



HAL
open science

Échographie externe versus endoéchographie : étude de non-infériorité de la visualisation de différentes structures d'intérêt de l'épaule

Gabriel Lateur, Clément Horteur, Manon Chenevas-Paule, Marie Chavanon, Maxime Saad, Régis Pailhé, Pierre-Yves Rabattu, Sandrine Voros, Alexandre Moreau-Gaudry, Pierre Chapuis

► To cite this version:

Gabriel Lateur, Clément Horteur, Manon Chenevas-Paule, Marie Chavanon, Maxime Saad, et al.. Échographie externe versus endoéchographie : étude de non-infériorité de la visualisation de différentes structures d'intérêt de l'épaule. *Revue de Chirurgie Orthopédique et Traumatologique*, 2020, 106, pp.681 - 686. 10.1016/j.rcot.2020.08.005 . hal-03492059

HAL Id: hal-03492059

<https://hal.science/hal-03492059>

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
**ECHOGRAPHIE EXTERNE VERSUS ENDOECHOGRAPHIE : ETUDE
DE NON INFERIORITE DE LA VISUALISATION DE DIFFERENTES
STRUCTURES D'INTERET DE L'EPAULE**

**EXTERNAL VERSUS ENDOSCOPIC ULTRASOUND: NON-
INFERIORITY ASSESSMENT FOR VISUALIZATION OF VARIOUS
STRUCTURES OF INTEREST IN THE SHOULDER**

Gabriel **Lateur**^{a,b}, Clément **Horteur**^a, Manon **Chenevas-Paule**^c, Marie **Chavanon**^c, Maxime **Saad**^a, Régis **Pailhé**^{a,b}, Pierre-Yves **Rabattu**^c, Sandrine **Voros**^b, Alexandre **Moreau-Gaudry**^b, Pierre **Chapuis**^d

a Service de Chirurgie de l'Arthrose et du Sport, Urgences Traumatiques des Membres, CHU Sud de Grenoble. F-38130, Échirolles, France.

b Laboratoire TIMC-IMAG <<http://www-timc.imag.fr/>> - Equipe GMCAO <<http://www-timc.imag.fr/rubrique9.html>>, Institut d'Ingénierie et de l'Information de Santé Domaine de la Merci, Pavillon Taillefer, F-38706 La Tronche cedex, France

c Laboratoire d'Anatomie Des Alpes Françaises, Faculté de Médecine, Université Grenoble Alpes, Domaine de la Merci, F-38700 La Tronche, France

d Service de radiologie, CHU Sud de Grenoble. F-38130, Échirolles, France.

Auteur correspondant :

Gabriel Lateur : glateur@chu-grenoble.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.

RESUME

Introduction : Certaines structures et pathologies peuvent s'avérer difficiles à mettre en évidence sous contrôle vidéoscopique seul au cours de procédures arthroscopiques. L'échographie est une modalité d'imagerie pouvant apporter une aide au clinicien lors des procédures diagnostiques et thérapeutiques arthroscopiques. L'objectif principal de cette étude est de démontrer que la visualisation de structures de l'épaule via une sonde d'endo-échographie est équivalente à une exploration par échographie externe. Les objectifs secondaires sont l'évaluation qualitative des images obtenues par échographie endoscopique, ainsi que la comparaison du temps d'acquisition entre les deux modalités d'échographie.

Matériel et méthode : étude anatomique de non infériorité sur 6 épaules de 3 sujets anatomiques d'âge moyen de 84 ans. Après réalisation d'un examen échographique par un radiologue spécialisé en imagerie ostéo-articulaire, une arthroscopie d'épaule était réalisée par le même chirurgien spécialiste pendant laquelle la sonde d'endo-échographie était utilisée. Le nombre de structures visualisées et la qualité des images obtenues étaient évalués par des observateurs indépendants.

Résultats : Sur les 11 structures d'intérêts 10 (91 %) ont pu être visualisées en endo-échographie contre 4 (36 %) en échographie externe ($p < 0.05$). Le temps moyen des acquisitions en endo-échographie était de 9 minutes 30 secondes \pm 6.3 [5 ; 22]. Sur les 11 structures, toutes étaient visualisées avec une meilleure qualité avec la sonde d'endo-échographie, sauf l'articulation acromio-claviculaire pour laquelle la visualisation était de meilleure qualité en échographie extracorporelle et la coiffe des rotateurs par sa face externe pour laquelle la visualisation était de qualité équivalente entre les 2 techniques.

Conclusion : Cette étude montre l'équivalence de la sonde d'endo-échographie vis à vis de la sonde d'échographie externe pour l'épaule.

