

UNIVERSITÉ DE LILLE
FACULTÉ DE MÉDECINE HENRI WAREMBOURG
Année : 2021

THÈSE POUR LE DIPLÔME D'ÉTAT
DE DOCTEUR EN MÉDECINE

**ETUDE ANATOMIQUE DE L'ARTICULATION STERNO-CLAVICULAIRE EN
ÉCHOGRAPHIE**

Présentée et soutenue publiquement le 25/05/21 à 16h
au Pôle Formation
par **Timothée OLIVIER**

JURY

Présidente :

Madame le Professeur *Anne Cotten*

Assesseurs :

Monsieur le Professeur *Xavier DEMONDION*

Monsieur le Professeur *Bernard CORTET*

Monsieur le Docteur *Sammy BADR*

Directeur de thèse :

Monsieur le Docteur *Kevin KASPRZAK*

Avertissement

**La Faculté n'entend donner aucune approbation aux opinions émises dans les thèses :
celles-ci sont propres à leurs auteurs.**

TABLE DES MATIÈRES

I. LISTE DES ABREVIATIONS

II. INTRODUCTION

A) CONTEXTE

B) ANATOMIE

1. EMBRYOLOGIE

a. claviculaire

b. sternale

2. OSTÉOLOGIE

a. claviculaire

b. sternale

3. MYOLOGIE

4. ARTHROLOGIE

5. VASCULARISATION

6. INNERVATION

C) BIOMÉCANIQUE

D) APPORTS DE L'IMAGERIE

1. ECHOGRAPHIE

2. SCANNER ET RADIOGRAPHIE STANDARD

3. IRM

E) PROBLÉMATIQUE

F) OBJECTIFS

III. MATERIEL ET METHODE

A) ETUDE ANATOMIQUE SUR CADAVRES

B) ETUDE ÉCHOGRAPHIQUE SUR CADAVRES

C) ETUDE ÉCHOGRAPHIQUE SUR SUJETS SAINS VOLONTAIRES

1. Pré-requis

a. Ethique

b. Echographe et sonde utilisés

2. Etude conjointe

3. Etude comparative

4. Analyse statistique de concordance inter-observateur

D) ANALYSES STATISTIQUES DE CONCORDANCE INTER-OBSERVATEUR

IV. RESULTATS

A) ETUDE ANATOMIQUE SUR CADAVRES

B) ETUDE ÉCHOGRAPHIQUE SUR CADAVRES

1. Structures anatomiques repérées

2. Structures non repérées

C) MARQUAGE ÉCHOGUIDÉ DES CADAVRES

1. Matériel de marquage utilisé

2. Dissection du sujet n°2

3. Dissection du sujet n°3

D) ETUDE ÉCHOGRAPHIQUE DES SUJETS SAINS VOLONTAIRES

1. Données qualitatives
 - a. Épanchement articulaire
 - b. Irrégularités corticales claviculaires
 - c. Ostéophytes claviculaires
 - d. Irrégularités corticales sternales
 - e. Ostéophytes sternaux
 - f. Contenu articulaire
 - g. Présence ou non d'un foramen au sein du ligament inter-claviculaire
 - h. Topographie du ligament inter-claviculaire vis à vis du manubrium
 - i. Disque articulaire
 - j. Hyperhémie de la synoviale en doppler
2. Données quantitatives
 - a. Berges médiales de clavicules
 - b. Cartilage sternal
 - c. Cartilage claviculaire
 - d. Ligaments sterno-claviculaires antérieurs
 - e. Ligaments inter-claviculaire
 - f. Interligne articulaire
 - g. Écart entre les tendons sterno-cléido-mastoïdiens

E) ANALYSES STATISTIQUES

1. Données qualitatives
 - a. Epanchement articulaire
 - b. Irrégularités corticales claviculaires
 - c. Ostéophytes claviculaires
 - d. Irrégularités corticales sternales
 - e. Ostéophytes sternaux
 - f. Contenu articulaire
 - g. Foramen au sein du ligament inter-claviculaire
 - h. Topographie du ligament inter-claviculaire vis à vis du manubrium
 - i. Hyperhémie synoviale
 - j. Disque articulaire
 - k. Association entre l'âge et la présence d'irrégularités corticales ou d'ostéophytes.
2. Données quantitatives
 - a. Berges médiales de clavicules
 - b. Cartilage sternal
 - c. Cartilage claviculaire
 - d. Ligaments sterno-claviculaires antérieurs
 - e. Ligaments inter-claviculaire
 - f. Interligne articulaire
 - g. Écart entre les tendons sterno-cléido-mastoïdiens
 - h. Association entre l'âge et l'épaisseur cartilagineuse
3. Au total
 - a. Données qualitatives
 - b. Données quantitatives

V. DISCUSSION

- A) PRINCIPAUX RÉSULTATS
- B) FORCES DE L'ÉTUDE
- C) LIMITES DE L'ÉTUDE
- D) PERSPECTIVES

VI. CONCLUSION

VII. BIBLIOGRAPHIE

LISTE DES ABREVIATIONS

ASC : Articulation sterno-claviculaire

BMC : Berge médiale de la clavicule

CA : Contenu articulaire

DA: Disque Articulaire

EA : Épanchement articulaire

FIC: Foramen inter-claviculaire

HS : Hyperhémie synoviale

IA : Interligne articulaire

ICC : Irrégularités des corticales claviculaires

ICS : Irrégularités des corticales sternales

IRM : Imagerie par Résonance Magnétique

LCC : Ligament costo-claviculaire

LSCP : Ligament sterno-claviculaire postérieur

LIC : Ligament Inter-claviculaire

LSCA : Ligament sterno-claviculaire antérieur

OC : Ostéophytes claviculaires

OS : Ostéophytes sternaux.

SAPHO : syndrome Synovite Acnée Pustulose Hyperostose Ostéite

SCM : Muscle sterno-cléido-mastoïdien

TDM : Tomodensitométrie.

TLI : Topographie du ligament inter-claviculaire

I. INTRODUCTION

A) CONTEXTE

De nombreuses pathologies sont susceptibles d'atteindre l'articulation sterno-claviculaire (ASC). De l'affection traumatique (luxations, entorses, fractures, fractures-luxation) à la pathologie inflammatoire (SAPHO : syndrome Synovite Acnée Pustulose Hyperostose Ostéite et le spectre des spondylarthropathies) en passant par les remaniements dégénératifs, l'ostéose claviculaire condensante ou les atteintes infectieuses (arthrite septique).

Pourtant, l'ASC est quelque peu délaissée par la littérature scientifique. En effet, ce n'est qu'à partir de 2010 que le nombre annuel de publications scientifiques concernant l'ASC dépasse 50 (contre 1715 pour la hanche la même année) faisant de cette articulation une « articulation négligée » comme le disait Rodriguez-Henriquez dans son travail de 2013.⁽¹⁾

S'agissant de l'étude échographique de l'ASC, la première publication datait de 2007 sous la forme d'un case report d'une synovite et soulignait la facilité de l'infiltration échoguidée de cette articulation.⁽²⁾

Il est donc surprenant que des descriptions anatomiques et des études échographiques d'articulations pathologiques aient été réalisées mais qu'aucune étude de l'anatomie échographique physiologique n'ait vu le jour.

De plus, l'échographie constitue un examen facilement accessible et peu coûteux, aisément réalisable au lit du patient lorsque cela est nécessaire. C'est un examen non irradiant, particulièrement indiqué dans l'étude des structures superficielles comme l'ASC. Elle constitue un complément aux examens radiographiques et tomodensitométriques pour l'étude des parties molles, qui sont mal étudiées dans ces modalités d'imagerie. L'imagerie par résonance magnétique (IRM) n'est pas dénuée d'intérêt mais son accessibilité reste limitée, et nécessite l'utilisation de séquences spécifiquement optimisées pour étudier cette articulation, ce qui la rend peu utilisable dans cette indication en pratique courante

B) ANATOMIE

1. EMBRYOLOGIE

a) CLAVICULAIRE

Il s'agit d'un os membraneux et c'est l'un des premiers os à s'ossifier, vers la 5e semaine intra-utérine. Elle s'ossifie par 3 noyaux d'ossification : 2 centres primaires (l'un médial et l'autre latéral) pour le corps de la clavicule apparaissant vers la 5e semaine de vie fœtale, et un centre d'ossification secondaire pour l'extrémité sternale de la clavicule apparaissant vers 18-20 ans. L'union de ce second centre d'ossification au reste de la clavicule a lieu vers la 25ème année.

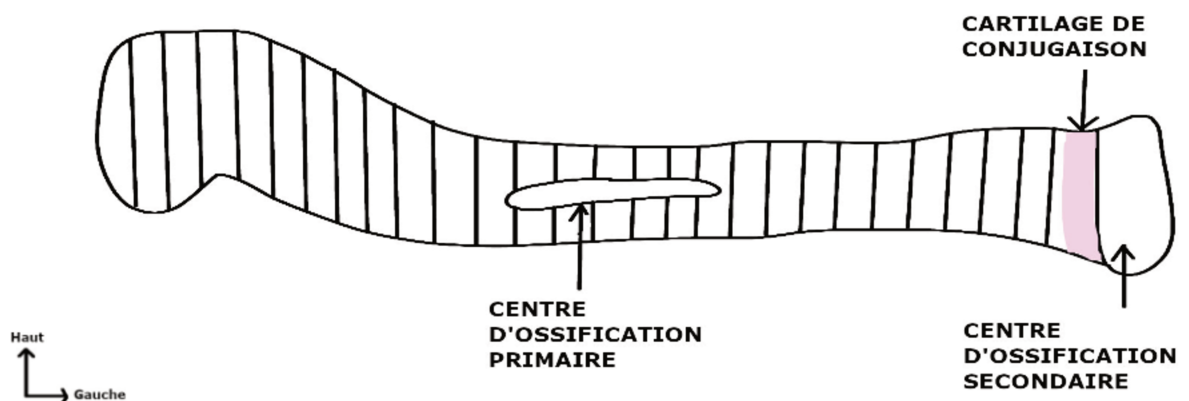


Schéma 1 : Embryologie claviculaire. ⁽³⁾

b) STERNALE

Le sternum est précédé d'une ébauche cartilagineuse faite de deux composantes longitudinales (hémi sternums droit et gauche) qui fusionnent sur la ligne médiane au troisième mois. Les premiers points d'ossification primaires apparaissent dès le sixième mois. L'ossification secondaire est post-natale et progressive et ne sera complète qu'à l'âge adulte.

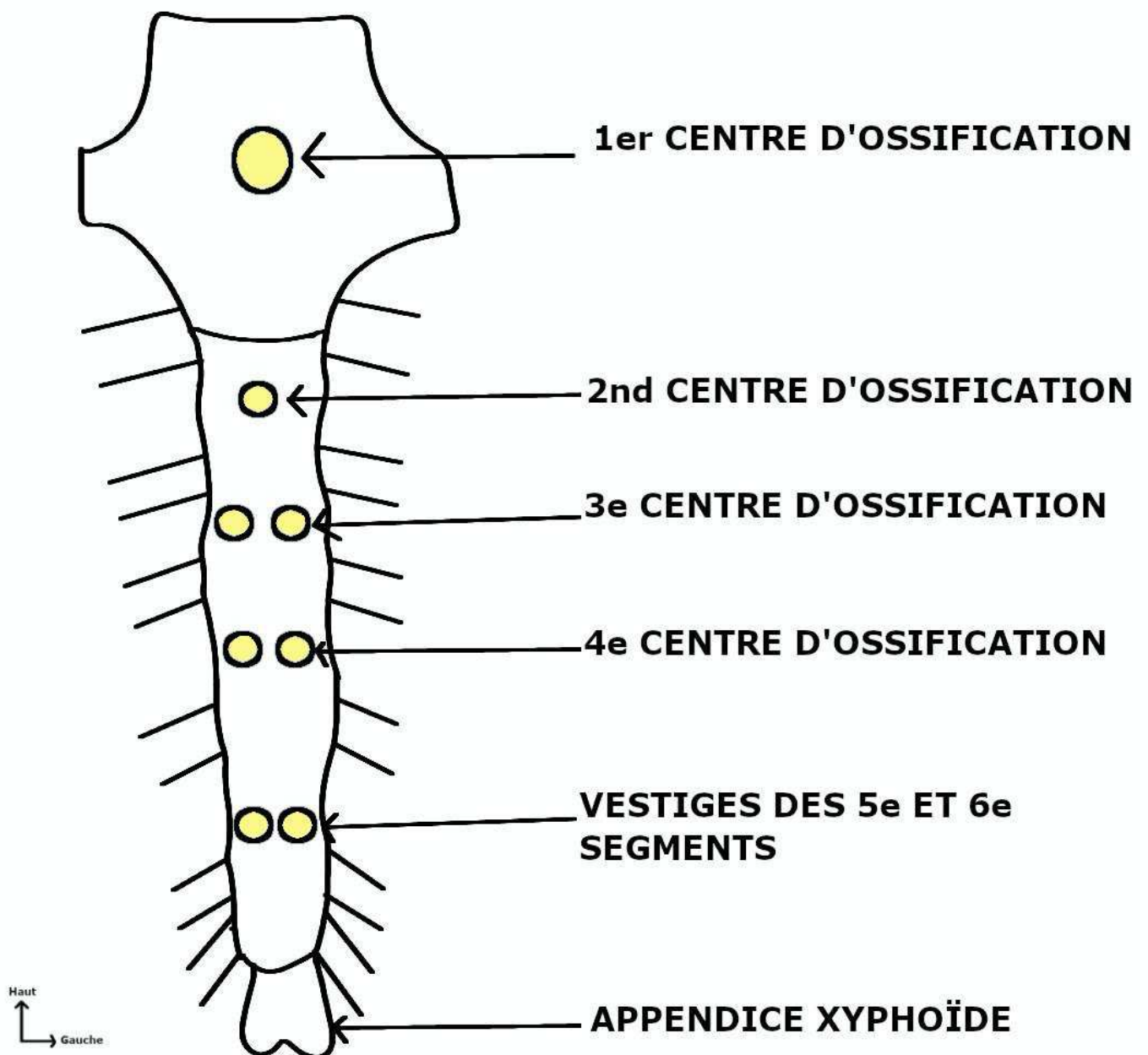


Schéma 2 : Embryologie sternale, vue antérieure. ⁽³⁾

2. OSTÉOLOGIE

a) CLAVICULAIRE

La clavicule est un os long pair et symétrique qui appartient à la ceinture scapulaire et constitue sa partie antérieure. Elle a une forme incurvée en « S » et se place quasiment horizontalement à la partie antéro-supérieure du thorax, juste au-dessus de la première côte.

Elle s'articule médialement avec le manubrium sternal en haut et avec le premier cartilage costal en bas par la surface articulaire costale, et latéralement avec l'acromion. Sa courbure est double avec une convexité antérieure à sa partie médiale et une concavité antérieure à sa partie latérale. Son tiers latéral est aplati tandis que ses deux tiers médiaux ont une forme plus arrondie ou prismatique. Le travail de Daruwalla et al. a montré des variations selon le sexe et selon la latéralité. En effet, les clavicules des hommes étaient plus longues, plus larges et plus épaisses que celles des femmes. Les clavicules droites avaient une profondeur médiane plus importante qu'à gauche, surtout chez les femmes. Les clavicules des hommes présentaient une plus grande profondeur latérale que celles des femmes. ⁽⁴⁾

b) STERNALE

Os plat impair et symétrique formé par la fusion de 6 sternèbres, le sternum s'articule avec les clavicules en haut et en dehors par l'intermédiaire de ses incisures claviculaires ainsi qu'avec les côtes par les incisures costales. Il est formé de 3 parties : le manubrium à la partie supérieure avec l'incisure jugulaire au niveau de son bord supérieur, le corps à la partie moyenne, puis l'appendice xyphoïde en position caudale. Il possède 2 surfaces articulaires pour les clavicules et 24 surfaces articulaires pour les 12 paires de côtes.

