provencher et al. [12], les auteurs ne retrouvaient pas de différence significative lors d'effort de traction sur le tendon conjoint lors de la fixation de la butée par vis ou par deux EBs. Le modèle biomécanique adopté lors de ces essais était différent du nôtre, reposant sur le fait que seul l'action par traction du tendon conjoint sur la butée pouvait être responsable d'un déplacement de celle-ci, la tête humérale étant immobilisée durant la période post-opératoire immédiate. Il n'a donc pas été étudié les contraintes en translation et en rotation de la butée coracoïdienne. Pour notre part, le modèle développé simule la situation la plus défavorable, d'une butée non consolidée, subissant une contrainte directe par une tête humérale se luxant en position antéro-inférieure. Cette rare situation clinique pourrait se rencontrer lors d'un accident de luxation post-opératoire immédiat (épaule non immobilisée) ou en cas de non-consolidation de la butée à distance de l'intervention. Willemot et al. [10] ont également choisi d'étudier ce déplacement latéro-médial de la butée coracoïdienne entre trois types de vis de diamètre différent dans des configurations de fixation uni- ou bicorticales. Les auteurs ont démontré l'importance d'une tenue bicorticale quel que soit le diamètre de vis utilisé.

L'avantage théorique du second EB serait l'obtention d'une meilleure stabilité rotatoire. En effet, notre étude a permis de mettre en évidence qu'un appui supérieur occasionnait une rotation dès 50 N de la butée en cas d'utilisation d'un seul EB. En revanche, avec un appui inférieur, les tests

réalisés prouvent que le second EB n'augmente pas significativement la stabilité du montage, avec un déplacement de la butée non statistiquement différent par rapport aux montages à 1 EB.

Au-delà de l'enjeu d'un déplacement secondaire, le type de fixation de la butée pourrait avoir un effet sur sa consolidation. Gendre et al. retrouvaient un taux moyen de fusion des butées arthroscopiques fixées par un EB à 83 % sur les scanners réalisés à 6 mois post opératoires [13]. Nous avons retrouvé dans la littérature une consolidation de la butée type Bristow-Latarjet fixée par une ou deux vis à ciel ouvert allant de 85 % à 100 % [14-17]. Ces résultats comparables prouvent que malgré la moindre raideur des montages avec EB (s) par rapport aux vis, l'EB est un moyen de fixation suffisamment stable pour permettre une consolidation osseuse.

Conclusion

L'ostéosynthèse de la butée coracoïdienne par deux vis malléolaires a montré la plus grande raideur par comparaison à l'ostéosynthèse par EBs. Les déplacements de la butée soumise à une contrainte latéro-médiale sont significativement supérieurs lorsque la stabilisation est assurée par EB. Les montages à 2 EBs, n'ont prouvé qu'un avantage mécanique sur la stabilité rotatoire de la butée. Cette étude biomécanique confirme la vulnérabilité mécanique jusqu'à sa consolidation, d'une butée fixée par EB.

Conflit d'intérêt : NB est consultant pour la société Smith & Nephew ; VA, JB, PM et PS n'ont aucun conflit d'intérêt en relation avec cette étude.

Sources de financement : Aucune

Contribution des auteurs :

N Bonneville: conception de l'étude, interprétation des données et écriture du manuscrit.

Vadim Azoulay: conception de l'étude, collection et interprétation des données, figures and écriture du manuscrit.

Pascal Swider: revue de la littérature, interprétation des données, figures, et écriture du manuscrit.

Jérôme Briot: conception de l'étude, collection des données.

Pierre Mansat: conception de l'étude, interprétation des données et édition du manuscrit. Tous les auteurs ont approuvé la version finale.

Type de Montage	Position de la contrainte (200 N)		
	Centrale	Supérieure	Inférieure
	Déplacement moyen (mm)		
1 vis	1.40 (1.32 ; 1.64)	1.63 (1.31;1.66)	2.47 (1.86 ; 2.47)
2 vis	0.91 (0.84 ; 1.04)	0.86 (0.76 ; 0.96)	1.19 (1.05 ; 1.42)
1 EB	7.42 (7.35 ; 7.58)	NR	6.52 (4.13 ; 6.69)
2 EB	6.76 (6.10 ; 7.93)	7.39 (4.96 ; 7.43)	5.24 (4.88 ; 5.84)

Table 1 : Déplacements moyens des différents montages fonction de la position de la contrainte.