Niveau de preuve : IV, Etude de non-infériorité sur sujet anatomique

Mots clés: Endo-échographie, Echographie externe, imagerie, arthroscopie, épaule, faisabilité, complications

INTRODUCTION :

L'arthroscopie d'épaule est couramment utilisée pour la prise en charge de diverses pathologies telles que les calcifications de la coiffe des rotateurs, les tendinopathies du tendon long biceps, la bursite sous acromiale, la stabilisation articulaire suite à des épisodes d'instabilité, les arthropathies acromio-claviculaires, les chondropathies ou véritables

arthroses gléno-humérales du sujet jeune, et les lésions de la coiffe des rotateurs [1][2][3][4][5][6][7][8][9]. Dans certains cas, ces pathologies sont parfois difficiles à mettre en évidence par le simple contrôle vidéoscopique intra articulaire.

L'échographie est une technique d'imagerie qui utilise les ondes ultrasonores apportant des informations quantitatives et qualitatives au clinicien sur les propriétés physiques des tissus explorés. Les images sont construites à partir de la mesure du Temps de Vol (TOF) des UltraSons (US) aller-retour dans le tissu dans lequel les ondes se propagent, par l'intermédiaire d'une sonde qui est mobilisée de manière dynamique par l'opérateur à la surface de l'organe exploré. Des études ont déjà été réalisées, portant sur l'intérêt de l'utilisation d'un appareil d'échographie externe dans l'aide à la visualisation de ces différentes lésions par le clinicien[10].

Une sonde échographique pouvant utiliser la voie d'abord arthroscopique permet un accès direct aux structures d'intérêts profondes de l'épaule. Nous avons déjà réalisé une étude portant sur l'utilisation d'une sonde d'échographie adaptée à l'utilisation des voies d'abord arthroscopiques initialement développée pour l'évaluation intra-articulaire des cartilages du genou, qui nous a permis d'affirmer la faisabilité de son utilisation au cours de procédures d'arthroscopie d'épaule[11]. Il est désormais nécessaire de déterminer l'apport et l'intérêt de cette modalité d'échographie intra-articulaire endoscopique par rapport à l'échographie par voie externe.

L'hypothèse principale de notre étude est que l'échographie endoscopique de l'épaule permet de réaliser l'acquisition d'images du même nombre de structures anatomiques (voir davantage) et quelle permet d'obtenir une qualité de visualisation au moins équivalente à l'échographie par voie externe.

L'objectif principal de notre étude est de comparer les images de structures anatomiques précises de l'épaule obtenues avec une sonde d'endo-échographie avec une sonde d'échographie extracorporelle classique, dans le cadre d'une étude ex vivo sur sujets anatomiques.

Les objectifs secondaires sont l'évaluation qualitative des images obtenues par échographie endoscopique, ainsi que la comparaison du temps d'acquisition entre les deux modalités d'échographies.

MATERIEL ET METHODES :

Nous avons réalisé une étude de non infériorité portant sur 6 épaules de sujets anatomiques au sein du LADAF (Laboratoire d'Anatomie Des Alpes Françaises) en collaboration avec l'équipe du TIMC-IMAG (Techniques de l'Ingénierie Médicale et de la Complexité – Informatique, Mathématiques et Applications, France).

Une étude sur sujet anatomique répond à la législation funéraire concernant la réglementation des donneurs. Il n'est pas nécessaire de la déclarer à la CNIL (Commission nationale de l'informatique et des libertés).

Le prototype de sonde d'endo-échographie intra articulaire à l'étude était la « Sonde M 15 » (développée par la société Cartimage Médical SASTM en partenariat avec le laboratoire TIMC-IMAG). Elle possède un cathéter de 15 cm de long et de 4 mm de diamètre (Figure 1). Le capteur échographique distal de 13mm de long comporte 64 capteurs avec une fréquence centrale de 11MHz permettant d'obtenir des images échographiques endoscopique et arthroscopique. Cette sonde n'offre pas à l'heure actuelle la possibilité de réaliser des imageries de type doppler. L'acquisition des images d'échographie endoscopique était réalisée par un chirurgien expérimenté en arthroscopie de l'épaule.

Les images échographiques obtenues par voie externe « extracorporelle » étaient réalisées à l'aide de la sonde d'échographie ALOKA IPF-1503 de fréquence centrale de 15 MHz. L'acquisition de ces images était réalisée par un radiologue expérimenté en imagerie ostéo-articulaire.

Les structures d'intérêts choisies préalablement à l'étude étaient pour l'espace gléno-huméral : la portion intra articulaire du long biceps, les cartilages glénoïdien et huméral, les ligaments gléno-huméraux supérieur, moyen et inférieur, le labrum glénoïdien, et la coiffe des rotateurs par sa face profonde. Pour l'espace sous acromial : de la coiffe des rotateurs par sa face superficielle, de l'acromion par sa face inférieure, et de l'articulation acromio-claviculaire.