3. MYOLOGIE

Les insertions musculaires importantes de l'extrémité médiale de la clavicule comportent : le muscle sterno-cléido-mastoïdien (SCM) à l'avant et les muscles sterno-hyoïdien et sterno-thyroïdien en arrière, sans oublier l'insertion du grand pectoral à la face inférieure de la clavicule. ⁽⁵⁾

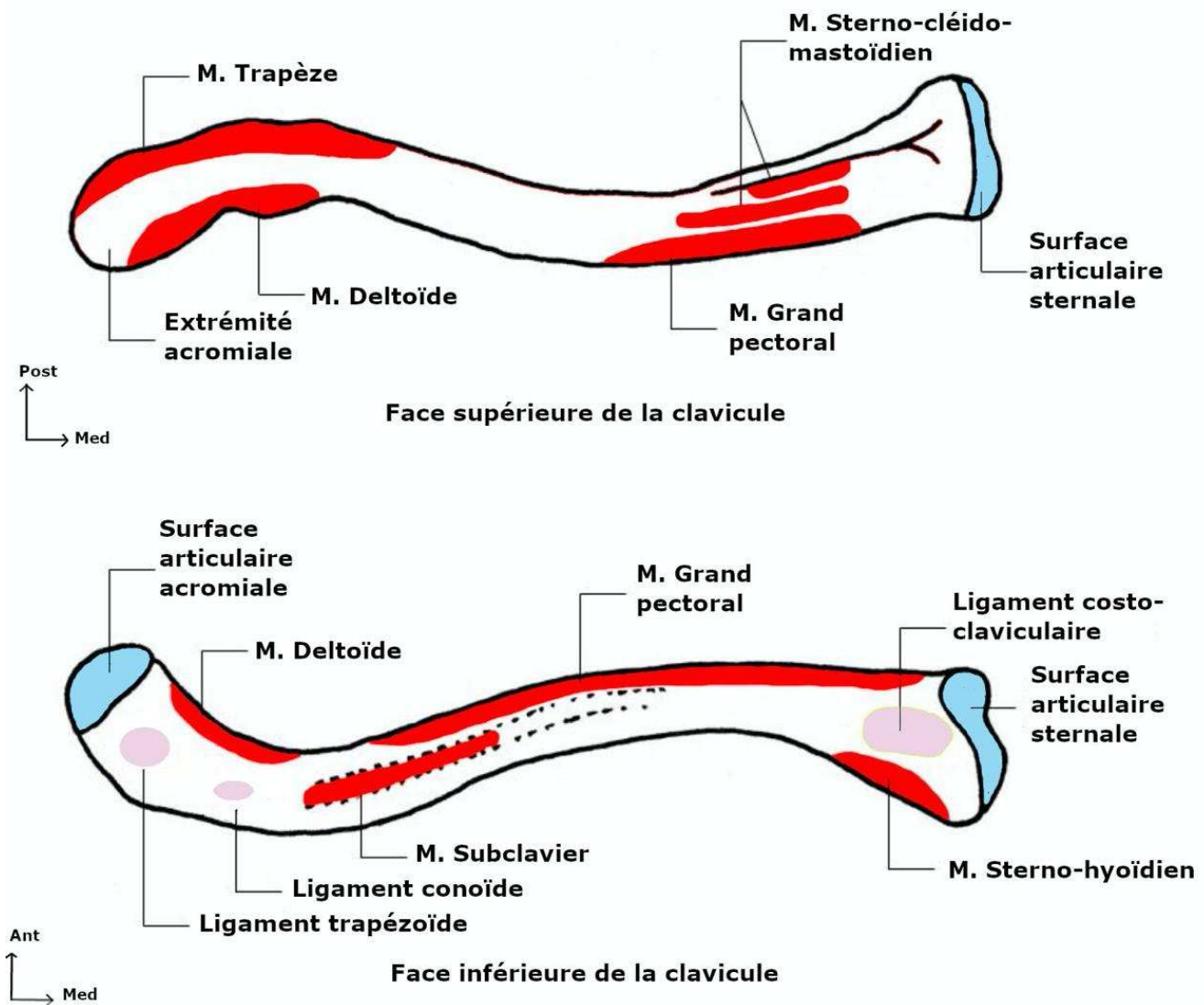


Schéma 3 : Insertions musculaires claviculaires.

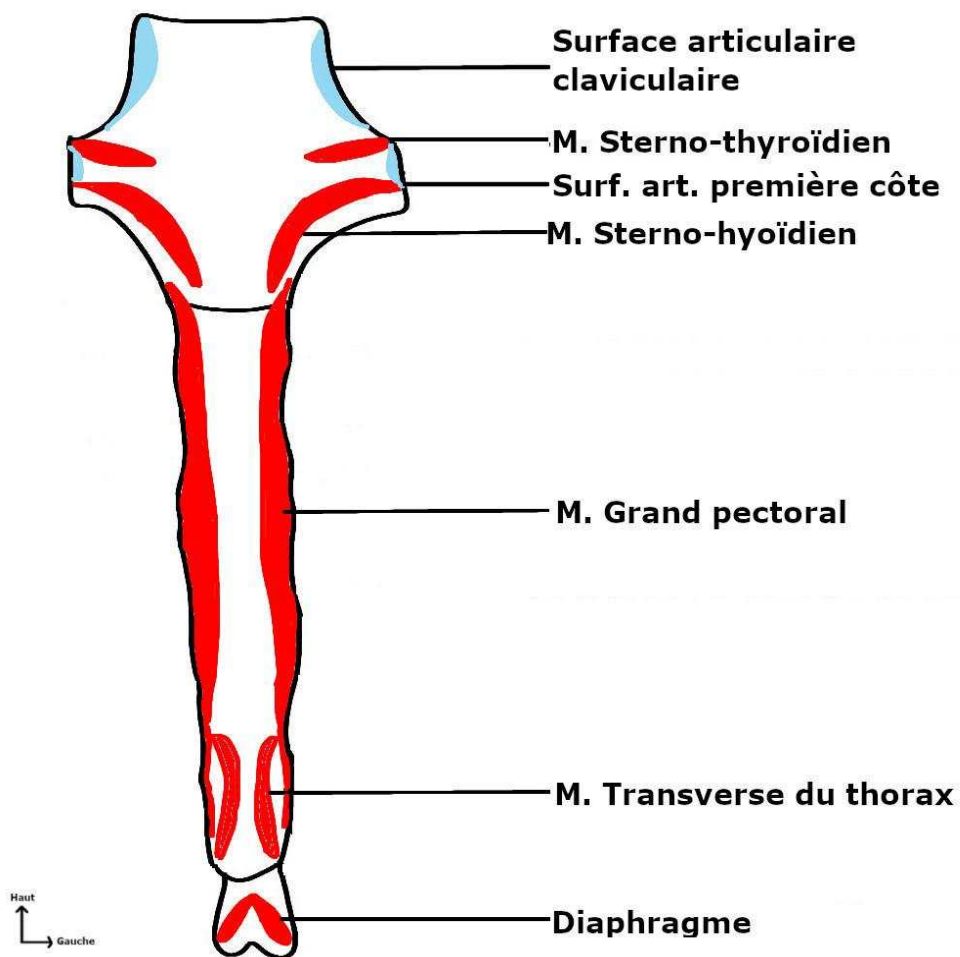


Schéma 4 : Vue antérieure du sternum. Insertions musculaires sternales.

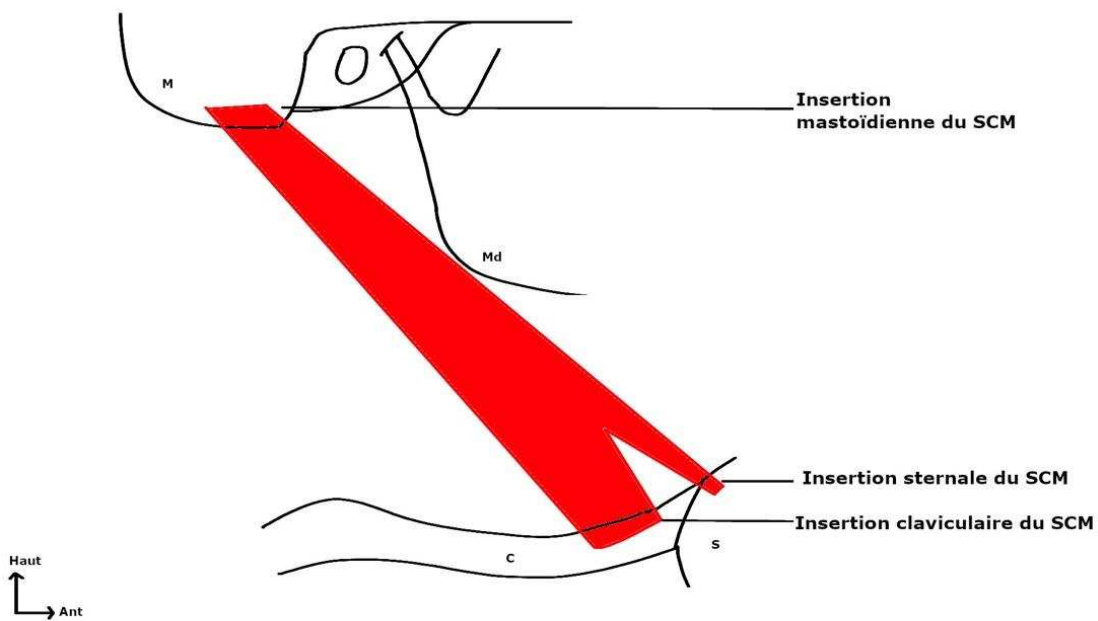


Schéma 5 : Vue latérale droite. Insertions du SCM. C : clavicule. S : sternum. M : processus mastoïde. Md : mandibule.

Le SCM a pour fonction une extension de la tête et une hyperlordose cervicale en cas de contraction bilatérale. En cas de contraction unilatérale, il entraîne une flexion et une inclinaison homolatérale ainsi qu'une rotation contralatérale de la tête. Il est innervé par la 11^e paire de nerfs crâniens, les nerfs accessoires.

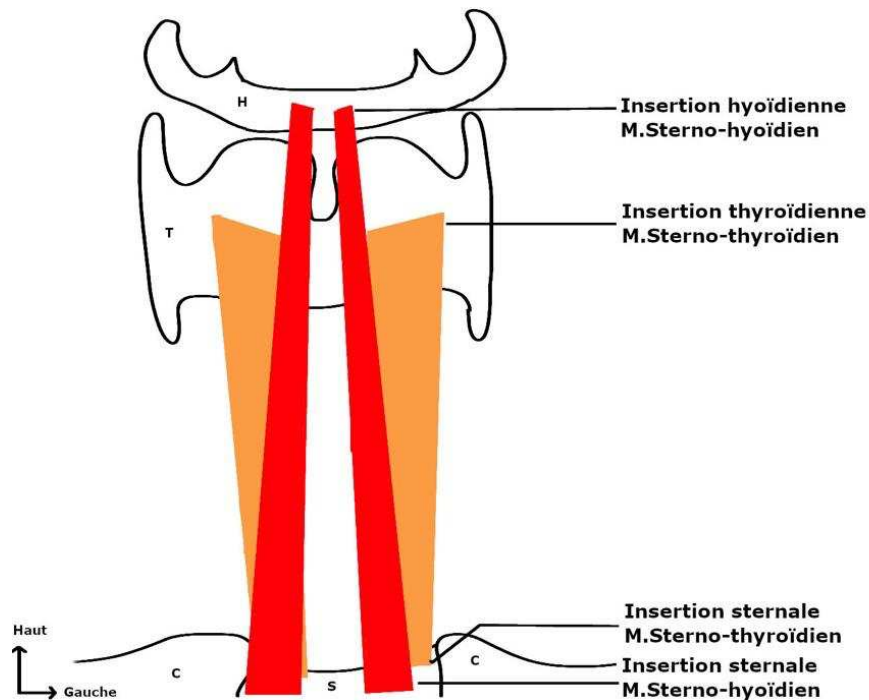


Schéma 6 : Vue antérieure. Muscles sterno-hyoïdiens et sterno-thyroïdiens. H : os hyoïde. T : cartilage thyroïde. S : sternum. C : clavicule.

Le muscle sterno-thyroïdien tire le larynx et l'appareil hyoïde en arrière. Le muscle sterno-hyoïdien tire le larynx et l'os hyoïde en direction caudale. Ils sont tous deux innervés par des rameaux provenant de l'anse cervicale, correspondant à une anastomose entre le plexus cervical et le nerf hypoglosse (12^e paire de nerfs crâniens).

4. ARTHROLOGIE

L'ASC est une articulation synoviale dite « en selle », composée de l'incisure claviculaire du sternum, concave, et de la surface sternale de la clavicule, convexe, à quoi s'ajoute le cartilage de la première côte.

Cette articulation présente une incongruence relative, modifiée par les mouvements du membre supérieur. Cette incongruence est partiellement corrigée grâce à la présence d'un disque intra-articulaire qui divise la cavité articulaire en un compartiment sternal et un compartiment claviculaire et dont la structure amortit les contraintes fonctionnelles de l'articulation.

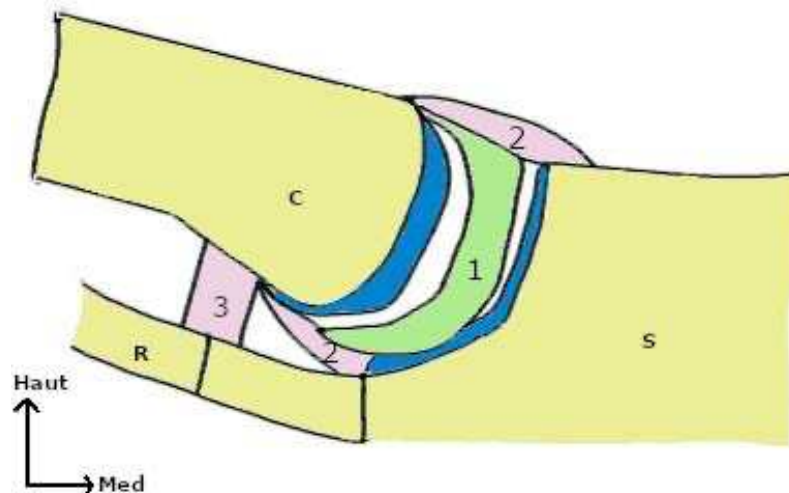


Schéma 7 : Coupe frontale de l'ASC. 1 : disque articulaire. 2 : capsule articulaire et ligaments sterno-claviculaires. 3 : LCC. S : sternum. C : clavicule. R : première côte.

Le disque dispose d'une configuration convexe-concave et s'attache à l'extrémité supérieure et postérieure de la clavicule par une large zone quasi circulaire ainsi qu'au ligament sterno-claviculaire antérieur (LSCA). En bas, il fusionne avec le cartilage de la première côte à la jonction avec le sternum. Son diamètre moyen est de 18 mm et son épaisseur moyenne de 5.4 mm selon Jared T et al. ⁽⁷⁾ et présente une concavité centrale sur ses faces sternale et claviculaire.

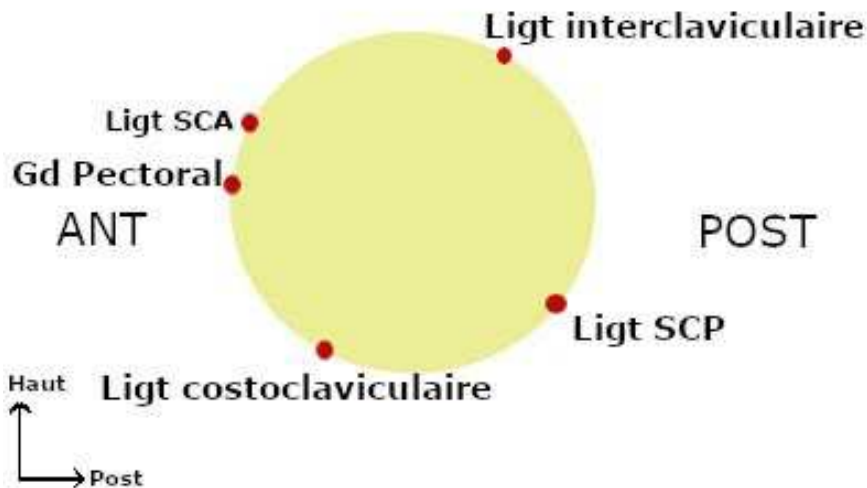


Schéma 8 : Vue médiale d'un disque articulaire droit et des insertions tendino-ligamentaires.

(7)

Deux types de disques sont décrits dans la littérature : la forme complète et la forme ménischoïde. Ces derniers représentent moins de 3% des cas. Les altérations du disque articulaire sterno-claviculaire semblent survenir plus tardivement que les altérations du disque acromio-claviculaire, plutôt vers la troisième décennie. Les modifications observées comprennent la fibrillation, l'amincissement du cartilage articulaire de la clavicule et du sternum, ainsi qu'une fibrillation et une stratification légère du disque. Lorsque des modifications se produisaient dans les surfaces articulaires, elles étaient plus prononcées du côté claviculaire de l'articulation.