Légendes

Figure 1. Modélisation 3D de la glène et de la butée

Figure 2. Fixation de la butée par 1 ou 2 vis, et 1 ou 2 EBs

Figure 3. Mise en compression de la butée sur le banc d'essai Instron ®

Figure 4. Raideur moyenne des montages exprimée en N.mm^{-1}

Références

1. Athwal G, Meislin R, Getz C, Weinstein D, Favorito P. Short-term Complications of the Arthroscopic Latarjet Procedure: A North American Experience. *Arthroscopy* 2016;32:1965-70.
2. Dumont GD, Fogerty S, Rosso C, Lafosse L. The Arthroscopic Latarjet Procedure for Anterior Shoulder Instability. *Am J Sports Med.* 2014;42:2560-66.
3. Metais P, Clavert P, Barth J, et al. Preliminary clinical outcomes of Latarjet-Patte coracoid transfer by arthroscopy vs. open surgery: Prospective multicentre study of 390 cases. *Orthop Traumatol Surg Res.* 2016;102:S271-S276.
4. Wang L, Wang B, Xu G, Song Z, Cui H, Zhang Y. Biomechanical comparison of bionic, screw and Endobutton fixation in the treatment of tibiofibular syndesmosis injuries. *Int Orthop.* 2015;40:307-14.
5. Brand J Jr., Hamilton D, Selby J, Pienkowski D, Caborn DNM, Johnson DL. Biomechanical comparison of quadriceps tendon fixation with patellar tendon bone plug interference fixation in cruciate ligament reconstruction. *Arthroscopy.* 2000;16:805-12.
6. Young AA, Maia R, Berhouet J, Walch G. Open Latarjet procedure for management of bone loss in anterior instability of the glenohumeral joint. *J Shoulder Elbow Surg.* 2011;20:S61-9.
7. Boileau P, Gendre P, Baba M, et al. A guided surgical approach and novel fixation method for arthroscopic Latarjet. *J Shoulder Elbow Surg.* 2016;25:78-89.
8. Weppe F, Magnussen RA, Lustig S, Demey G, Neyret P, Servien E. A Biomechanical Evaluation of Bicortical Metal Screw Fixation Versus Absorbable Interference Screw

Fixation After Coracoid Transfer for Anterior Shoulder Instability.

Arthroscopy 2011;27:1358-63.

9. Alvi HM, Monroe EJ, Muriuki M, Verma RN, Marra G, Saltzman MD. Latarjet Fixation: A Cadaveric Biomechanical Study Evaluating Cortical and Cannulated Screw Fixation. Orthop J Sports Med. 2016;4:1-5.
10. Willemot LB, Wodicka R, Bosworth A, Castagna A, Burns J, Verborgt O. Influence of screw type and length on fixation of anterior glenoid bone grafts. Shoulder Elbow. 2017;10:32-39.
11. Marsland D, Belkoff SM, Solan MC. Biomechanical analysis of endobutton versus screw fixation after Lisfranc ligament complex sectioning. Foot Ankle Surg. 2013;19:267-72.
12. Provencher MT, Aman ZS, LaPrade CM, et al. Biomechanical Comparison of Screw Fixation Versus a Cortical Button and Self-tensioning Suture for the Latarjet Procedure. Orthop J Sports Med. 2018;6:2325967118777842
13. Gendre P, Thélou CE, d'Ollonne T, Trojani C, Gonzalez JF, Boileau P. Coracoid bone block fixation with cortical buttons: An alternative to screw fixation? Orthop Traumatol Surg Res. 2016;102:983-87.
14. Balestro J-C, Young A, Maccioni C, Walch G. Graft osteolysis and recurrent instability after the Latarjet procedure performed with bioabsorbable screw fixation. J Shoulder Elbow Surg. 2015;24:711-8.
15. Allain J, Goutallier D, Glorion C. Long-Term Results of the Latarjet Procedure for the Treatment of Anterior Instability of the Shoulder. J Bone Joint Surg Am. 1998;80:841-852.

16. Hovelius L, Sandström B, Saebö M. One hundred eighteen Bristow-Latarjet repairs for recurrent anterior dislocation of the shoulder prospectively followed for fifteen years: Study II—the evolution of dislocation arthropathy. *J Shoulder Elbow Surg.* 2006;15:279-89.
17. Xu J, Liu H, Lu W, et al. Clinical outcomes and radiologic assessment of a modified suture button arthroscopic Latarjet procedure. *BMC Musculoskelet Disord.* 2019;20:173.