Les sujets anatomiques utilisés dans cette étude étaient à l'état frais, les membres supérieurs devaient être présents dans leur totalité et reliés au tronc. Au total 6 épaules ont pu être explorées au cours de cette étude (3 droites et 3 gauches) sur 3 sujets anatomiques d'une moyenne d'âge de 84 ans. (Tableau 1)

Les manipulations ont été réalisées avec les sujets anatomiques en position demi-assise. Le radiologue intervenait dans un premier temps afin que les épaules soient analysées en étant indemnes de toutes manipulations. La sonde d'échographie extra-articulaire lui permettait d'explorer l'articulation gléno-humérale et l'espace sous-acromial afin de visualiser les structures d'intérêts et de réaliser des clichés. La procédure d'exploration extra corporelle était réalisée conformément au déroulé habituel d'une exploration échographique de l'épaule, elle commençait par l'exploration du long biceps dans sa portion verticale avec la recherche d'un épanchement articulaire, puis le long biceps dans sa zone de réflexion, et sa portion horizontale (insertion non visible). On réalisait ensuite un testing passif du biceps pour voir si une luxation était présente. L'exploration continuait par la visualisation du tendon sous-scapulaire en plaçant l'épaule en rotation externe puis du supra épineux en plaçant l'épaule en rétropulsion. La bourse sous acromiale était visualisée à l'aplomb du supra épineux. On terminait par l'exploration du tendon infra épineux en rotation interne puis de l'articulation acromio claviculaire. Chaque structure était visualisée en coupe axiale et longitudinale.[12]

La procédure d'exploration arthroscopique était réalisée conformément à la procédure classique in vivo au bloc opératoire. Le membre opéré était placé en traction de 4kg afin de décoapter les espaces gléno-huméraux et sous-acromiaux. On réalisait une voie d'abord optique postéro-externe dans le soft point de l'intervalle de Wolff afin de visualiser premièrement l'espace gléno-huméral. Puis nous réalisons la voie d'abord arthroscopique antérieure et nous introduisons par cette voie la sonde d'endo-échographie avec exploration des structures d'intérêts gléno-humérales et prise de clichés échographiques de ces structures. Les manipulations se poursuivaient par le passage de l'optique d'arthroscopie de l'espace gléno-huméral vers l'espace sous acromial et réalisation de la voie d'abord latérale sous acromiale par laquelle on réalisait une bursectomie au shaver. Le dernier temps consistait au retrait du shaver et à l'introduction de la sonde d'endo-échographie par la voie d'abord latérale dans l'espace sous-acromial avec exploration des structures d'intérêts de l'espace sous-acromial avec prise de clichés échographiques de ces structures.

Un observateur extérieur indépendant renseignait pour chacune de ces structures si nous pouvions les visualiser à la fois avec la sonde d'endo-échographie et avec la sonde d'échographie externe. Les images échographiques obtenues pour chaque structure étaient photographiées et celles-ci étaient numérotées afin que 3 experts en imagerie ostéo-articulaire déterminent en simple aveugle quelles images, endo-échographique ou en échographie par voie externe, leur semblaient de meilleure qualité.

Le temps d'acquisition des images par sonde intra et extra-articulaire était également relevé par les observateurs indépendants pour chaque épaule avec pour consigne de signaler à l'opérateur si celui-ci dépassait 20 minutes. Nous avions préalablement fixé cette limite de temps comme une limite au-delà de laquelle l'allongement opératoire augmenterait le risque de lésion secondaire, ainsi que le risque potentiel d'infection du site opératoire. Toutes les données ont été collectées sur des grilles d'évaluations remplies au cours de la procédure.

Le critère de jugement principal était la comparaison du nombre de visualisation des structures anatomiques d'intérêt de l'épaule avec une sonde d'endo-échographie par rapport à une sonde d'échographie extra-corporelle.

Les critères de jugement secondaires étaient l'évaluation qualitative des images effectuées avec les deux modalités d'imagerie, et la comparaison du temps d'acquisition.