Tardivement (7ème décennie) on observe chez certains patients une perforation de la partie centrale du disque, avec une incidence qui augmente au cours des décennies suivantes. L'articulation est enveloppée dans une capsule fibreuse lâche qui se confond avec les marges du disque. La capsule est renforcée par les ligaments sterno-claviculaires, l'un antérieur et le second postérieur ainsi que par le ligament inter-claviculaire (LIC).

Les études cadavériques ne parviennent pas à identifier un ligament sterno-claviculaire postérieur (LSCP) distinct de la capsule articulaire. Il correspondrait davantage à un épaississement de celle-ci. ⁽⁷⁾

Le LIC, impair et médian est de forme semi-lunaire et s'insère de part et d'autre de la ligne médiane sur la partie supérieure et l'extrémité médiale de la clavicule. Son bord supérieur concave répond aux téguments et son bord inférieur convexe à l'échancrure sternale supérieure. Il présente de nombreuses variations interindividuelles dont la présence d'orifices à sa partie inférieure par lesquels cheminent de petits vaisseaux. ⁽⁸⁾

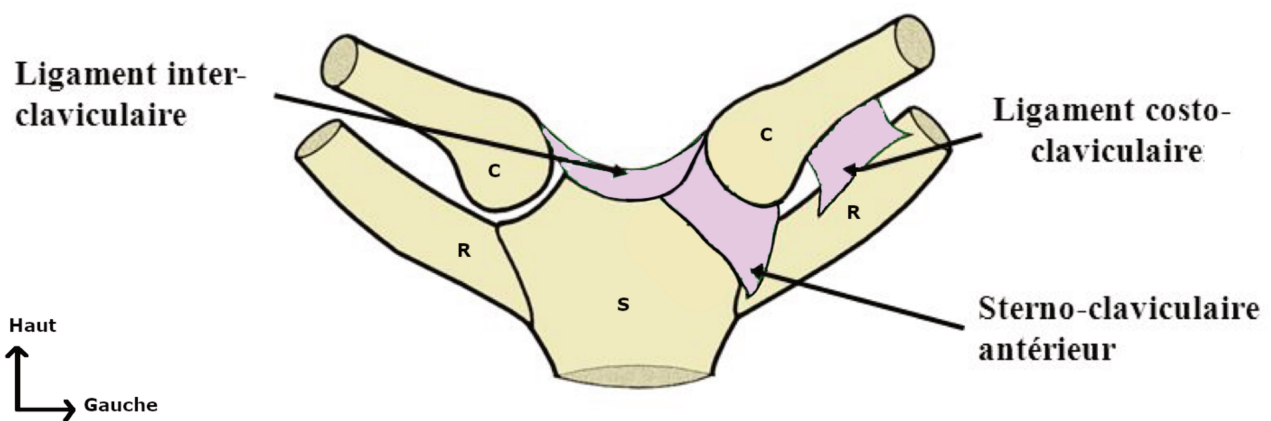


Schéma 9 : insertions ligamentaires péri-articulaires. S : sternum. C : clavicule. R: première côte.

Le ligament costo-claviculaire (LCC) est une structure plate, de forme rhomboïde, qui provient des parties supérieure et médiale du cartilage de la première côte et s'étend obliquement et latéralement pour s'insérer sur la tubérosité costale située à la face inférieure de l'extrémité médiale de la clavicule.

Il comporte 2 faisceaux : le faisceau antérieur provient de la surface antéro-médiale de la première côte et est dirigé vers le haut et latéralement. Le fascicule postérieur est

encore plus court que l'antérieur et se développe latéralement par rapport aux fibres antérieures, dirigé en haut et en dedans.

La surface articulaire de la clavicule est antéro-inférieure. Une large attache de la capsule articulaire couvre la partie postérieure et supérieure de l'articulation.

5. VASCULARISATION

L'ASC est vascularisée par des branches de l'artère thoracique interne elle-même issue de l'artère subclavière et par l'artère supra-scapulaire elle-même issue de l'artère axillaire.

6. INNERVATION

L'articulation est innervée par des filets nerveux provenant du nerf supra-scapulaire et du nerf sub-clavier.

C) BIOMÉCANIQUE

Bien que l'ASC soit une articulation plane, elle fonctionne comme une articulation à rotule permettant le mouvement dans tous les plans, y compris la rotation de la clavicule sur son axe. ⁽⁶⁾

Certains auteurs estiment que la rotation et l'élévation de la clavicule se font essentiellement par l'ASC et que la clavicule agit comme une jambe de force, ce qui permet à la scapula de circonscrire un arc entre 40° et 60° autour de l'ASC.

Pendant le mouvement normal de l'épaule, l'ASC est également capable de 30° à 35° d'élévation et 35° de flexion et d'extension. Le mouvement de l'articulation se produit surtout dans les premiers 90° d'élévation du bras, avec un rapport de 4° du mouvement sterno-claviculaire pour 10° d'élévation du bras. Presque aucun mouvement sterno-claviculaire ne se produit à des degrés élevés d'élévation du bras.

Des expériences de sectionnement ligamentaire à l'aide d'échantillons cadavériques ont été effectuées pour déterminer les principales contraintes à la translation antérieure et postérieure de l'ASC. Il en résulte que la capsule postérieure constitue le principal frein aux mouvements de translation antérieure et postérieure tandis que la capsule antérieure est un frein pour la translation antérieure uniquement et dans une moindre mesure.

Les luxations antérieures seraient plus fréquentes que les luxations postérieures en raison d'une résistance accrue du ligament capsulaire postérieur. ⁽⁹⁾

Le LCC s'oppose à la traction du SCM sur la clavicule et empêche le déplacement latéral vers le haut et vers le dehors de la clavicule. Plus important encore, il agit comme un pivot lors des mouvements en avant et en arrière ainsi que lors de l'élévation et de la dépression de l'épaule. Les fibres des deux faisceaux s'entrecroisent lors des mouvements d'élévation et de rotation de la clavicule assurant une meilleure stabilité.

Le LIC peut avoir une fonction suspensive, résistant au déplacement inférieur de la partie médiale de la clavicule. Chaque mouvement des membres supérieurs est accompagné d'un mouvement de l'ASC sous forme de rotation, d'impact ou de glissement.

Pourtant, cette articulation, en raison de sa structure anatomique, est capable de supporter les contraintes fonctionnelles avec seulement des changements régressifs minimes. Le disque articulaire semble jouer un rôle mécanique protecteur sur les surfaces articulaires. En effet, celles-ci sont davantage endommagées par les remaniements dégénératifs lorsque le disque est absent ou incomplet. ⁽¹⁰⁾

D) APPORTS DE L'IMAGERIE

1. ECHOGRAPHIE

La première publication scientifique traitant de l'étude ultrasonographique de l'ASC date de 2007.⁽¹¹⁾ Elle consistait en un case-report de synovite et suggérait l'efficacité de l'infiltration intra-articulaire de lidocaïne et méthylprednisolone.

En 2010, Johnson et al. s'interrogeaient sur la performance de l'échographie pour distinguer les remaniements dégénératifs sterno-claviculaires des atteintes infectieuses⁽¹²⁾.

En 2013, Rodriguez-Henriquez et al. ⁽¹⁾ étudiaient les atteintes sterno-claviculaires de la polyarthrite rhumatoïde en comparaison à des sujets sains. Le risque de synovite échographique était 4 fois plus important chez les patients présentant une douleur ou un gonflement des ASC par opposition aux patients ne présentant pas ces symptômes. De plus, des irrégularités de la corticale ont été observées plus fréquemment chez les patients atteints de PR ayant des antécédents de douleur et / ou de gonflement des articulations SC, contrairement aux patients ne présentant pas de symptômes articulaires. L'hypertrophie synoviale en échographie et l'hyperhémie articulaire en doppler étaient significativement associés à l'activité de la maladie (DAS 28).

En 2016, Bentzen et al. publiaient un case report de luxation postérieure de L'ASC, le diagnostic étant facilité par la comparaison au côté sain. ⁽¹³⁾

En 2016 Masataka Umeda et al montraient la possibilité de détecter la synovite sterno-claviculaire des patients atteints de SAPHO, ainsi que la présence de ténosynovites et d'enthésites. ⁽¹⁴⁾

Enfin en 2019, Shin-ya Kawashiri et al. (Société de médecine interne japonaise) ont publié un case report portant sur la possibilité de détecter précocement l'inflammation et la destruction sterno-claviculaire chez les patients atteints d'arthrite septique. ⁽¹⁵⁾ L'échographie retrouvait une distension capsulaire (épanchement articulaire) et une synovite active en doppler.

L'apport de l'échographie de l'ASC ne s'arrête pas au diagnostic puisque différentes techniques de radiologie interventionnelle ont été décrites. En effet, Pourcho et al ont décrit une technique d'infiltration sterno-claviculaire échoguidée en 2015 ayant permis 100% d'injection dans l'interligne sterno-claviculaire. ⁽¹⁶⁾

2. SCANNER ET RADIOGRAPHIE STANDARD

En 2009 la revue Radiographics⁽¹⁷⁾ publiait un article reprenant les différentes atteintes sternales et sterno-claviculaires au premier rang desquelles les ostéo-arthrites, bien étudiées en scanner et en IRM ainsi que les remaniements dégénératifs. L'atteinte goutteuse de l'ASC était visible en radiographie. Les radiographies et le scanner permettaient l'étude de l'articulation en cas de SAPHO avec en radiographie standard des signes d'ostéosclérose et d'hyperostose voire des irrégularités de la corticale articulaires ou de l'ankylose. Le scanner permettait également d'évaluer les arthrites septiques de l'ASC (destruction des surfaces articulaires, pincement de l'interligne articulaire, collections pariétales thoraciques et médiastinales pour le scanner) ainsi que leurs complications (abcès, médiastinite). La luxation sterno-claviculaire pouvait être suspectée en radiographie standard mais était mieux caractérisée en scanner, et ses complications pouvaient être recherchées (notamment les complications vasculaires après injection de produit de contraste iodé).

Enfin en 2010, Johnson et al. avaient montré l'association entre le sexe féminin et la présence de kystes sous chondraux détectables en scanner et la présence de remaniements dégénératifs. ⁽⁹⁾

En 2019, l'étude de Shin-ya Kawashiri et al. ⁽¹⁵⁾ mettait en évidence le retard radio-clinique de deux mois de la radiographie standard et du scanner dans la détection d'une arthrite septique (foyer d'ostéolyse).

3. IRM

En 1995, Klein et al. étudiaient en IRM l'ASC de sujets sains pour un total de 119 articulations étudiées. ⁽¹⁸⁾ 81 articulations sur 119 présentaient des marges corticales bien définies. 38 articulations présentaient des marges corticales mal définies. Aucune des articulations étudiées ne présentait de contours irréguliers ou d'irrégularités de la corticale. Seulement 5 articulations présentaient un signal liquidien intra-articulaire.

En 1996 Resnick et al publiaient sur la corrélation IRM-anatomie ⁽¹⁹⁾, leurs résultats principaux étaient les suivants: A la partie médiale de l'articulation, les fibres capsulaires ne pouvaient être distinguées des fibres du LIC. Les ligaments sterno-claviculaires antérieur et postérieur n'étaient pas correctement individualisés. Le LCC était bien visible sans pouvoir distinguer ses faisceaux antérieur et postérieur. Le plan Sagittal permettait d'étudier le diamètre antéro-postérieur du LCC sans distinguer ses faisceaux antérieur et postérieur ni la bourse inter-fasciculaire. L'étendue des ligaments sterno-claviculaires antérieur et postérieur était bien étudiée ainsi que l'insertion antérieure et postérieure du disque à la capsule articulaire. L'analyse des altérations discales n'était pas possible. Les séquences axiales permettaient de distinguer les portions antérieures et postérieures de la capsule articulaire, les ligaments SCA et SCP, les insertions antérieure et postérieure du disque à la capsule, l'étude des ligaments costo-claviculaire et inter-claviculaire, ainsi que les rapports de l'articulation à la trachée et aux gros vaisseaux. Les séquences axiales obliques étaient les meilleures pour analyser le rapport des surfaces articulaires, les trajets des ligaments SCA et SCP, ainsi que l'insertion de la partie postéro-supérieure du disque à l'extrémité médiale de la clavicule.

En 1997, un essai illustré de Klein et al. ⁽²⁰⁾ s'intéressait en IRM aux ASCs pathologiques et montrait l'intérêt de l'IRM pour le diagnostic de luxation ou d'entorse sterno-claviculaire. L'IRM possédait certains avantages par rapport au scanner pour évaluer l'hyperostose sterno-claviculaire (pas d'irradiation, meilleure analyse de l'atteinte

médullaire, discale, cartilage, tissus mous extra-articulaires, meilleure résolution en contraste.

En 2002, le pictorial review de Aslam et al. ⁽²¹⁾ s'intéressait au sternum et à l'ASC en IRM. Les principaux résultats étaient les suivants : les séquences coronales obliques étaient les meilleures pour évaluer les remaniements dégénératifs (pincement, ostéophytes et hypertrophie capsulaire).

En 2002, Xavier Le Loët et Olivier Vittecoq de Rouen publiaient une revue de la littérature des caractéristiques normales et pathologiques de ASC. ⁽²²⁾ Ils décrivaient notamment des images trompeuses telle que la persistance des apophyses médiales des clavicules chez les sujets jeunes qui pouvaient être prises à tort pour une fracture ou une calcification. Des osselets surnuméraires au-dessus et en arrière du manubrium sternal pouvaient également être trompeurs.

La publication de Radiographics de 2009 ⁽¹⁴⁾ montrait l'intérêt de l'IRM dans l'étude de plusieurs pathologies : la goutte et les autres pathologies micro-cristallines, le SAPHO (signes d'ostéosclérose et d'hyperostose voire des irrégularités de la corticale articulaires ou de l'ankylose et l'œdème médullaire en faveur d'un caractère actif de l'atteinte), les arthrites septiques de l'ASC (œdème médullaire, inflammation des tissus mous, irrégularités de la corticale articulaires, épanchement articulaire) ainsi que leurs complications (abcès, médiastinite).

En 2010, l'étude de Johnson et al. ⁽⁹⁾ précédemment citée montrait la possibilité de détecter des signes d'arthrite en IRM (épanchement articulaire, œdème médullaire).

L'étude de 2019 de la société de médecine interne japonaise ⁽¹²⁾ avait mis en évidence le retard de l'IRM dans la détection des signes d'arthrite septique comme le signal osseux hétérogène (ostéomyélite) ainsi que l'ostéosclérose sternale et claviculaire de part et d'autre de l'interligne.

E) PROBLÉMATIQUE

Nos recherches bibliographiques ont souligné que l'ASC n'avait été étudiée en échographie que dans un cadre pathologique alors même que l'anatomie modale n'était pas décrite.

F) OBJECTIFS

L'objectif principal de notre travail est de décrire l'anatomie échographique précise de l'ASC.

Pour cela nous réaliserons une corrélation anatomo-échographique in vitro et appliquerons ces observations in vivo chez des sujets sains.

II. MATERIEL ET METHODES

A) ETUDE ANATOMIQUE SUR CADAVRES

Notre étude a été effectuée sur 3 cadavres : le premier pour l'étude anatomique et les deux autres pour la corrélation anatomo-échographique. Tous les corps ayant servi pour cette étude sont issus de dons à la science.

L'étude a d'abord été entreprise sur des cadavres pour étudier précisément l'anatomie sterno-claviculaire dans son ensemble.

Les dissections ont été réalisées conjointement par un radiologue sénior et un radiologue junior, toujours par un abord antérieur.

Toutes les dissections ont été photographiées à l'aide d'un appareil photo numérique.

La première dissection a été réalisée sans marquage préalable. Après incision des plans cutanés et sous-cutanés que nous avons réclinés, nous avons dégagé l'aponévrose du muscle grand pectoral ainsi que le corps musculaire et le tendon du SCM. Nous avons progressivement disséqué le SCM, puis sectionné son tendon. Nous avons dégagé la

graisse et les vaisseaux de la fosse sous-clavière ainsi que le muscle sous-clavier que nous avons ensuite réséqué. Nous avons désinséré le muscle grand pectoral de ses insertions claviculaires, sternales et costales. Ensuite nous avons procédé à la résection complète du tendon SCM, à l'identification des structures ligamentaires principales (LIC, LCC et LSCA)

Enfin, l'ASC était incisée afin d'analyser son contenu et le disque articulaire.

B) ETUDE ÉCHOGRAPHIQUE SUR CADAVRES

Les mêmes radiologues ont procédé à l'étude échographique sur cadavres.

La première étape consistait à identifier en échographie le maximum de structures prenant part à la biomécanique et à la pathologie de l'ASC. Une technique standardisée de repérage échographique était utilisée : le plan de coupe principalement utilisé était un plan axial oblique, dans l'alignement de l'extrémité médiale de la clavicule, permettant de s'affranchir de la variabilité inter-individuelle d'orientation de l'ASC.

Un plan perpendiculaire au précédent (transverse de la clavicule) était utilisé pour mesurer la berge médiale de la clavicule.

Après avoir repéré ces structures, des marquages ont été mis en place sous échographie. Le choix des repères s'est porté sur des fils de suture non résorbables avec aiguille courbe et également sur des ancrs métalliques utilisées pour les poses de gastrostomie. Ainsi étaient ciblés les tendons des SCM, les LSCAs et le LIC.

La seconde et la troisième dissection ont été réalisées après marquage. Elles se sont déroulées identiquement à la première dissection à ceci près qu'elles ont nécessité plus de temps afin d'épargner les marquages qui traversaient les différents plans cutanés et sous cutanés.

Ceci a permis d'établir une corrélation anatomo-échographique et de vérifier la bonne identification des structures visualisées en échographie.

C) ÉTUDE ÉCHOGRAPHIQUE SUR SUJETS SAINS VOLONTAIRES.

1. Pré-requis

a) Ethique

Nous avons obtenu une autorisation préalable du Comité de Protection des Personnes pour le recueil de ces données (numéro d'Interface Recherche Bioéthique : CRM-1906-009). Le consentement de chaque patient était obtenu par écrit, les informant de l'anonymisation et de la nature des données recueillies. Selon la Fiche de vérification de conformité du Comité d'Ethique de Recherche en Imagerie Médicale (CERIM).

b) Échographe et sonde utilisée

L'échographe utilisé tout au long de l'étude était le Canon Applio i800 doté de la sonde linéaire 24MHz.

2. Etude conjointe

Les deux radiologues ont procédé à trois échographies non incluses dans les analyses afin d'uniformiser les techniques et les prises de mesure.

La position des patients était standardisée : chacun d'entre eux était positionné en décubitus dorsal sur une table droite, le bras en position neutre et la paume de main posée sur le ventre.

La population de 3 patients était âgée de 25 ans en moyenne et comportait deux sujets de sexe masculin et un sujet de sexe féminin. Cela a permis de définir une grille de lecture et des modalités de mesure précises.

Age, sexe, main dominante, antécédents, sports pratiqués et profession étaient recueillis par l'interrogatoire.

Les variables qualitatives suivantes étaient recherchées : épanchement articulaire, irrégularités corticales sternales, ostéophytes sternaux, irrégularités de la corticale et

ostéophytes claviculaires, contenu articulaire, aspect échographique des différents ligaments (inter-claviculaire, sterno-claviculaire antérieur, costo-claviculaire).

Les variables quantitatives suivantes étaient mesurées :

épaisseur de la berge médiale de la clavicule, épaisseur du LSCA, inter-claviculaire et costo-claviculaire, écart entre les tendons sternaux des SCMs, largeur de l'interligne articulaire, épaisseurs des cartilages (sternal et claviculaire). Les mesures étaient faites en mm avec 2 décimales.

Les points techniques suivants étaient respectés :

- La mesure du LSCA était effectuée à son insertion claviculaire.
- La mesure de la berge médiale de la clavicule était effectuée de corticale à corticale de façon à obtenir la largeur maximale, le plus médialement possible, dans un axe perpendiculaire au grand axe de la clavicule (Schéma 10).
- L'écart entre les tendons des SCM était mesuré le plus près possible de leur insertion sternale.
- L'épaisseur des cartilages sternaux et claviculaires était mesurée à la face antérieure des berges osseuses et non au sein de l'interligne articulaire
- Les ostéophytes étaient recherchés en position marginale, c'est-à-dire à proximité immédiate de l'interligne articulaire et des revêtements cartilagineux.

La présence ou non d'un épanchement articulaire, bien que non spécifique d'une étiologie, était étudiée puisqu'elle est associée aux pathologies inflammatoires, infectieuses, traumatiques et dégénératives. L'épanchement articulaire était défini par un contenu liquidien de l'interligne responsable d'une distension capsulaire, visible sur le versant sternal et/ou claviculaire.

La présence d'irrégularités de la corticale sternales ou claviculaires correspondant à un défaut cortical était enregistrée afin d'évaluer si l'échographie était pertinente pour l'analyse des remaniements articulaires.

Les ligaments inter-claviculaire et sterno-claviculaire antérieur étaient étudiés en raison de leur important rôle biomécanique stabilisateur.

Les berges médiales de clavicule étaient mesurées afin de déterminer la variabilité interindividuelle de cette donnée et de rechercher une éventuelle association aux autres paramètres observés.

Le contenu articulaire a été analysé en premier lieu pour essayer de déterminer si le disque articulaire était visible ou non. Le recueil de la présence de gaz articulaire a été réalisé afin de déterminer son association ou non aux anomalies observées.

L'écart entre la partie distale des tendons sterno-cléido-mastoïdiens était mesuré afin d'évaluer la variabilité inter-individuelle et la présence de variantes anatomiques.

La présence ou non d'un foramen au sein du LIC était également étudiée en tant que variante anatomique. Elle était définie par la présence d'un défaut au sein des fibres du LIC.

Les plans de coupes et grille de lecture standardisée sont présentés ci-après (Schéma 10 et Tableau 1)

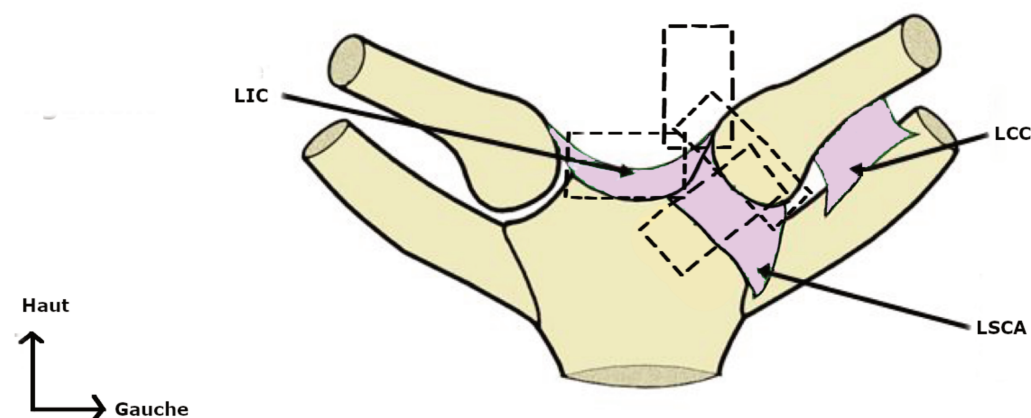


Schéma 10 : Vue antérieure. Plans de coupe standardisés.

	Paramètres étudiés							
Plan axial strict	OS	ICS	OC	ICS	LIC	TLI	F	SCM
Plan axial oblique	LSCA	CC	CS	CA	EA	IA	DA	
Plan sagittal strict				CA	EA			
Plan sagittal oblique	BMC							

Tableau 1 : Paramètres étudiés en fonction du plan de coupe

3. Etude comparative

Nous avons procédé à l'inclusion consécutive du 1^{er} septembre 2019 au 31 Mai 2020 de tous les patients ayant consulté le centre d'imagerie musculo-squelettique du CHU de Lille pour un traumatisme sternoclaviculaire unilatéral afin d'étudier l'articulation non traumatisée.

59 patients ont été inclus et 59 articulations ont pu être étudiées par deux radiologues indépendants préalablement informés des points techniques à respecter pour effectuer les mesures (les mêmes radiologues qui ont procédé aux dissections ainsi qu'aux trois premières échographies de calibrages).

4. Analyse statistique de concordance inter-observateur

Les variables qualitatives ont été décrites en termes d'effectifs et de pourcentages.

Les variables quantitatives non gaussiennes ont été décrites en termes de médiane et d'intervalle interquartile et les variables quantitatives gaussiennes en termes de moyenne et d'écart-type.

La normalité des distributions a été vérifiée graphiquement et testée à l'aide du test de Shapiro-Wilk. La concordance entre les deux observateurs, sur les différentes mesures, a été mesurée à l'aide du coefficient de corrélation de concordance, avec son intervalle de confiance à 95%.

Les coefficients de corrélation de concordance s'interprètent de la manière suivante : on dit que la concordance est faible pour les valeurs inférieures à 0.45, que la concordance est moyenne pour les valeurs comprises entre 0.45 et 0.75 et qu'elle est excellente pour les valeurs supérieures à 0.75. ⁽²³⁾

Les analyses statistiques ont été effectuées à l'aide du logiciel SAS (SAS Institute version 9.4) et réalisées par l'Unité de Méthodologie – Biostatistique du CHU de Lille.

III. RÉSULTATS

A) ETUDE ANATOMIQUE SUR CADAVRE

Les trois sujets étaient de sexe masculin et conservés par une préparation à base de biométhanol, eau distillée, phénol et glycérine, avaient plus de 80 ans, (82 ans pour le premier, 98 ans pour le second et 93 ans pour le 3e), avaient un IMC compris entre 18 et 30, et ne présentaient pas d'antécédent connu de pathologie sterno-claviculaire.

Cette première étape nous a permis de repérer la profondeur des structures étudiées et leurs rapports respectifs.

Nous avons mis en évidence un rapport étroit entre le tendon sternal du SCM et l'insertion sternale du muscle grand pectoral (photo 1 et 2).

Nous avons identifié le LIC d'aspect fibrillaire et tendu entre les faces supérieures des extrémités médiales des clavicules, plus épais à sa partie centrale qu'à sa partie périphérique (forme semi-lunaire) (photo 3).

Pour l'un des sujets, nous avons identifié une artériole cheminant à la face antéro-supérieure de l'ASC gauche qui était une artère collatérale de l'artère thoracique interne. Chez ce même sujet nous avons également mis en évidence la présence d'un foramen inter-claviculaire (FIC) (photo 4).

Nous avons repéré le LSCA comme étant une structure insérée de part et d'autre des berges articulaires et indissociable de la capsule articulaire, apparaissant sous la forme d'un épaississement de celle-ci, de surface concave en avant.

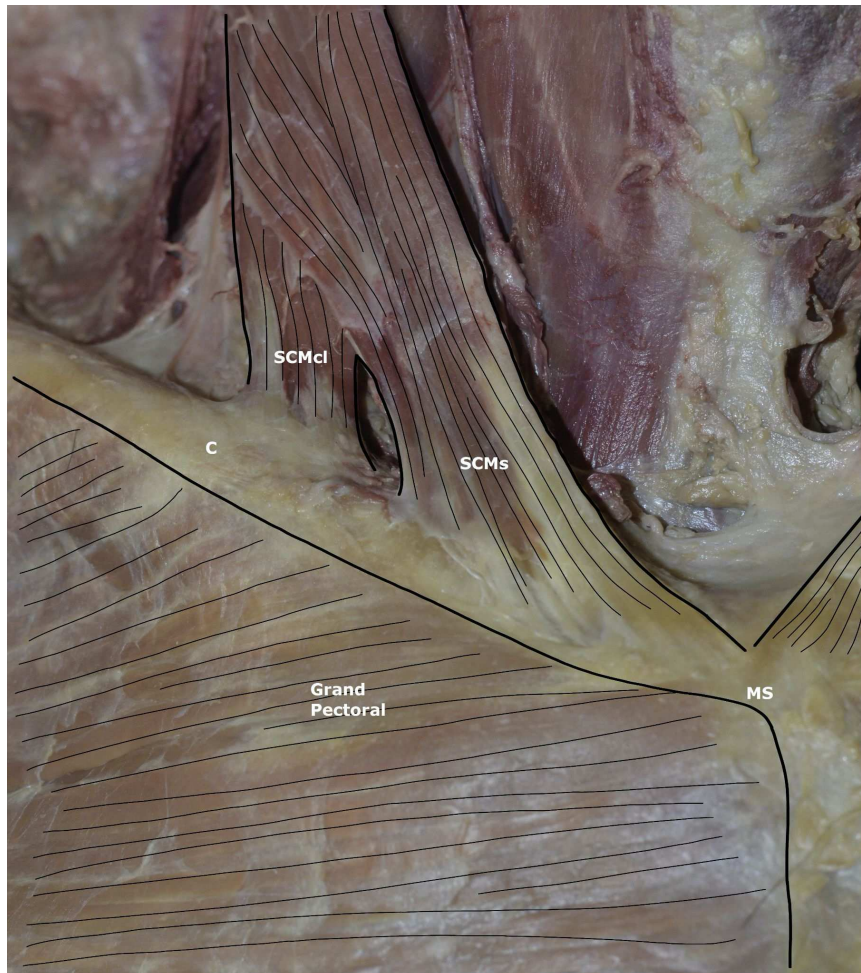


Photo 1 : Vue antérieure: Tendons claviculaire (SMCcl) et sternal (SCMs) du SCM et corps musculaire du grand pectoral. C: Clavicule. MS: Manubrium Sternal.

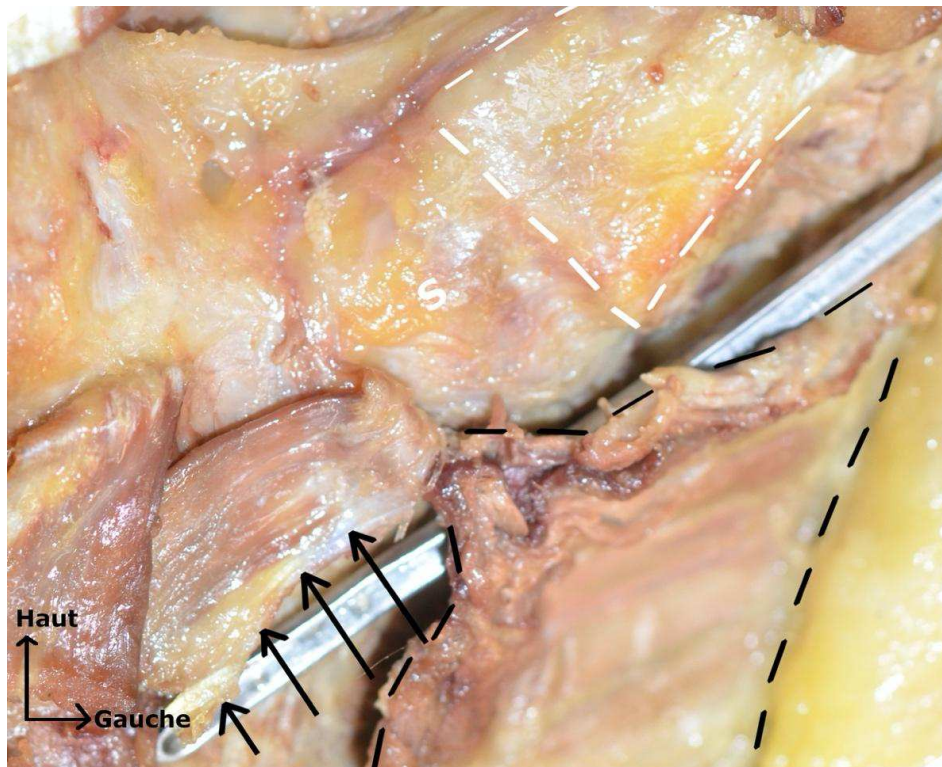


Photo 2 : Vue antéro-supérieure: Rapport entre l'insertion sternale distale du SCM (flèches noires), réclinée ici, et l'insertion sternale du muscle grand pectoral (lignes pointillées). S = sternum

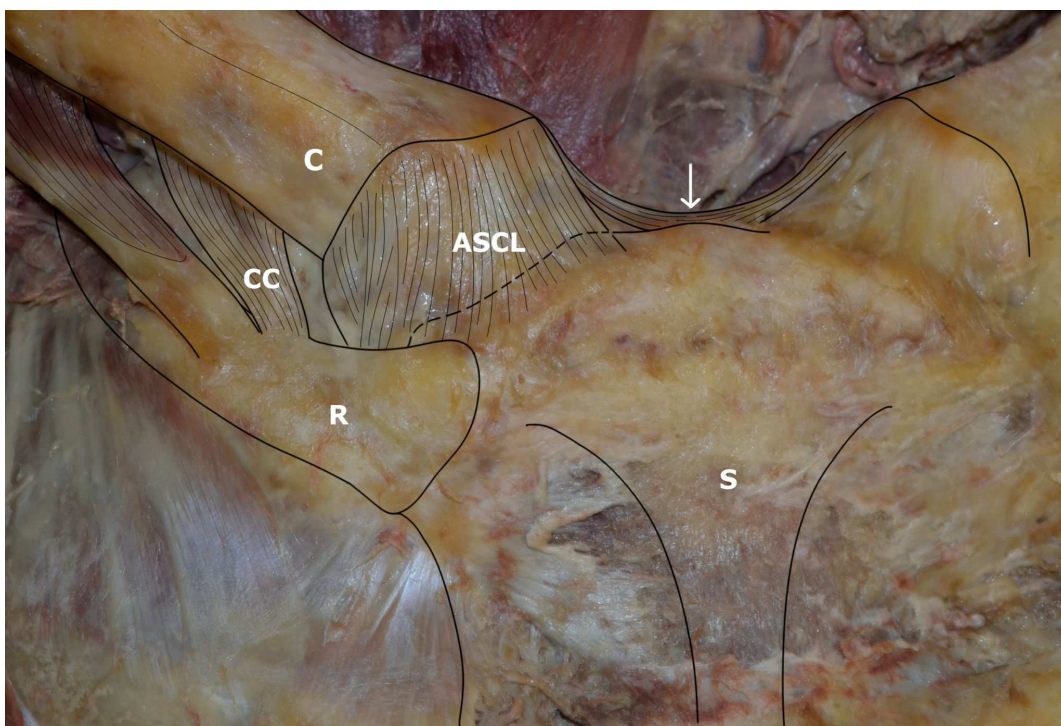


Photo 3 : Vue antérieure: LIC (flèche blanche) tendu entre les faces antéro supérieures des berges claviculaires.