L'analyse statistique a été réalisée à l'aide du logiciel XL-STAT 2019®. La qualité de l'étude a été évaluée grâce à la checklist "Strengthening the Reporting of Observational Studies in Epidemiology" (STROBE).[13] Les deux modalités d'imagerie étaient comparées statistiquement par le test du Khi-2. Nous faisons l'hypothèse de l'indépendance des paramètres. Lorsque ce test est significatif, il permet de conclure à la non infériorité. A contrario, si celui-ci n'est pas significatif, il est impossible de conclure à une différence. Classiquement, il est nécessaire de disposer d'un effectif minimum de 5, ici n=3, néanmoins le test peut quand même s'appliquer car les résultats ne s'échelonnent pas et sont apparentés à des valeurs extrêmes de 100% (tout est visualisé) ou 0%. Le seuil de significativité choisi est $p < 0.05$.

RESULTATS :

Sur les 11 structures d'intérêts dix (soit 91 %) ont pu être visualisé en endo-échographie et 4 (soit 36%) en échographie externe. Les structures visualisées sont récapitulées dans le tableau 2. L'analyse statistique a montré une différence significative entre les 2 modalités d'imagerie concernant les proportions globales de structures visualisées d'après le test de Kappa-Cohen avec un coefficient kappa à 0,178 (p-value = 0.0377). La comparaison statistique n'a pu être effectuée que de manière globale mais pas de façon indépendante pour chaque structure car les critères d'application du test de Kappa-Cohen n'étaient pas réunis en raison d'un faible effectif d'analyse.

La comparaison des 2 modalités d'imagerie a montré des taux de discordance supérieurs ou égaux à 83 % entre l'échographie endoscopique et extracorporelle dans la visualisation des surfaces cartilagineuses glénoïdiennes et humérales, de la coiffe des rotateurs par sa face profonde, et de l'acromion par sa face inférieure, ce qui correspond à une meilleure visualisation avec la sonde d'endo-échographie bien que l'on ne puisse conclure à une significativité statistique. (Tableau 3)

Une meilleure qualité de visualisation en endo-échographie était notée pour 8 des 11 structures d'intérêt (72,7%) : le long biceps, les surfaces cartilagineuses glénoïdiennes et humérales, les ligaments gléno-huméraux supérieur et moyen, le labrum glénoïdien, la coiffe des rotateurs par sa face superficielle, l'acromion par sa face inférieure. L'échographie externe offrait des images de meilleure qualité pour une seule structure (9,1%) : l'articulation acromio-claviculaire. Pour les tendons de la coiffe des rotateurs par leur face externe, les deux méthodes d'imagerie offraient une qualité de visualisation équivalente (Tableau 4). Les figures 2, 3 et 4 montrent des images comparatives des clichés échographiques obtenus en endo-échographie et en échographie externe pour les mêmes structures d'intérêt.

Le temps moyen des acquisitions était de 570 secondes \pm 377.1 [300 ; 1320] soit 9 minutes et 30 secondes \pm 6.3 [5 ; 22] pour l'endo-échographie. Le temps moyen des acquisitions est de 408 secondes \pm 143.2 [240 ; 600] soit 6 minutes et 48 secondes \pm 2.4 [4 ; 10] pour l'échographie externe. Ces résultats sont détaillés dans le tableau 5. Le test de Kappa Cohen ne montrait pas de différence significative entre les temps d'exploration en endo-échographie et en échographie externe, avec une valeur à 0.41398 (p-value=0,52). (Figure 5)

DISCUSSION:

L'analyse statistique a démontré la non infériorité de notre sonde d'endo-échographie en arthroscopie par rapport à une exploration en échographie externe. La comparaison du nombre de structures d'intérêts visualisées a montré une différence significative en faveur de l'endo-échographie de façon globale pour la visualisation des structures d'intérêts de l'épaule. Pour 6 structures : les surfaces cartilagineuses glénoïdiennes et humérales, les ligaments gléno-huméraux

supérieurs et moyens, la coiffe des rotateurs par sa face profonde, et l'acromion par sa face inférieure la visualisation en endo-échographie était possible alors qu'elle ne l'était pas en échographie externe. Néanmoins pour la coiffe des rotateurs par sa face externe, la visualisation est équivalente avec les deux modalités d'échographie. On obtenait une meilleure visualisation de l'articulation acromio-claviculaire avec l'échographie externe.

Le point fort de notre étude est qu'elle constitue, à notre connaissance, la première comparaison d'une sonde d'endo-échographie spécifiquement conçue et dédiée à l'exploration de structures en arthroscopie par rapport à une sonde d'échographie extracorporelle. D'autres études ont déjà rapporté l'utilisation d'une sonde d'endo-échographie utilisé lors de procédure arthroscopique pour l'évaluation des cartilages du genou.[14][11]

Les limites de l'étude sont l'état de dégénérescence arthrosique des sujets anatomiques étudiés avec une moyenne de 84 ans.