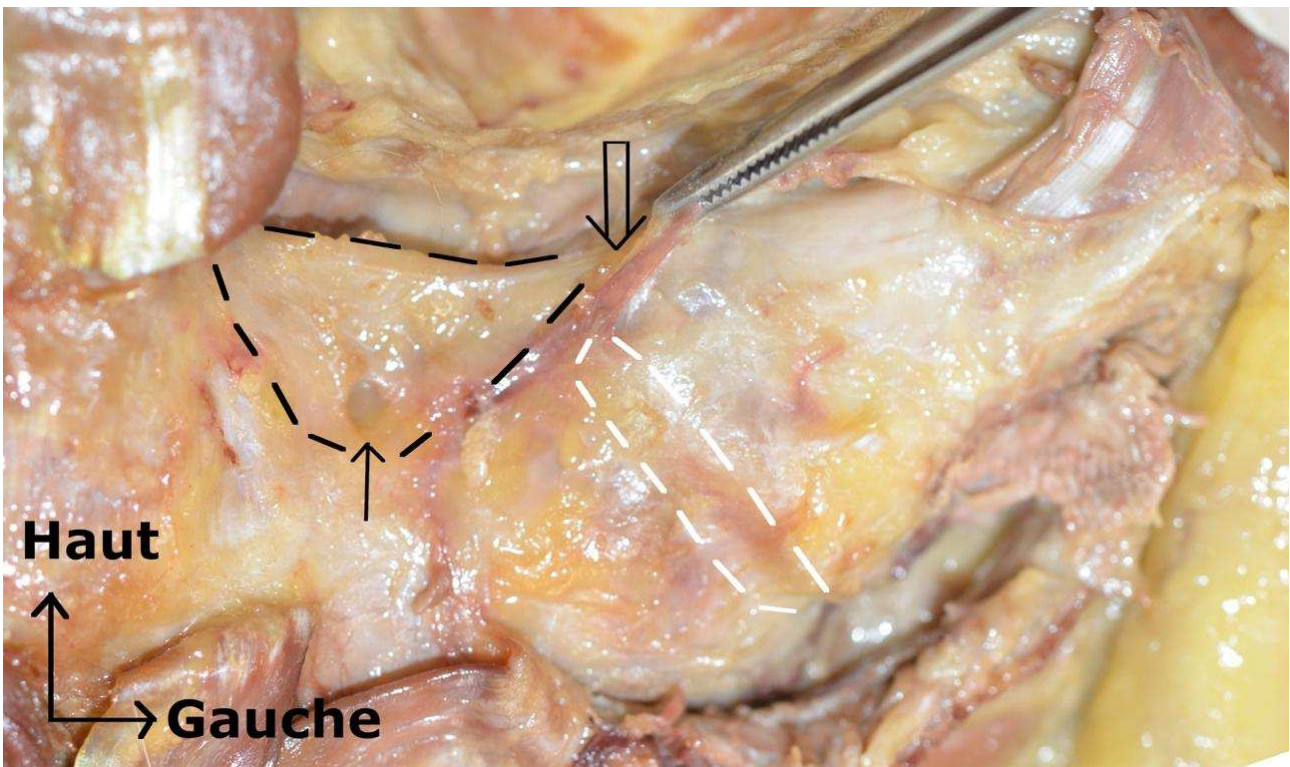


Photo 4 : fibres du LSCA (ligne pointillée blanche) et rapport vasculaire avec l'articulation (grande flèche noire). La petite flèche noire désigne le FIC (ligne pointillée noire).

B) ETUDE ÉCHOGRAPHIQUE SUR CADAVRES

1. Structures anatomiques repérées

En se basant sur les descriptions anatomiques des constituants de l'articulation, les structures suivantes ont pu être aisément identifiées chez les deux sujets : le manubrium sternal, les clavicules, les premières côtes, le LSCA, le DA, les tendons des SCM (qui étaient, pour 2 corps sur 3 recouverts par le tendon du muscle grand pectoral), ainsi que le LIC.

Le LCC n'était quant à lui visible que de façon partielle et incertaine chez un seul sujet.

2. Structures non repérées

D'autres structures n'étaient jamais identifiées avec certitude en échographie : la capsule articulaire, le LSCP et le LCC.

C) MARQUAGE ÉCHOGUIDÉ DES CADAVRES

1. Matériel de marquage

Les fils de sutures non résorbables 5/0 avec aiguille courbe étaient aisément mis en place au sein des structures souhaitées.

En revanche, l'utilisation d'ancres de gastrostomie était plus délicate. Les photos 5 et 6 illustrent le passage de l'aiguille courbe au sein des structures repérées.

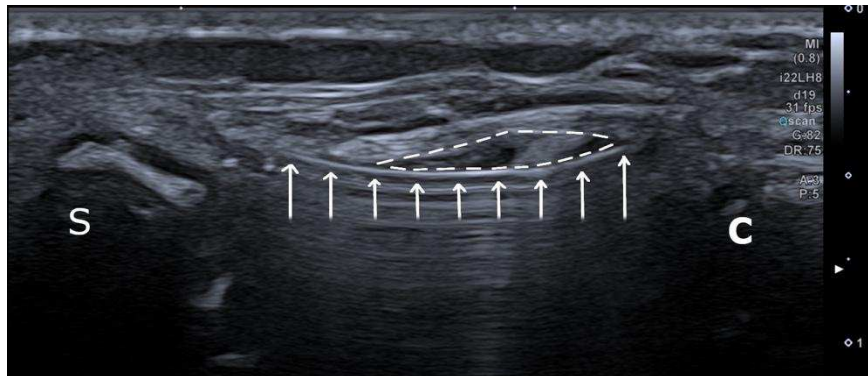


Photo 5 : Aiguille incurvée (flèches blanches) au sein du LSCA (ligne pointillée blanche)

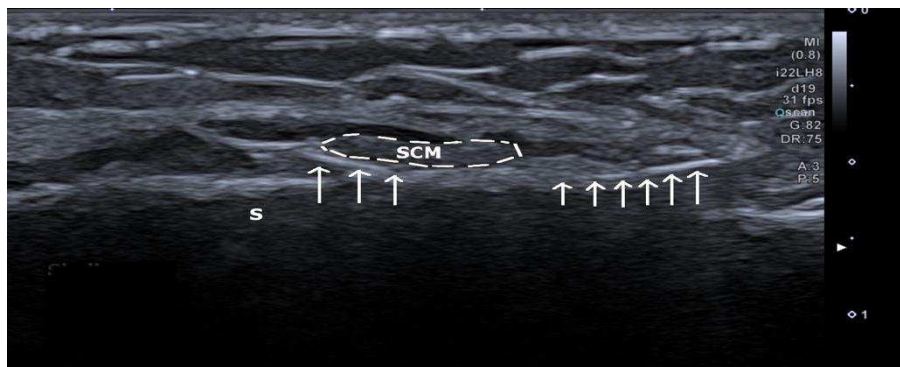


Photo 6 : SCM avec aiguille incurvée (flèches blanches) en son sein. S : sternum.

2. Dissection du sujet n°2.

Les marquages suivants étaient satisfaisants : Tendons des SCM et LSCAs au fil de suture (photo 7).

Par contre, l'utilisation d'ancres de gastrostomie s'est révélée décevante. Les ancres destinées à marquer le LIC et le LSCA gauche ont été fichées dans des plans sous cutanés malgré un repérage échographique préalable satisfaisant.

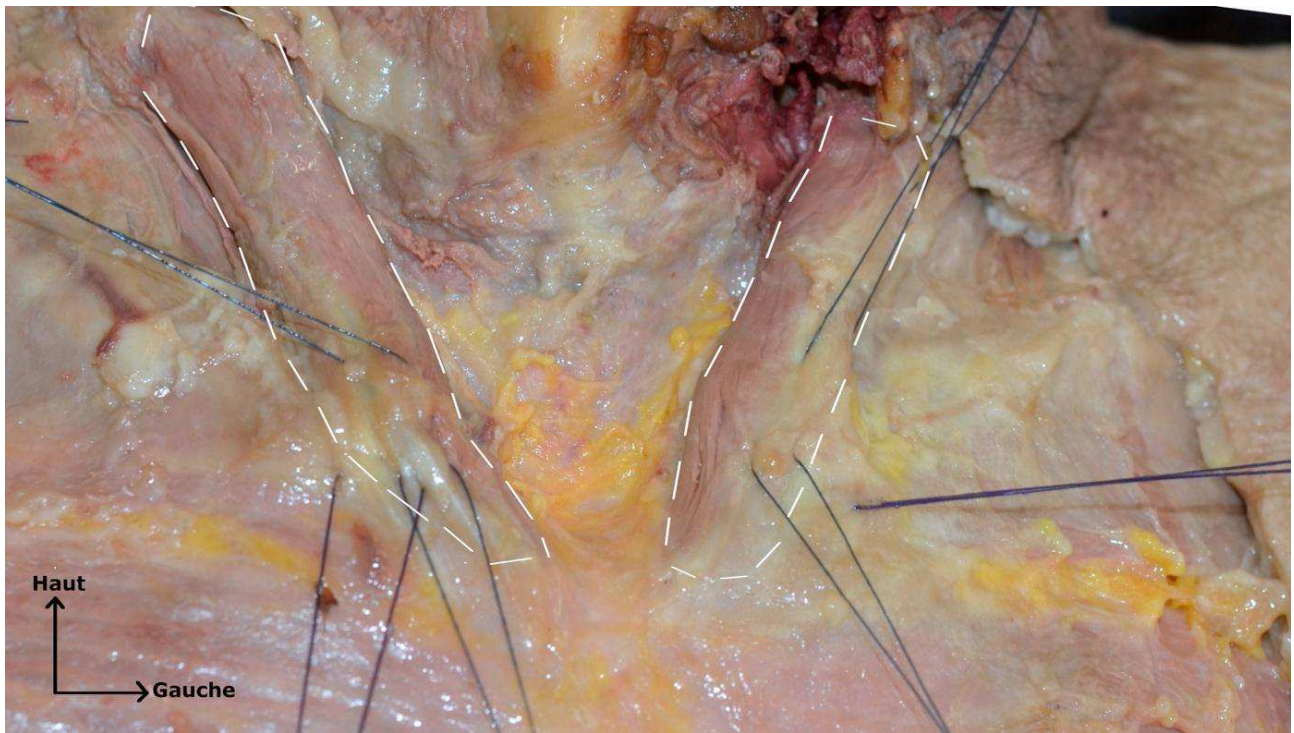


Photo 7 : Les 4 marquages médiaux représentent les tendons des SCM (lignes blanches pointillées). Les 2 latéraux les LSCAs.

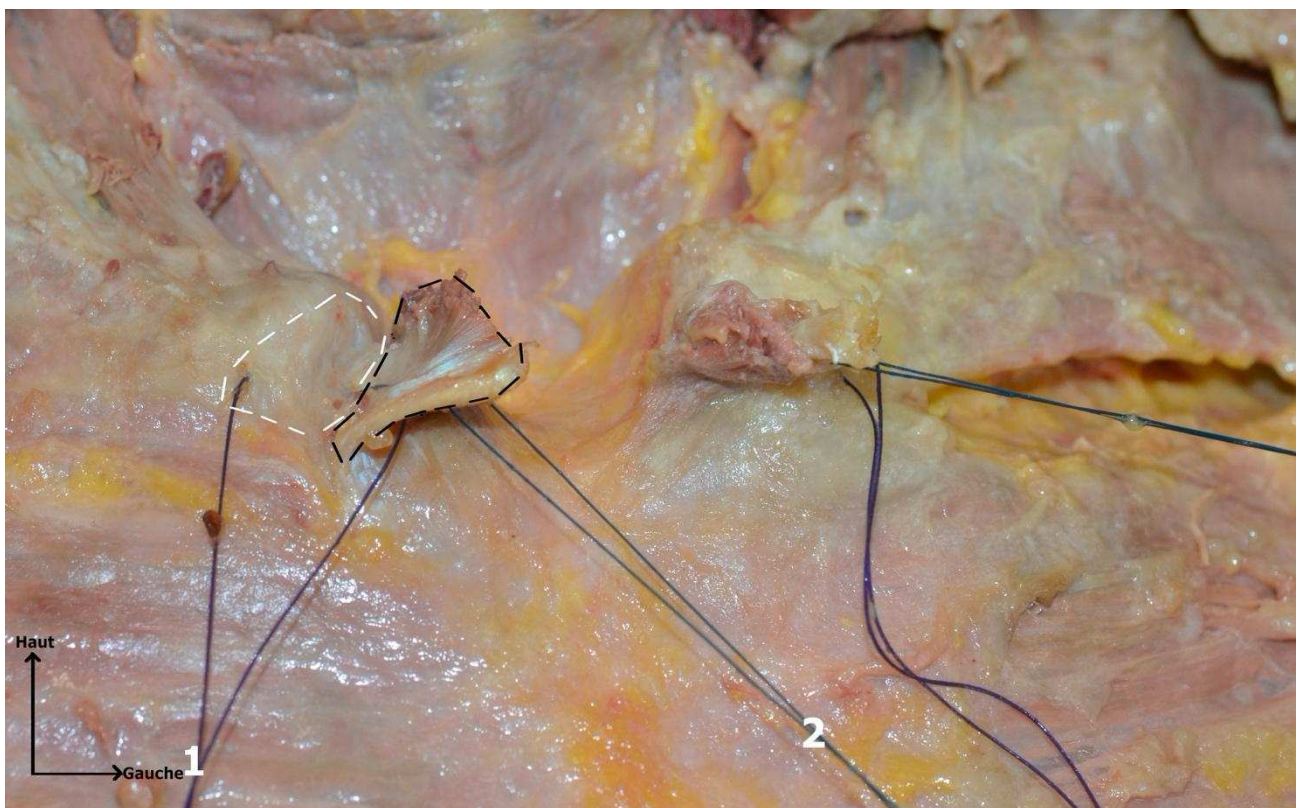


Photo 8 : rapports étroits entre le tendon du SCM (ligne pointillée noire) marqué par le fil n°2 et le LSCA (ligne pointillée blanche) marqué par le fil n°1.

3. Dissection du sujet n°3

Nous avons procédé de la même façon que pour le corps numéro 2.

Le marquage par ancre de gastrostomie destiné au LSCA n'était pas satisfaisant.

Les remaniements dégénératifs étaient moins importants ce qui a permis de repérer plus facilement les disques articulaires et de les extraire des articulations, mettant en évidence leur adhérence à la face profonde de la capsule et du LSCA (photos 10 et 11).

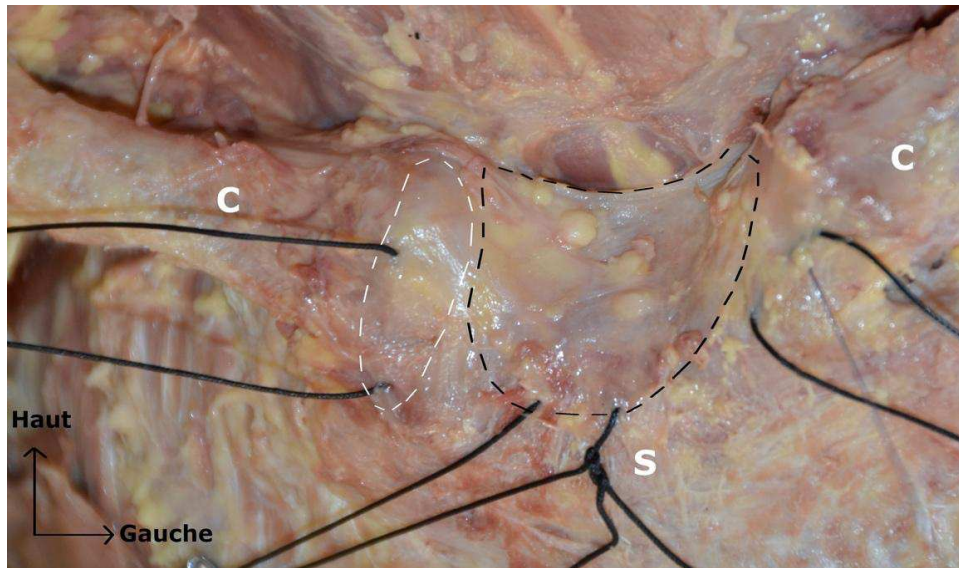


Photo 9 : LIC (lignes pointillées noires) et LSCA droit (ligne pointillée blanche). C : clavicule.

S : sternum.

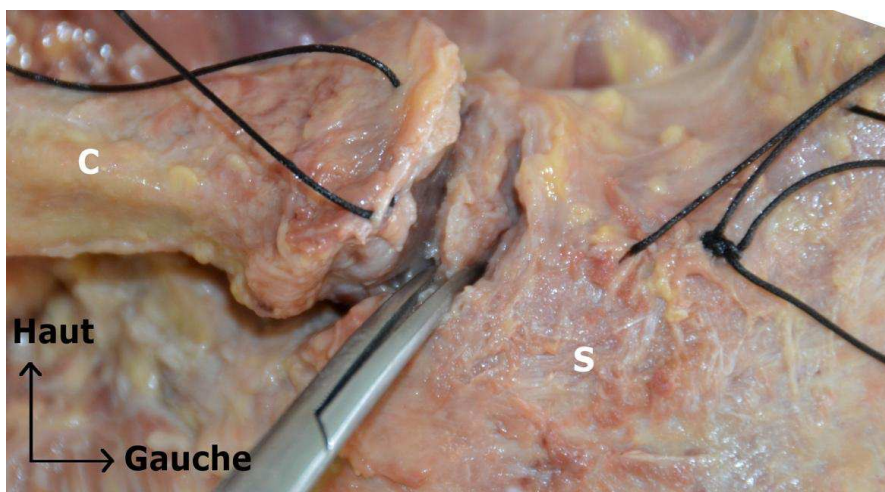


Photo 10 : ouverture de l'articulation. La pince métallique permet de repérer le disque articulaire. C : clavicule. S : sternum.

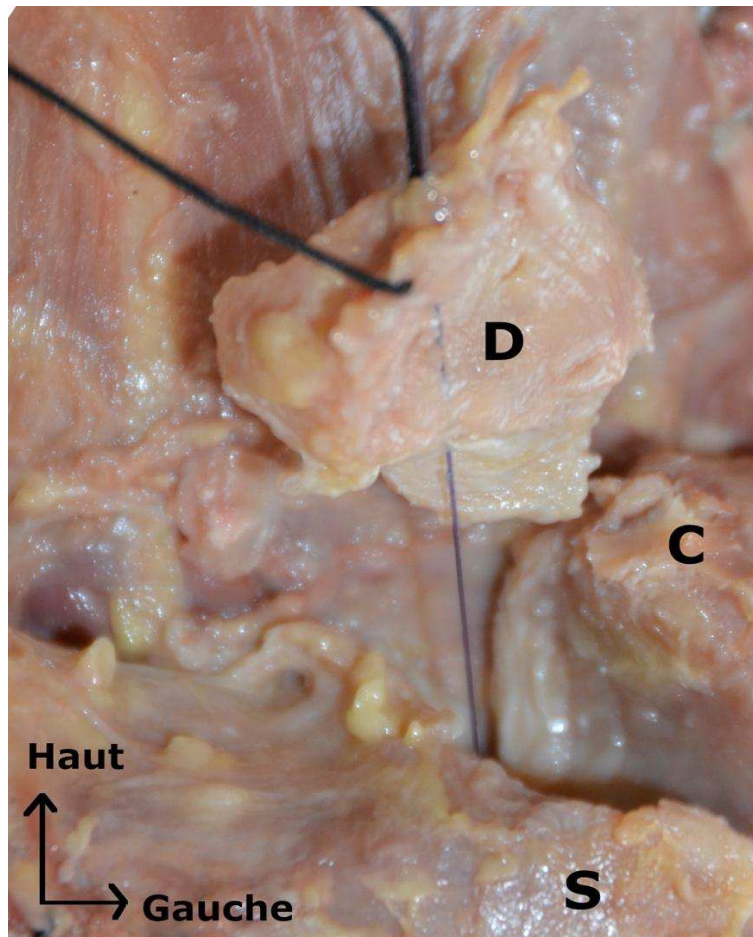


Photo 11 : Adhérences entre le LSCA repéré par le fil noir et le disque artriculaire (D).

S : sternum. C : clavicule.

D) ETUDE ÉCHOGRAPHIQUE SUR SUJETS SAINS VOLONTAIRES

La population de 59 patients était âgée de 35,8 ans en moyenne (écart type de 11,2 ans) et comportait 20 sujets de sexe féminin et 39 sujets de sexe masculin chez qui nous avons pu étudier 30 articulations latéralisées à droite et 29 latéralisées à gauche.

1. Données qualitatives

a) Epanchement artriculaire

Aucun épanchement artriculaire n'était retrouvé sur l'ensemble des articulations étudiées.

b) Irrégularités des corticales claviculaires

Sur les 59 articulations étudiées, 5 comportaient des irrégularités corticales claviculaires selon l'observateur junior et 5 selon l'observateur sénior.

c) Ostéophytes claviculaires

Selon l'observateur junior, 18 articulations présentaient un ou des ostéophytes claviculaires (30,5%) contre 22 (37,3%) pour l'observateur sénior.

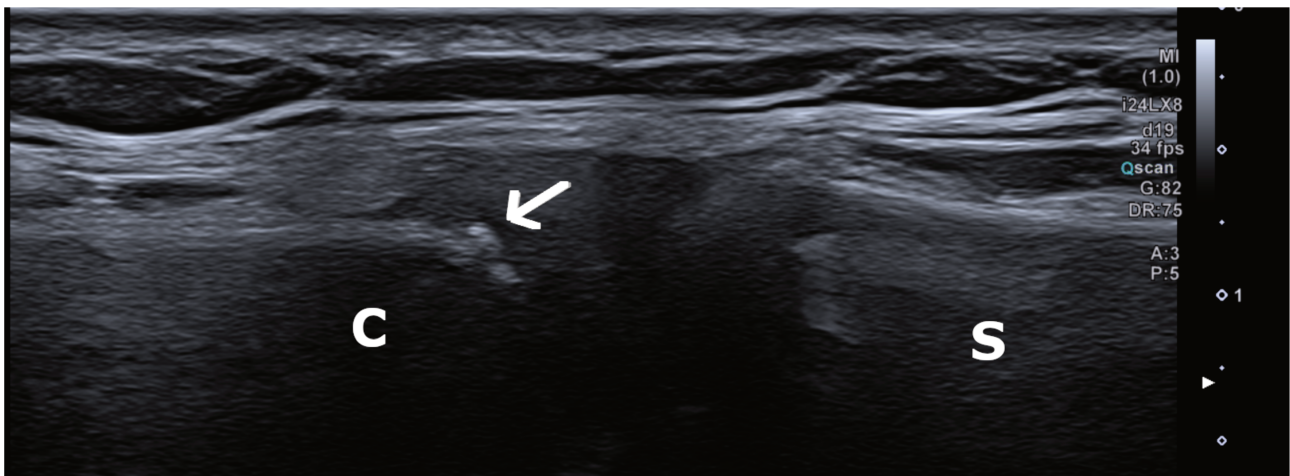


Photo 12 : Ostéophyte claviculaire droit (flèche blanche). C : clavicule. S : sternum.

d) Irrégularités des corticales sternales

Pour l'observateur 1 comme pour le second, il existait des irrégularités corticales sternales sur 13 articulations (22%).

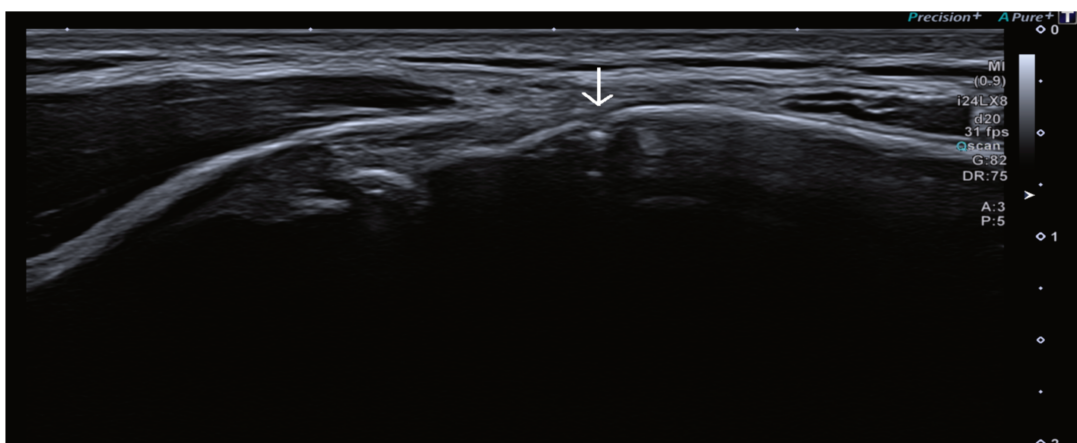


Photo 13 : Irrégularité de la corticale sternale

e) Ostéophytes sternaux

Pour les deux observateurs, 2 articulations présentaient des ostéophytes sternaux (3,4%). Les ostéophytes qu'ils soient sternaux ou claviculaires ont été mis en évidence à tout âge, y compris chez des patients jeunes et asymptomatiques.

f) Contenu articulaire

L'observateur junior retrouvait un contenu gazeux dans 49 articulations (83%) et le senior dans 50 articulations (84,7%).

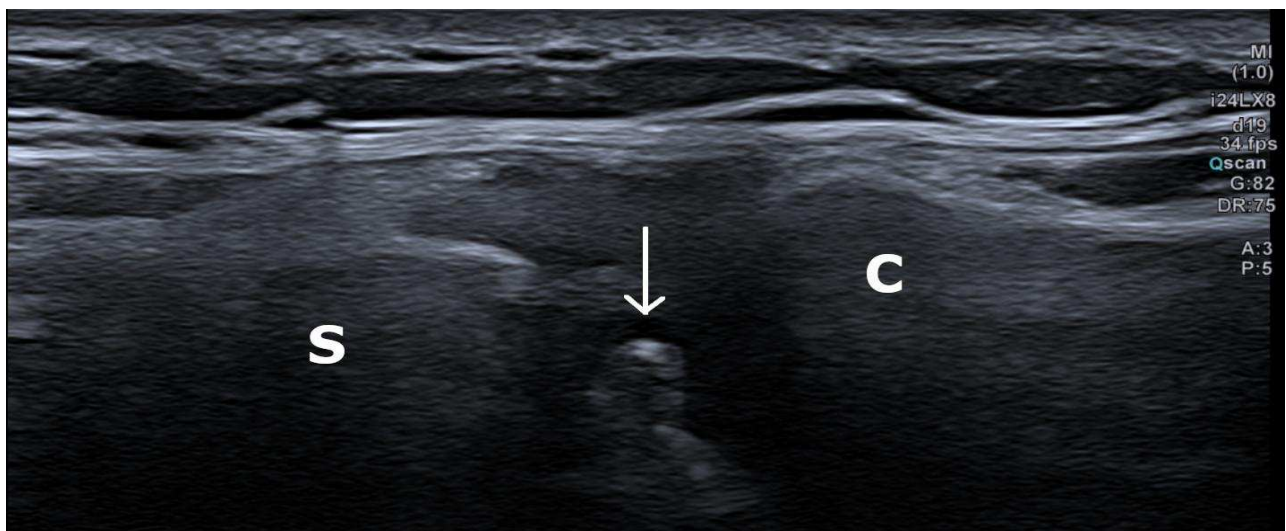


Photo 14 : Contenu gazeux (flèche blanche). C : clavicule. S : sternum.

g) Présence d'un foramen au sein du LIC

Pour l'observateur junior, 6 FIC étaient visualisés contre 2 pour le sénior.

h) Topographie du LIC (plaqué ou à distance du sternum)

Pour l'observateur junior, 32 ligaments étaient plaqués au manubrium sternal (54%) contre 36 pour l'observateur sénior (61%).

Lorsque le ligament était à distance du manubrium sternal, on ne visualisait pas formellement ses insertions claviculaires.

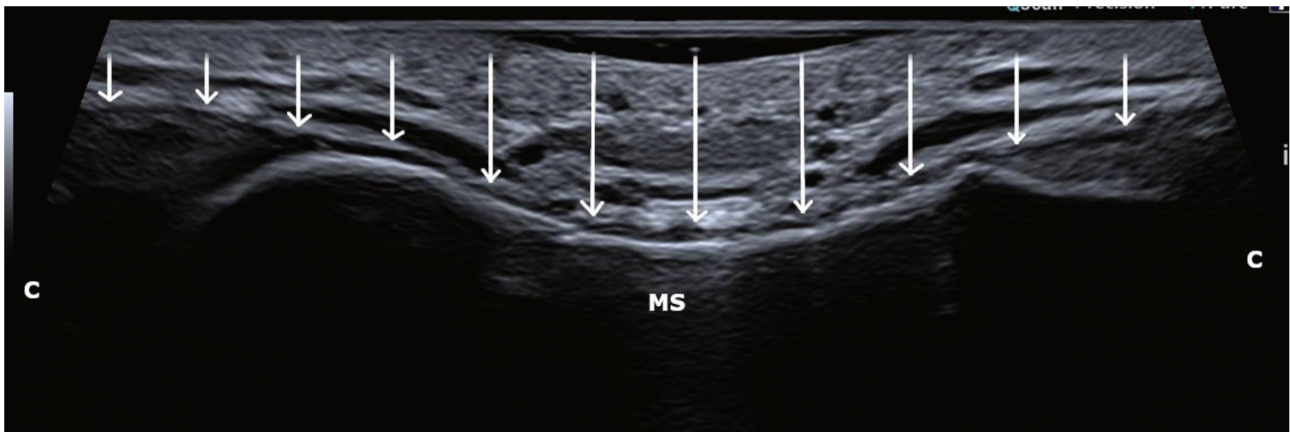


Photo 15 : LIC (flèches blanches) plaqué sur le manubrium sternal (MS). C : clavicule.

i) Disque artulaire

Le disque artulaire était visualisé comme une structure triangulaire hyper-échogène intra-articulaire insérée sur la structure capsulo ligamentaire antérieure (photo 19). Il était observé dans 46 articulations sur 59 (77,97%), dans 38 articulations sur 47 avant 40 ans (80,85%) et dans 8 articulations sur 12 (66,66%) après 40 ans (Photo 19). Aucune calcification du disque n'a été démontrée.