Dans certaines des épaules étudiées, des structures d'intérêt n'étaient plus présentes (rupture du tendon du long biceps, rupture transfixiante rétractée de la coiffe des rotateurs), le manque d'acquisition n'est donc pas dû à un problème technique dans la manipulation de la sonde, ni à une mauvaise conception de la sonde, mais directement à l'état anatomique du sujet étudié.

La seconde limite est l'effectif de sujet étudié qui est faible (6 épaules) limitant la puissance de l'analyse statistique.

Cette étude a également permis de montrer que l'endo-échographie fournissait des images de meilleure qualité que l'échographie externe pour 8 structures anatomiques que sont la portion intra articulaire du long biceps, les cartilages glénoïdiens et huméraux, les ligaments gléno-huméraux supérieur et moyen, le labrum, l'acromion par sa face inférieure et les tendons de la coiffe des rotateurs par leur face profonde.

Nous devons souligner certaines différences de modalité d'acquisition d'images en fonction du type d'échographie. Le long biceps était visualisé dans sa portion intra articulaire avec l'endo-échographie alors qu'il était visualisé dans sa portion verticale au sein de sa gouttière en modalité d'échographie extracorporelle puisque une sonde extracorporelle ne peut avoir d'accès à la partie horizontale du biceps en raison de l'interposition sur le trajet des ultrasons de l'acromion et du quart externe de la clavicule, comme cela a été souligné dans l'étude de Mazaleyra et al[3]. De plus il est impossible en échographie extracorporelle de visualiser l'acromion et la coiffe des rotateurs par sa face profonde, puisque cela nécessite l'introduction de la sonde en intra articulaire.

La sonde d'endo-échographie ne s'oriente que sur l'axe rotatoire de la sonde à partir de son niveau d'introduction par les voies d'abord arthroscopiques, tandis que la sonde d'échographie externe s'oriente dans différents axes, ceci pourrait expliquer la meilleure visualisation de l'articulation acromio-claviculaire en échographie extracorporelle. Nous n'avons pas trouvé de différence de temps significative pour l'exploration entre la sonde d'endo-échographie et

l'échographie externe. Le temps d'acquisition pour l'exploration par ultrasons est resté nettement inférieur à nos prévisions initiales de 20 minutes pour toutes les épaules sauf une, avec un temps moyen de 9 minutes et 30 secondes ± 6.3 [5 ; 22].

Enfin, tous comme les autres études de la littérature sur le sujet, nous n'avons pas mis en évidence de lésions induites par la sonde à ultrasons lors de nos manipulations sur les 6 épaules, point important pour possiblement évaluer la non-infériorité de notre sonde d'endo-échographie dans des études in vivo. [11] [14] [15]

CONCLUSION:

L'acquisition d'images par une sonde d'endo-échographie dédiée et conçue spécifiquement pour l'utilisation au cours de la procédure d'arthroscopie d'épaule est une modalité d'imagerie permettant d'obtenir des clichés de qualité au moins équivalente à l'échographie externe. Elle permet même d'imager certaines structures profondes inaccessibles en échographie externe avec des qualités d'image parfois supérieures.

Depuis quelques années, les chirurgiens orthopédistes, notamment ceux spécialistes du membre supérieur, se forment de plus en plus aux techniques échographiques à des fins diagnostiques et d'aide thérapeutique.[16][1] Le développement de sondes d'endo-échographie telle que la sonde «M15» permettra d'allier les avantages de l'échographie externe à ceux de l'exploration arthroscopique pour les praticiens, en leur donnant davantage d'accès aux structures profondes d'intérêt de l'épaule et en leur permettant une visualisation de meilleure qualité à des fins diagnostiques et d'aide à la décision thérapeutique ou d'aide au geste opératoire en lui-même.

Conflits d'intérêt des auteurs : aucun

Sources de financement : aucune

Contribution des auteurs : [Lateur G MD: Auteur correspondant, manipulation, écriture](#) ; [Horteur C MD: manipulation, écriture](#) ; [Chenevas-Paule MD: manipulation, écriture](#) ; [Chavanon M MD: manipulation, écriture](#) ; [Saad M MD: écriture](#) ; [Pailhé R MD PhD: relecture](#) ; [Rabattu PY MD: relecture](#) ; [Voros S. PhD: statistique](#) ; [Moreau-Gaudry MD PhD: écriture.](#)

Tableau 1: Caractéristiques anatomiques des sujets, avec âge, sexe, et numérotation des épaules.

| Sujet | Sexe | Age (ans) | Epaules |
|-------|----------|-----------|--|
| 1 | Feminin | 73 | Epaule 1 : droite Epaule 2 : gauche |
| 2 | Feminin | 91 | Epaule 3 : droite Epaule 4 : gauche |
| 3 | Masculin | 88 | Epaule 5 : droite Epaule 6 : gauche |

Tableau 2 : Visualisation de chaque structure selon la méthode d'imagerie endo-échographique ou échographie extracorporelle, et comparaison entre les 2 modalités

| Imagerie Structures anatomiques | Visualisation en Endo-échographie (%) | Visualisation en Echographie externe (%) | Comparaison 1= supériorité en échographie extracorporelle 2= supériorité en endo-échographie 3 = équivalence |
|---|---------------------------------------|--|---|
| long biceps | 100 | 100 | 3 |
| cartilage glénoïdien | 100 | 0 | 2 |
| cartilage huméral | 100 | 0 | 2 |
| ligament gléno-huméral supérieur | 100 | 0 | 2 |
| ligament gléno-huméral moyen | 100 | 0 | 2 |
| ligament gléno-huméral inférieur | 0 | 0 | 3 |
| labrum glénoïdien | 100 | 100 | 3 |
| coiffe des rotateurs par sa face profonde | 100 | 0 | 2 |
| tendon de la coiffe des rotateurs par leur face externe | 100 | 100 | 3 |
| acromion par sa face inférieure | 100 | 0 | 2 |
| articulation acromio-claviculaire | 100 | 100 | 3 |

Tableau 3 : Taux de concordance et de discordance de visualisation des structures avec la sonde d'endo-échographie et la sonde d'échographie externe.

| Structures | Taux de concordance en pourcentage | Taux de discordance en pourcentage |
|---|------------------------------------|------------------------------------|
| long biceps | 66,7 | 33,3 |
| cartilage glénoïdien | 0 | 100 |
| cartilage huméral | 0 | 100 |
| ligament gléno-huméral supérieur | 83,3 | 16,7 |
| ligament gléno-huméral moyen | 66,7 | 33,3 |
| ligament gléno-huméral inférieur | 100 | 0 |
| labrum glénoïdien | 50 | 50 |
| coiffe des rotateurs par sa face profonde | 16,7 | 83,3 |
| tendon de la coiffe des rotateurs par leur face externe | 100 | 0 |
| acromion par sa face inférieure | 0 | 100 |
| articulation acromio-claviculaire | 66,7 | 33,3 |

Tableau 4 : Comparaison qualitative de chaque structure en fonction de la sonde d'endo-échographie ou extra corporelle

| Structures | Comparaison 1 : Supériorité endo-échographie 2 : Supériorité externe 3 : Equivalence NA : Non applicable |
|--|--|
| Portion du long biceps | 1 |
| Cartilage glénoïdien | 1 |
| Cartilage huméral | 1 |
| Ligament gléno-huméral inférieur* | NA |
| Ligament gléno-huméral moyen | 1 |
| Ligament gléno-huméral supérieur | 1 |
| Labrum glénoïdien | 1 |
| Coiffe des rotateurs par sa face profonde | 1 |
| Tendon de la coiffe des rotateurs par leur face externe | 3 |
| Acromion par sa face inférieure | 1 |
| Articulation acromio-claviculaire | 2 |

* Le ligament gléno-huméral inférieur n'a pas pu être visible en raison d'un pincement de l'interligne articulaire probablement lié à l'état de dégénérescence arthrosique des sujets anatomiques étudiés

Tableau 5 : Temps d'acquisition des images avec la sonde d'endo-échographie et avec la sonde d'échographie externe en sec et minutes

| Epaules | Temps d'exploration endo-échographique | | Temps d'exploration en échographie externe | |
|------------|--|---------|--|---------|
| | Secondes | Minutes | Secondes | Minutes |
| Epaule 1 | 300 | 5 | 600 | 10 |
| Epaule 2 | 480 | 8 | NA | NA |
| Epaule 3 | 1320 | 22 | 420 | 7 |
| Epaule 4 | 540 | 9 | 480 | 8 |
| Epaule 5 | 420 | 7 | 300 | 5 |
| Epaule 6 | 360 | 6 | 240 | 4 |
| Moyenne | 570 | 9,5 | 408 | 6,8 |
| Médiane | 450 | 7,5 | 420 | 7 |
| Ecart type | 377,1 | 6,3 | 143,2 | 2,4 |

Figures :

- Figure 1 : Sonde d'endo-échographie M15 produite par Cartimage Medical SASTM (France)

- Figure 2 : Coiffe face superficielle épaule droite
A : échographie externe
B : endo-échographie

- Figure 3 : articulation acromio-claviculaire épaule droite
A : échographie externe
B : endo-échographie

- Figure 4 : Long biceps épaule gauche
A : échographie externe
B : endo-échographie