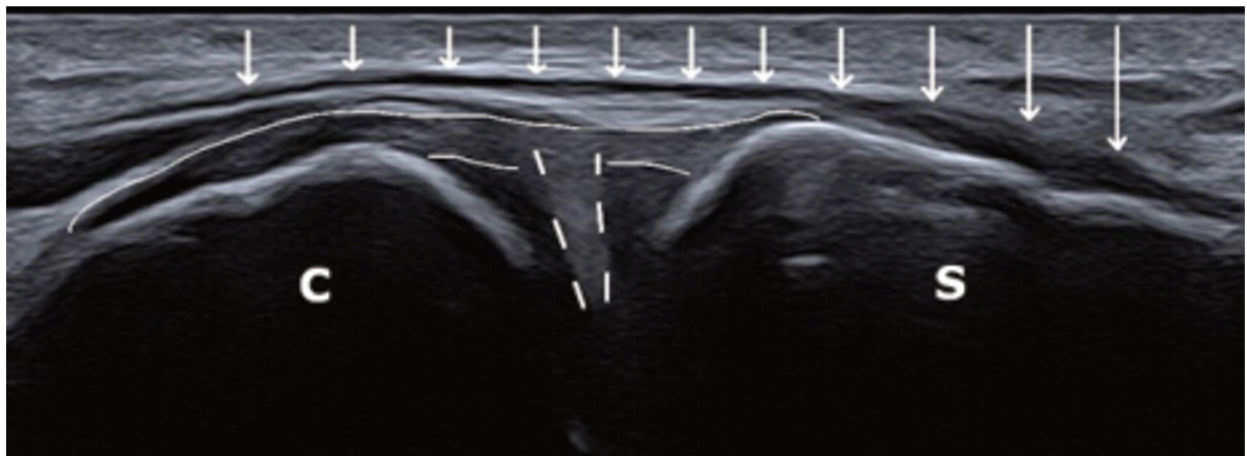


Photo 16 : disque artulaire (lignes pointillées) inséré sur le LSCA (lignes pleines).

L'ensemble étant recouvert en partie par le tendon sternal du SCM (flèches blanches).

j) Hyperhémie doppler de la synoviale

Pour chacun des observateurs, aucune hyperhémie synoviale en doppler n'était mise en évidence sur l'échantillon.

Par ailleurs, l'artériole identifiée en dissection (branche de l'artère thoracique interne) cheminant à la face antéro-supérieure de l'articulation n'a pas été identifiée en échographie.

i) récapitulatif

	EA	ICC	OC	ICS	OS	CA	DA	FIC	TLI
ObsJ+	0	5	18	13	2	49	46	6	32
ObsJ-	59	54	41	46	57	10	13	53	27
ObsS+	0	5	22	13	2	50	46	2	36
ObsS-	59	54	37	46	57	9	13	57	23

Tableau 2: ObsJ : observateur junior. ObsS : observateur sénior. + : présence d'épanchement articulaire / d'irrégularités corticales sternales ou claviculaires / d'ostéophytes sternaux ou claviculaires / d'un contenu gazeux / d'un disque articulaire visible / d'un FIC / d'un LIC à distance du manubrium sternal.

2. Données quantitatives

a) Berges médiales de clavicule :

Pour l'observateur junior, les berges médiales de clavicule étaient mesurées en moyenne à 17,2 mm (écart type = 2,6 mm).

Pour l'observateur sénior, les berges médiales de clavicules étaient mesurées à 16,6 mm en moyenne (écart type = 2,6 mm).

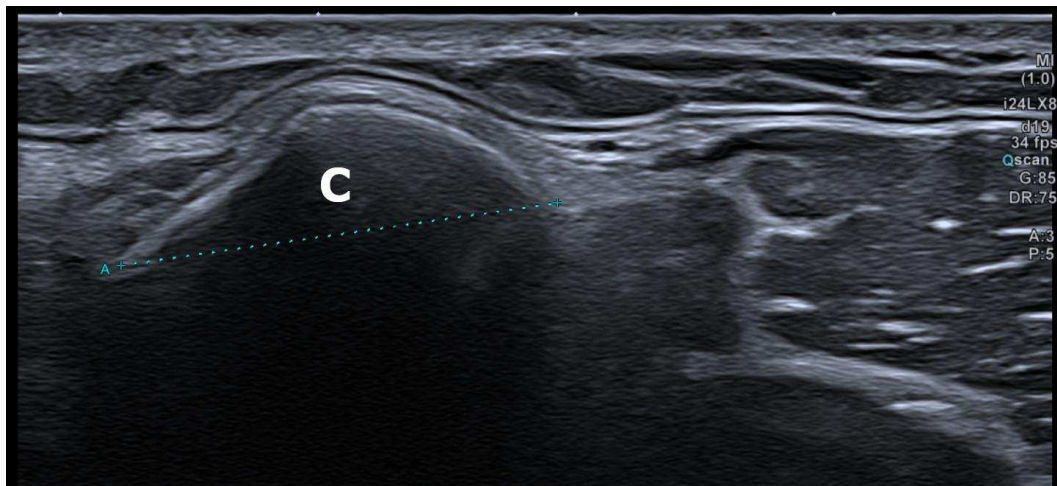


Photo 17 : Berge médiale de clavicule (C)

b) Cartilage sternal

Pour l'observateur junior, la médiane était de 0,5 mm avec un intervalle interquartile de (0,4 ; 0,6).

Pour l'observateur sénior, la médiane était de 0,5 mm avec un intervalle interquartile de (0,4 ; 0,6).



Photo 18 : cartilage sternal (flèche blanche). S : sternum. C : clavicule

c) Cartilage claviculaire

Pour l'observateur junior, la médiane était de 0,5 (0,4 ; 0,6).

Pour l'observateur sénior, la médiane était de 0,5 (0,4 ; 0,6).

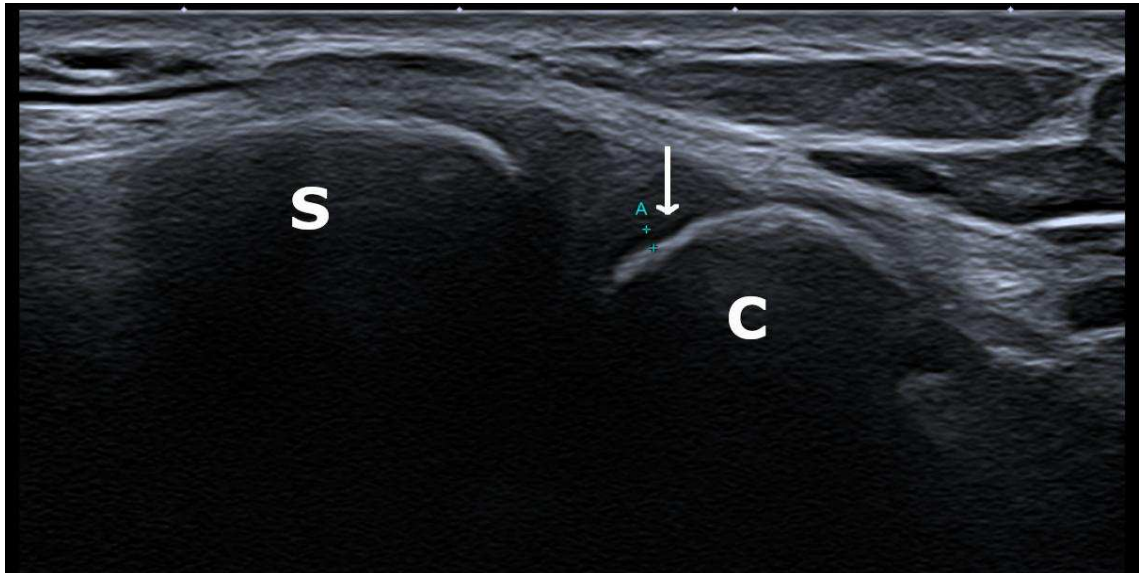


Photo 19 : cartilage claviculaire (flèche blanche). S : sternum. C : clavicule.

d) Écart entre la partie distale des tendons SCM

Pour l'observateur junior, la moyenne était à 4,7 pour un écart type de 1,6 mm.

Pour l'observateur sénior, la moyenne était à 4,9 pour un écart type de 2,3 mm.

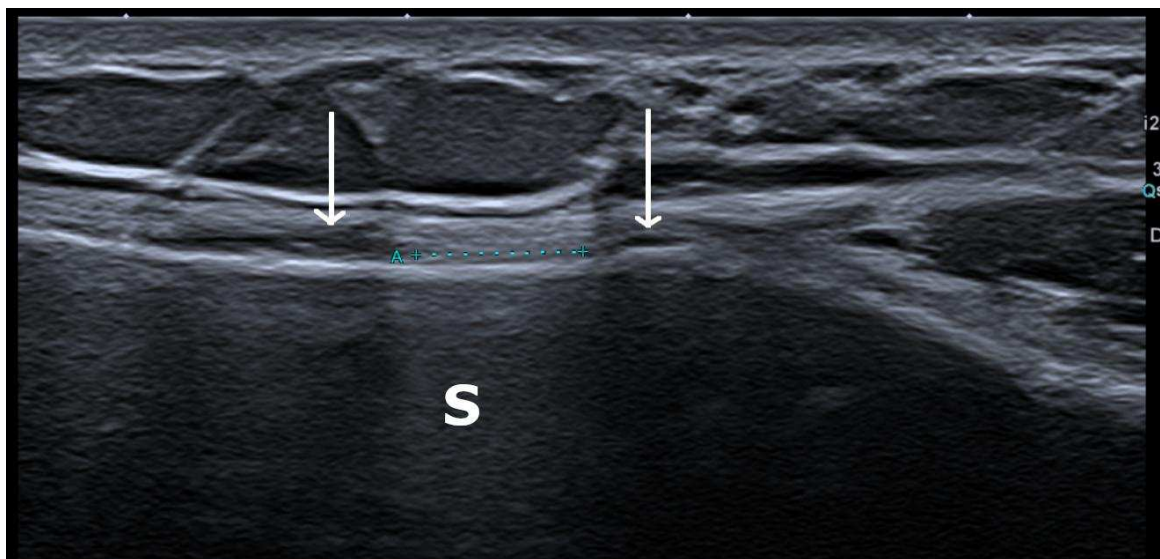


Photo 20 : Écart inter tendineux des SCM (flèches blanches). S : manubrium sternal

e) Ligament sterno-claviculaire antérieur

Pour l'observateur junior, la moyenne était de 1,4mm et l'écart type de 0,2 mm.

Pour l'observateur sénior, la moyenne était de 1,4mm et l'écart type de 0,2 mm. Le LSCA étaient toujours hypoéchogène et de forme concave en avant. Il n'était pas toujours visualisé dans sa totalité.

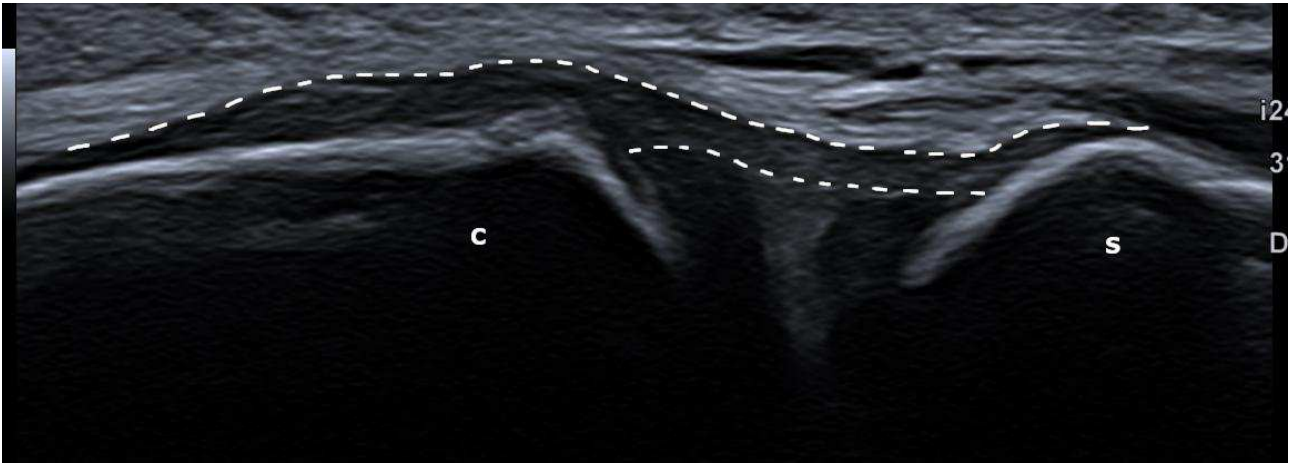


Photo 21 : LSCA (lignes blanches pointillées). S : sternum. C : clavicule

f) Epaisseur du LIC

Pour l'observateur junior, la moyenne était de 1,3 mm et l'écart type de 0,2mm.

Pour l'observateur sénior, la moyenne était de 1,3 mm et l'écart type de 0,3mm. Le LIC était d'échostructure fibrillaire et hyperéchogène chez l'ensemble des sujets.

g) Interligne articulaire

Pour l'observateur junior, la moyenne était de 7,7 mm et l'écart type de 1,6 mm.

Pour l'observateur sénior, la moyenne était de 7,5 mm et l'écart type de 1,5 mm

h) Récapitulatif des moyennes et écart types

	BMC	CS	CC	ESCM	LSCA	LIC	IA
ObsJ	17,20 ($\pm 2,6$)	0,5 ($\pm 0,1$)*	0,5 ($\pm 0,1$)*	4,7 ($\pm 1,6$)	1,4 ($\pm 0,2$)	1,3 ($\pm 0,2$)	7,7 ($\pm 1,6$)
ObsS	16,62 ($\pm 2,6$)	0,5 ($\pm 0,1$)*	0,5 ($\pm 0,1$)*	4,9 ($\pm 2,3$)	1,4 ($\pm 0,2$)	1,3 ($\pm 0,3$)	7,5 ($\pm 1,5$)

* Pour les cartilages, il s'agit des intervalles interquartiles en raison de leur épaisseur

infra-millimétrique (répartition non normale). ObsJ : observateur junior. ObsS : observateur sénior.

E) ANALYSES STATISTIQUES DE CONCORDANCE

1. Données qualitatives

a) Epanchement articulaire (EA)

La concordance était parfaite (CCC=1).

b) Irrégularités des corticales claviculaires (ICC)

La concordance était parfaite (CCC=1).

c) Ostéophytes claviculaires (OC)

La concordance inter-observateur était excellente avec CCC= 0,90.

d) Irrégularités des corticales sternales (ICS)

La concordance inter-observateur était excellente avec CCC= 0,85.

e) Ostéophytes sternaux (OS)

La concordance inter-observateur était moyenne à bonne avec CCC= 0,61.

f) Contenu articulaire (CA)

La concordance inter-observateur était excellente avec CCC= 0,96.

g) Présence ou non d'un FIC

La concordance inter-observateur était excellente avec CCC= 0,84.

h) Topographie du LIC vis à vis du manubrium (TLI)

La concordance inter-observateur était excellente avec CCC= 0,86.

i) Hyperhémie synoviale en doppler couleur (HS)

La concordance inter-observateur était excellente avec CCC= 1.

j) Disque Articulaire

Concordance inter-observateur excellente avec CCC= 1.

Il était correctement vu dans 46 articulations sur 59 (77,97%): dans 38 articulations sur 47 avant 40 ans (80,85%) et dans 8 articulations sur 12 (66,66%) après 40 ans.

k) Association entre l'âge et la présence d'irrégularités corticales ou d'ostéophytes.

Aucune association significative n'a pu être mise en évidence concernant la présence d'ostéophytes (sternaux ou claviculaires) ou d'irrégularités corticales (sternales ou claviculaires) et l'âge.

2. Données quantitatives

a) Epaisseur des berges médiales de clavicule (BMC)

La concordance inter-observateur était excellente avec CCC= 0,75.

b) Cartilage sternal (CS)

La concordance inter-observateur était excellente avec CCC= 0,84.

c) Cartilage claviculaires (CC)

La concordance inter-observateur était excellente avec CCC= 0,85.

d) Ligaments sterno-claviculaires antérieurs (LSCA)

La concordance inter-observateur était excellente avec CCC= 0,85.

e) Ligaments inter-claviculaire (LIC)

La concordance inter-observateur était excellente avec CCC= 0,85.

f) Interligne articulaire (IA)

La concordance inter-observateur était excellente avec CCC= 0,83.

g) Ecart entre les tendons des SCM

La concordance inter-observateur était moyenne à bonne avec CCC= 0,50.

h) Association entre l'âge et l'épaisseur cartilagineuse

Aucune association significative n'a pu être mise en évidence entre l'épaisseur des revêtements cartilagineux et l'âge des patients.