- Figure 5 : Box plot de la comparaison des temps d'acquisition échographique entre les 2 modalités (endo-échographie et extracorporelle)

(observateur 1) : sonde d'endo-échographie
(radiologue) : sonde extracorporelle

Références :

- [1] Plomb-Holmes C, Clavert P, Kolo F, Tay E, Lädermann A, French Arthroscopic Society. An orthopaedic surgeon's guide to ultrasound imaging of the healthy, pathological and postoperative shoulder. *Orthop Traumatol Surg Res* 2018;104:S219–32. <https://doi.org/10.1016/j.otsr.2018.07.011>.
- [2] Martinel V, Bonnevalle N. Contribution of postoperative ultrasound to early detection of anchor pullout after rotator cuff tendon repair: Report of 3 cases. *Orthop Traumatol Surg Res* 2020;106:229–34. <https://doi.org/10.1016/j.otsr.2019.12.012>.
- [3] Mazaleyrat M, Barthélémy R, Bouilleau L, Charousset C, Berhouet J. Inter- and intra-observer reproducibility of ultrasound analysis of the long head of the biceps. *Orthop Traumatol Surg Res* 2020;106:235–9. <https://doi.org/10.1016/j.otsr.2019.11.025>.
- [4] Orlandi D, Mauri G, Lacelli F, Corazza A, Messina C, Silvestri E, et al. Rotator Cuff Calcific Tendinopathy: Randomized Comparison of US-guided Percutaneous Treatments by Using One or Two Needles. *Radiology* 2017;285:518–27. <https://doi.org/10.1148/radiol.2017162888>.
- [5] Streit JJ, Shishani Y, Rodgers M, Gobeze R. Tendinopathy of the long head of the biceps tendon: histopathologic analysis of the extra-articular biceps tendon and tenosynovium. *Open Access J Sports Med* 2015;6:63–70. <https://doi.org/10.2147/OAJSM.S76325>.
- [6] Lee D-H, Hong JY, Lee MY, Kwack K-S, Yoon S-H. Relation Between Subacromial Bursitis on Ultrasonography and Efficacy of Subacromial Corticosteroid Injection in Rotator Cuff Disease: A Prospective Comparison Study. *Arch Phys Med Rehabil* 2017;98:881–7. <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2016.11.025>.
- [7] Gasparini G, De Benedetto M, Cundari A, De Gori M, Orlando N, McFarland EG, et al. Predictors of functional outcomes and recurrent shoulder instability after arthroscopic anterior stabilization. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2016;24:406–13. <https://doi.org/10.1007/s00167-015-3785-3>.
- [8] Williams M. Diagnostic challenges in acromioclavicular septic arthritis. *BMJ Case Rep* 2016;2016. <https://doi.org/10.1136/bcr-2016-216034>.
- [9] Kee YM, Kim HJ, Kim JY, Rhee YG. Glenohumeral arthritis after Latarjet procedure: Progression and its clinical significance. *J Orthop Sci* 2017;22:846–51. <https://doi.org/10.1016/j.jos.2017.06.008>.
- [10] Naredo E, Iagnocco A. Why use ultrasound in rheumatology? *Rheumatology (Oxford)* 2012;51 Suppl 7:vii1. <https://doi.org/10.1093/rheumatology/kes335>.
- [11] Pailhé R, Vettier B, Custillon G, Saragaglia D, Cinquin P, Moreau-Gaudry A. Advantages of an intra-articular ultrasound probe to assess knee joint cartilage: A cadaver proof-of-concept study 11/16.
- [12] Brasseur JL, Montagnon D, Hacquard B, Tardieu M. Osteo-articular ultrasonography of the shoulder. *J Radiol* 2000;81:343–5.
- [13] von Elm E, Altman DG, Egger M, Pocock SJ, Gøtzsche PC, Vandenbroucke JP, et al. The Strengthening the Reporting of Observational Studies in Epidemiology (STROBE) statement: guidelines for reporting observational studies. *Lancet* 2007;370:1453–7. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(07\)61602-X](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(07)61602-X).
- [14] Liukkonen J, Lehenkari P, Hirvasniemi J, Joukainen A, Virén T, Saarakkala S, et al. Ultrasound arthroscopy of human knee cartilage and subchondral bone in vivo. *Ultrasound Med Biol* 2014;40:2039–47. <https://doi.org/10.1016/j.ultrasmedbio.2014.04.001>.
- [15] Lateur G, Bentejac A, Pailhé R, Bacry MC, Chanrion MA, Custillon G, et al. Endo-échographie intra articulaire au cours d'arthroscopie d'épaule : étude anatomique de faisabilité. *Revue de Chirurgie Orthopédique et Traumatologique* 2019;105:S129.

- [16] Messina C, Banfi G, Orlandi D, Lacelli F, Serafini G, Mauri G, et al. Ultrasound-guided interventional procedures around the shoulder. *Br J Radiol* 2016;89:20150372. <https://doi.org/10.1259/bjr.20150372>.

Figure 1 :



Figure 2 :



Figure 3 :

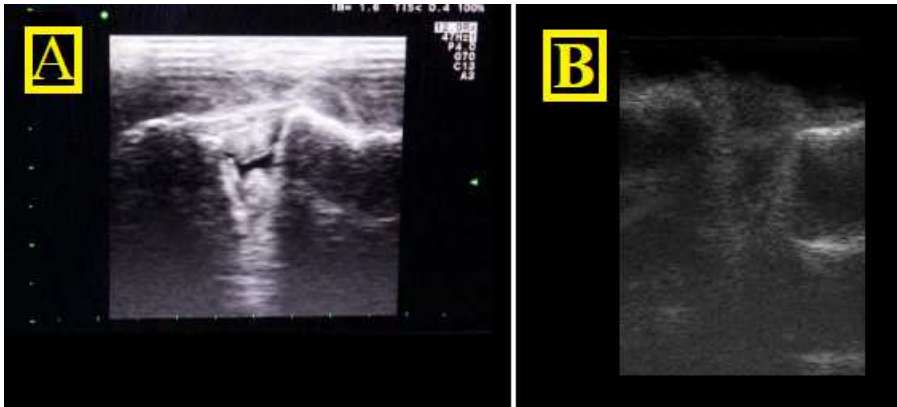
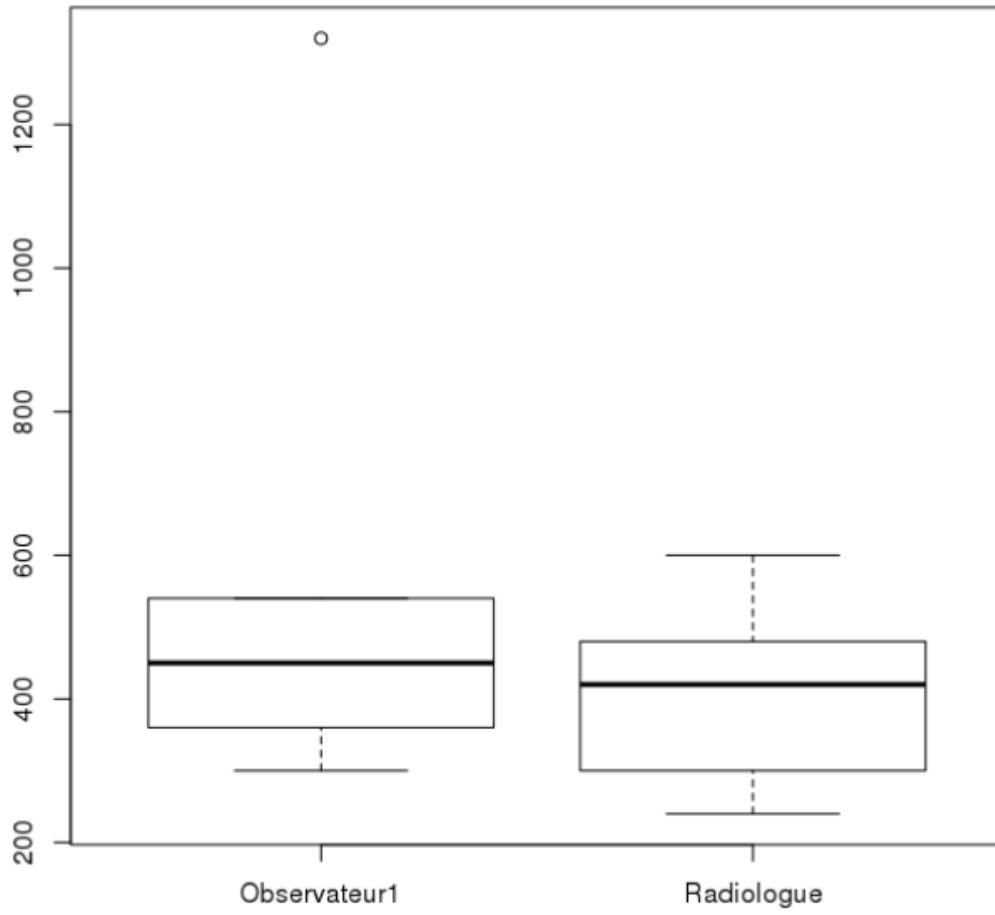


Figure 4 :



Figure 5 :



Pas de différence statistiquement significative.