3. Au total

a) Données qualitatives

	EA	ICC	OC	ICS	OS	CA	FIC	TLI	HS	DA
CCC	1*	1*	0,9	0,85	0,61	0,96	0,84	0,86	1	1

Tableau 3 : Coefficient de Corrélation de Concordance inter-observateur pour les variables qualitatives.

La concordance inter-observateur était excellente pour la présence ou non d'irrégularité corticale et d'ostéophytes claviculaires ainsi que pour les irrégularités de la corticale sternale, pour la présence ou non de gaz ou d'épanchement au sein de l'interligne, d'une hyperhémie synoviale, ou encore pour la présence ou non d'un FIC et pour la topographie du LIC vis-à-vis du manubrium sternal. La concordance était moyenne à bonne pour la présence ou non d'ostéophytes sternaux.

b) Données quantitatives

	BMC	CS	CC	LSCA	LIC	IA	ESCM
CCC	0,75	0,84	0,85	0,85	0,85	0,83	0,50

Tableau 4 : Coefficient de Corrélation de Concordance des variables quantitatives.

La concordance inter-observateur était excellente pour l'épaisseur de la berge médiale de la clavicule, l'épaisseur des cartilages sternaux et claviculaires, la largeur de l'interligne articulaire et l'épaisseur du LSCA et du LIC. La concordance inter-observateur était moyenne à bonne concernant l'écart entre les tendons des SCMs.

IV. DISCUSSION

A) Principaux résultats

Notre travail a permis de décrire l'écho-anatomie précise de l'ASC grâce à une corrélation anatomo-échographique sur cadavre que nous avons ensuite pu appliquer in vivo chez 59 patients.

Ainsi nous avons pu identifier le LIC sous forme d'une structure linéaire hypoéchogène à concavité antéro-supérieure, sa topographie plaquée ou à distance du manubrium sternal selon les individus, ainsi que la présence ou non d'un foramen en son sein.

Nous avons également repéré le LSCA d'aspect hypo-échogène et tendu entre les berges articulaires qui correspondait en dissection à un épaississement capsulaire et ne présentait pas de variante anatomique dans notre étude.

Nous avons facilement identifié en échographie les tendons sternaux et claviculaires des muscles sterno-cléido-mastoïdiens et leurs rapports avec l'articulation.

L'étude échographique in vivo a montré la reproductibilité de la technique pour chacun des composants repérés en échographie, avec une concordance inter-observateur excellente pour la plupart d'entre eux y compris pour des structures infra-millimétriques.

B) Forces de l'étude

La qualité des dissections a permis une étude exhaustive des structures habituellement impliquées en pathologie.

La sonde linéaire haute fréquence a permis la réalisation de clichés échographiques de qualité et une identification facilitée des différentes structures.

La corrélation anatomo-échographique réalisée dans cette étude à l'aide du marquage constitue une première et permet d'authentifier les principales structures

articulaires visibles en échographie, d'en déduire des plans de coupe de référence ainsi qu'une grille de lecture, permettant d'utiliser cette technique dans la pratique quotidienne.

Aussi, l'écho-anatomie décrite dans ce travail facilitera la réalisation d'études échographiques ultérieures de l'ASC.

La présence de remaniements dégénératifs qui constitue l'une des atteintes les plus fréquentes, était concordante entre les observateurs mais aussi avec les données de la littérature puisque, pour exemple, les ostéophytes claviculaires étaient observés dans 59,1 % des cas pour l'observateur junior et 40,9% pour l'observateur sénior.

Des structures infra-millimétriques ont pu être analysées avec précision grâce à une très bonne résolution spatiale de l'échographe, permettant la mise en évidence d'une variante anatomique (FIC).

L'étude sur sujets sains volontaires a permis d'établir une excellente corrélation inter-observateur pour la plupart des paramètres étudiés dont l'analyse échographique a toute son utilité en pathologie.

C'est le cas de la recherche d'épanchement articulaire et de la mesure de l'interligne qui sont deux paramètres fortement associés à la présence d'une arthrite septique en cas de distension ⁽¹²⁾. C'est également le cas de l'épaisseur des revêtements cartilagineux ou de la présence d'ostéophytes qui sont impliqués dans les remaniements dégénératifs.

Enfin, le disque articulaire (stabilisateur majeur de l'articulation) était visible dans la majorité des cas.

C) Limites de l'étude

Les résultats mériteraient d'être validés sur une cohorte plus importante ainsi que dans d'autres centres permettant éventuellement d'améliorer la validité externe de cette étude (de s'affranchir d'éventuels biais de sélection) et de déterminer si certaines variantes anatomiques sont accessibles ou non à l'étude échographique.

De plus, l'échantillon étudié ne reflétait pas la population générale puisque l'âge moyen était relativement faible (35 ans) et que l'échantillon comportait seulement 33% de femmes et 67% d'hommes. L'âge relativement faible peut s'expliquer par le mode de recrutement (traumatisme sternoclaviculaire controlatéral) et constitue un avantage pour l'étude des structures ligamentaires puisque les luxations sternoclaviculaires sont l'apanage des traumatismes de haute énergie et concernent davantage les sujets jeunes (accidents de la voie publique, accidents de sport). ⁽²⁴⁾ Néanmoins, l'étude des remaniements dégénératifs chez ces sujets jeunes est moins aisée et probablement moins pertinente compte tenu du caractère asymptomatique de ces remaniements.

De la même manière, l'échantillon de 3 sujets utilisés en dissection était sensiblement différent des sujets échographiés puisqu'ils étaient tous les 3 de sexe masculin et avaient une moyenne d'âge de 86,7 ans. Ceci a pu constituer un biais de sélection.

L'échantillon relativement petit utilisé dans cette étude induit une puissance statistique qui peut être insuffisante. Ainsi, la concordance inter-observateur aurait pu s'en trouver modifiée pour certains paramètres. Aucune association entre l'âge des patients et l'épaisseur des revêtements cartilagineux ou la présence d'ostéophytes n'a pu être mise en évidence et ceci pourrait également résulter d'un manque de puissance statistique.

La reproductibilité inter-observateur pourrait être améliorée en définissant de façon stricte les méthodes de mesure en plus des plans de coupe à utiliser, ainsi qu'en améliorant l'expérience des observateurs. Ceci pourrait améliorer la concordance inter-observateur notamment en ce qui concerne la présence d'ostéophytes sternaux.

Certaines structures impliquées en pathologie n'ont pas pu être étudiées avec certitude. L'échographie, bien que plus facile d'accès que l'IRM, n'a pas montré des performances identiques. En effet, même si le repérage et l'analyse des pièces osseuses, du LSCA, du LIC, du disque articulaire, de l'épanchement et du contenu articulaire ainsi que des irrégularités corticales était satisfaisante en échographie tout comme en IRM,⁽¹⁸⁾⁽¹⁹⁾ ce

ne fut pas le cas pour le LSCP, le LCC, la capsule articulaire, les surfaces articulaires ou encore les anomalies discales qui n'étaient visibles qu'en IRM. Ces différences de performance s'expliquent par les limites inhérentes à la technique échographique : résolution spatiale et sensibilité de détection moindre pour les structures profondes, artéfacts de cône d'ombre postérieur des pièces osseuses, artefact d'anisotropie.

Pour le disque articulaire, l'analyse plus difficile chez certains patients était liée au surpoids (1 cas), à une application étroite sur la surface claviculaire (4 cas) et au gaz intra-articulaire (8 cas).

La modalité d'imagerie utilisée est par définition opérateur dépendante. Aussi les résultats mériteraient une confrontation aux données scanographiques et IRM dont on peut espérer une reproductibilité supérieure.

Les articulations étudiées étaient pour la plupart saine en dehors de remaniements dégénératifs banals qui ne posent habituellement pas de difficulté diagnostique. La reproductibilité inter-observateur en population non saine mériterait d'être étudiée.

D) Perspectives

La luxation sternoclaviculaire est le plus souvent antérieure malgré la présence d'un LSCA épais. Celle-ci pourrait se manifester par un épaississement du LSCA, une rupture partielle ou totale de celui-ci ainsi qu'une perte de la congruence articulaire. ⁽⁸⁾

Même si les performances diagnostiques de l'échographie n'ont pas été étudiées, nous avons montré la reproductibilité et la facilité d'exploration du LSCA ce qui laisse supposer un apport précieux de l'échographie pour ce diagnostic. Les lésions traumatiques associées du LIC et des tendons de SCM mériteraient également d'être étudiées.

L'amélioration des techniques et notamment des échographes et des sondes d'échographie permettra peut-être d'identifier davantage de structures à l'avenir, ce qui

pourrait par exemple être le cas du LCC qui participe de façon certaine à la biomécanique de l'articulation.

Les quelques variantes anatomiques mises en évidence dans ce travail ne sont pas les seules, aussi une étude sur un échantillon plus important permettra éventuellement d'en explorer davantage.

V. CONCLUSION

Les résultats de cette étude sont encourageants et montrent l'intérêt de l'échographie et son excellente reproductibilité inter-observateur pour l'étude des principaux composants de l'ASC sur des articulations saines.

L'établissement d'une corrélation anatomo-échographique constitue une première et permettra la réalisation ultérieure d'études de plus grande envergure. Si ces premiers résultats sont validés, une étude sur les performances diagnostiques de l'échographie sterno-claviculaire pourrait faire de cette technique facile d'accès et non irradiante un outil de diagnostic et de suivi.

Enfin, une comparaison entre les différentes modalités d'imagerie permettrait de définir le champ d'application de chacune d'entre elles face à l'éventail de pathologies affectant l'ASC.

VII BIBLIOGRAPHIE

1. Rodríguez-Henríquez P, Solano C, Peña A, León-Hernández S, Hernández-Díaz C, Gutiérrez M, et al. Sternoclavicular joint involvement in rheumatoid arthritis: clinical and ultrasound findings of a neglected joint. *Arthritis Care Res.* juill 2013;65(7):1177–1182.
2. Wisniewski SJ, Smith J. Synovitis of the sternoclavicular joint: the role of ultrasound. *Am J Phys Med Rehabil.* avr 2007;86(4):322–323.
3. Arthur Keith. Book - Human Embryology and Morphology (1921) – Chapter XIX The Body wall, ribs and sternum
4. Daruwalla ZJ, Courtis P, Fitzpatrick C, Fitzpatrick D, Mullett H. Anatomic variation of the clavicle: A novel three-dimensional study. *Clin Anat N Y N.* mars 2010;23(2):199-209.
5. Testut L. *Traité d'anatomie humaine. Huitième édition. Tome premier (ostéologie, arthrologie, myologie).* Doin éditeur , Paris 1928.
6. Renfree KJ, Wright TW. Anatomy and biomechanics of the acromioclavicular and sternoclavicular joints. *Clin Sports Med.* Avr 2003;22(2):219–237.
7. Jared T et al. Surgical anatomy of the sternoclavicular joint. 2014 – *The Journal of bone and joint surgery, incorporated*
8. Depalma AF. Surgical anatomy of acromioclavicular and sternoclavicular joints. *Surg Clin North Am.* Déc 1963;43:1541–1550.
9. Rohit Dhawan. *Sternoclavicular Joint – Shoulder and Elbow* 2018
10. Van Tongel (2012) - A Cadaveric Study of the Structural Anatomy of the Sternoclavicular Joint. *Clinical Anatomy* 25(7):903-1
11. Steve J et al. Synovitis of the Sternoclavicular Joint: The Role of Ultrasound. 2007 - *American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation*
12. Johnson MC, Jacobson JA, Fessell DP, Kim SM, Brandon C, Caoili E. The sternoclavicular joint: can imaging differentiate infection from degenerative change? *Skeletal Radiol.* juin 2010;39(6):551–558.
13. Bengtzen et al. point of care ultrasound diagnosis of posterior sternoclavicular joint dislocation. 2016
14. Umeda M, Kawashiri S-Y, Nishino A, Koga T, Ichinose K, Michitsuji T, et al. Synovitis of sternoclavicular and peripheral joints can be detected by ultrasound in patients with SAPHO syndrome. *Mod Rheumatol.* sept 2017;27(5):881–885.
15. Kawashiri S, Edo Y, Kawakami A. Early Detection of Inflammation and Joint Destruction Revealed by Ultrasound in a Patient with Sternoclavicular Septic Arthritis. *Intern Med* 58: 865-869, 2019

16. Pourcho AM, Sellon JL, Smith J. Sonographically guided sternoclavicular joint injection: description of technique and validation. *J Ultrasound Med Off J Am Inst Ultrasound Med*. Févr 2015;34(2):325–331.
17. Restrepo CS, Martinez S, Lemos DF, Washington L, McAdams HP, Vargas D, et al. Imaging appearances of the sternum and sternoclavicular joints. *Radiogr Rev Publ Radiol Soc N Am Inc*. juin 2009;29(3):839–859.
18. Klein MA, Miro PA, Spreitzer AM, Carrera GF. MR imaging of the normal sternoclavicular joint: spectrum of findings. *AJR Am J Roentgenol*. août 1995;165(2):391–393.
19. Brossmann J, Stäbler A, Preidler KW, Trudell D, Resnick D. Sternoclavicular joint: MR imaging–anatomic correlation. *Radiology*. janv 1996;198(1):193–198
20. Klein MA, Spreitzer AM, Miro PA, Carrera GF. MR imaging of the abnormal sternoclavicular joint—a pictorial essay. *Clin Imaging*. Avr 1997;21(2):138–143.
21. M. aslam. Pictorial review: MRI of the sternum and sternoclavicular joints. *Br JRadiol*. 2002 Jul;75(895):627-34.
22. Le Loët X, Vittecoq O. The sternocostoclavicular joint: normal and abnormal features. *Jt Bone Spine Rev Rhum*. mars 2002;69(2):161–169.
23. Fleiss JL. Reliability of Measurement. In: *The Design and Analysis of Clinical Experiments*. Hoboken, NJ, USA: John Wiley & Sons, Inc.; 1986 ; 1–32.
24. Daniel J Morell, David S Thyagarajan. Sternoclavicular joint dislocation and its management: A review of the literature. *World J Orthop* 2016 April 18; 7(4): 244-250

AUTEUR : Nom : Olivier

Prénom : Timothée

Date de soutenance : 25/05/21

Titre : Etude anatomique de l'articulation sterno-claviculaire en échographie

Thèse - Médecine - Lille 2021

Cadre de classement : *anatomie et imagerie médicale*

DES + spécialité : *Radiodiagnostic et imagerie médicale*

Mots-clés : articulation sterno-claviculaire, échographie, anatomie, dissection

Résumé :

Introduction :

L'articulation sterno-claviculaire est quelque peu délaissée par la littérature scientifique. Elle a fait l'objet d'études radiologiques (peu nombreuses) notamment échographiques sur des articulations pathologiques. Pourtant, l'anatomie échographique modale de cette articulation n'a jamais été décrite à notre connaissance, c'est donc l'objectif de ce travail.

Matériel et méthode :

4 étapes composent cette étude :

- D'abord une dissection anatomique afin de repérer les différentes structures.
- Marquage à l'aide de fil de suture de ces structures sous échographie chez deux cadavres
- Dissection de ces deux cadavres pour vérifier les hypothèses émises.
- Application de ces observations chez des sujets sains et analyses statistiques

Résultats :

Les structures suivantes ont pu être observées de façon reproductibles : Ligament sterno claviculaire antérieur, disque articulaire, ligament interclaviculaire, épaisseur des cartilages articulaires, présence d'ostéophytes et d'irrégularités corticales, largeur de l'interligne, contenu de l'articulation, tendons des SCM, présence d'épanchement articulaire ou d'hyperhémie doppler.

Les paramètres suivants n'étaient pas étudiés de façon satisfaisante : ligament costo-claviculaire, ligament sterno claviculaire postérieur.

Conclusion :

Cette étude constitue la première description de l'anatomie échographique modale de l'articulation sterno-claviculaire. Elle montre la reproductibilité de l'étude échographique de cette articulation et pourra servir de socle à de nouvelles études notamment en pathologie ou afin d'étudier les variantes anatomiques des différentes structures en population générale.

Composition du Jury :

Présidente : Madame le Pr Anne Cotten

Assesseurs : Messieurs les Prs X.Demondion et B.Cortet et Monsieur le Dr S.Badr

Directeur de thèse : Monsieur le Dr Kevin Kasprzak